

Cristy K. Sánchez S.<sup>1</sup>, Isaac E. Ruíz A.<sup>2</sup>  
Raúl F. Solís B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Nacional de Metrología de Panamá, CENAMEP AIP [csanchez@cenamep.org.pa](mailto:csanchez@cenamep.org.pa),

<sup>2</sup> Centro Nacional de Metrología de Panamá, CENAMEP AIP [iruiz@cenamep.org.pa](mailto:iruiz@cenamep.org.pa),

<sup>3</sup> Centro Nacional de Metrología de Panamá, CENAMEP AIP [rsolis@cenamep.org.pa](mailto:rsolis@cenamep.org.pa)

## RESUMEN

Este trabajo presenta una solución para la captura del valor mostrado en la pantalla LCD de los tacómetros para procesarla y transformarla en un valor digital manipulable, que puede ser utilizado en las hojas de cálculo u otro tipo de documento. Se realizaron validaciones para comprobar la efectividad de este método de captura, con resultados de aciertos altos que garantizan la utilización del programa en las calibraciones de tacómetros, pero no limitándoles a este tipo de equipos. Con este trabajo se propone realizar la captura de los valores de manera automatizada utilizando técnicas de reconocimiento de caracteres, mejorando el proceso al flexibilizar los tiempos de calibración que el metrólogo invierte en el proceso.

### 1. INTRODUCCIÓN

La toma de datos en la calibración de tacómetros se hace manualmente, escribiendo los datos en papel; luego se digitalizan como evidencia y se transcriben en hojas de cálculo para posterior análisis y obtención de resultados. Este proyecto acorta el proceso de transcripción con la captura automatizada de los datos, utilizando el reconocimiento de caracteres óptico (OCR). Con el objetivo de que el software de automatización de adquisición de datos cumpla con los requerimientos del CENAMEP AIP, se optó por el desarrollo de una aplicación utilizando lenguajes de programación y librerías de software libre. Estos fueron elegidos por tener menos pasos en la curva de aprendizaje, portabilidad, disponibilidad de librerías para el análisis de datos, escalabilidad y cero costos en licencia [1].

### 2. PROGRAMA PARA EL RECONOCIMIENTO DE CARACTERES

El programa se desarrolló con una arquitectura que contuviera todos los procesos necesarios para la captura de datos, emulando el trabajo del metrólogo, según los procedimientos del centro: realizando la lectura de los dígitos de las pantallas LCD controlados por una ventana de tiempo, determinando la validez de los datos con su experiencia y conocimiento y el registro de los valores a un medio de almacenaje.

El programa está constituido por tres bloques funcionales. Cada uno es un hilo de ejecución independiente, iniciando por el módulo de adquisición de datos, el módulo de procesamiento de la información para almacenaje en una base de datos y el módulo de interfaz gráfica y control de las operaciones (Figura 1). Otro motivo para la adopción de una arquitectura modular fue adoptar nuevas técnicas y métodos en un futuro sin la necesidad de rehacer todo el programa.

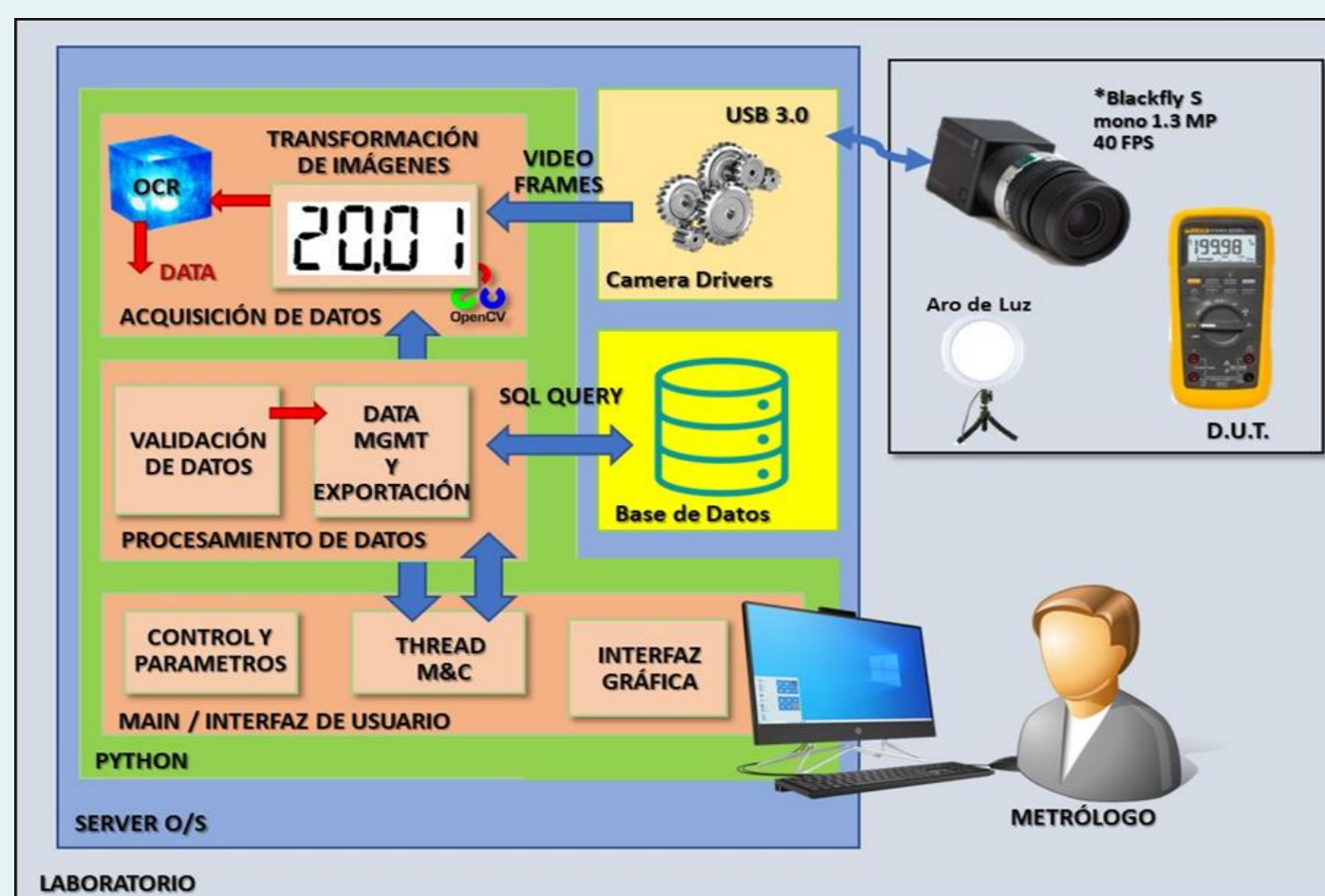


Figura 1: Arquitectura del programa desarrollado.

### 3. FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

Se utilizó una cámara profesional de 1,3 Megapíxeles, con resolución de 1288 x 964 píxeles, con sensor tipo CCD y conexión tipo USB. Del video capturado se obtiene una serie de fotogramas con la vista del equipo bajo calibración (Figura 2). Los fotogramas pasan a un bloque funcional donde se aplican las opciones de preprocesado, como la selección de la región de interés, la transformación de color; correcciones de gamma y alfa; y se aplican filtros de dilatación y erosión. También se elige el tipo de pantalla del objeto. Para esto, es capturado un fotograma por cada ciclo de ejecución, que es integrado con el siguiente, lo que permite robustecer la captura de los datos.

Luego pasa al subproceso de interpretación de la información obtenida mediante el uso de Tesseract OCR [2], el cual realiza la interpretación mediante la detección de las líneas que forman el dígito realizando una segmentación por carácter.

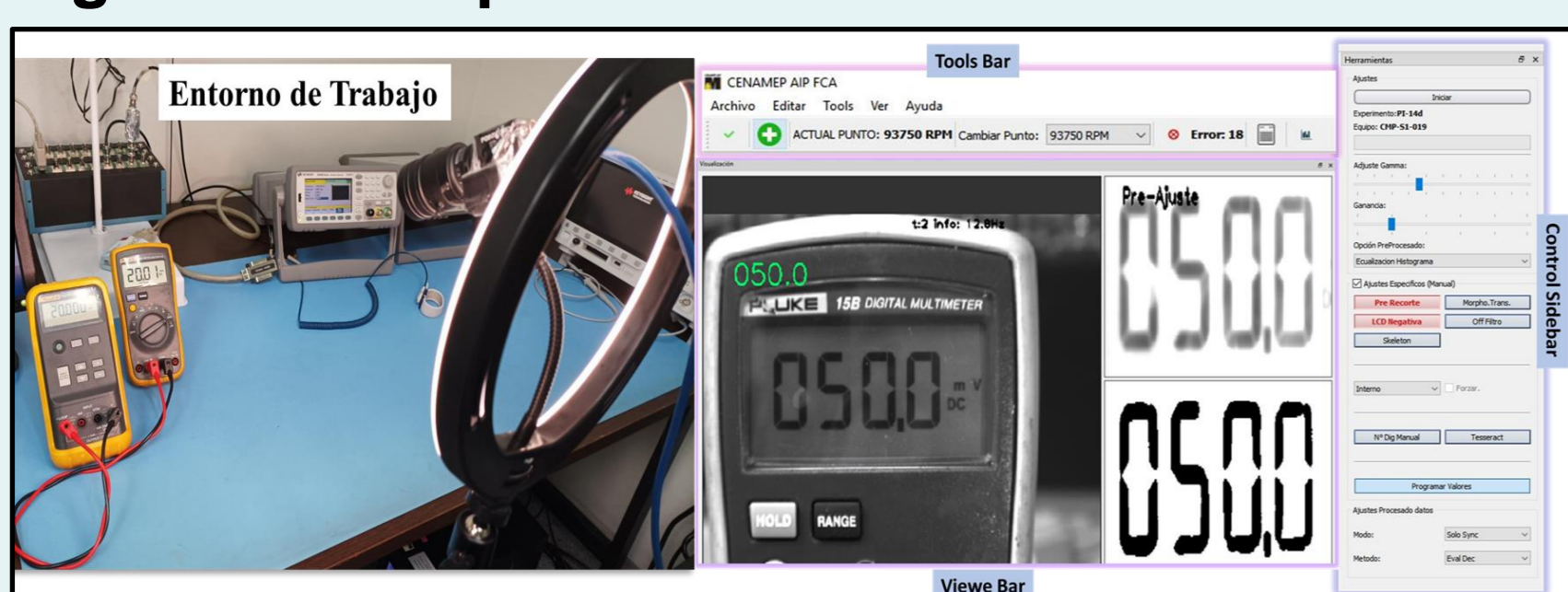


Figura 2: Vista general del entorno de trabajo para la toma de datos.

### 4. METODOLOGÍA DE USO DEL PROGRAMA

Una vez preparado el equipo y el entorno de trabajo para la toma de datos, se inició el programa y se ajustaron los parámetros de configuración como el valor de los puntos que se desea calibrar, sus unidades de medida, la ventana (en segundos) de adquisición de los datos y la cantidad de datos a tomar en cada uno de los puntos. En la pantalla principal del programa se observan las siguientes opciones:

- **Agregar nuevo punto** (esto dependerá del procedimiento interno de calibración).
- **Guardar las imágenes capturadas** (herramienta de validación y verificación del programa).
- **Exportar los datos obtenidos** en la toma de datos.
- **Barra de estado** (se muestra el porcentaje de avance).
- **Usuario** (puede configurar la asignación del punto decimal; esto es para los equipos que tienen el punto decimal muy por debajo del número en la pantalla).

### 5. VALIDACIÓN DEL PROGRAMA

Para la validación se realizaron diferentes pruebas, a fin de determinar si la aptitud metrológica y su implementación era aplicable en la captura de datos durante las calibraciones. Este proceso se realizó siguiendo lo recomendado en la Norma ISO/IEC 17025:2017 *Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración* [3]. La primera prueba fue un ensayo de aptitud humano contra máquina, para evidenciar la diferencia entre la toma de datos realizada por un metrólogo y la toma de datos automatizada. Se tomaron 10 valores de referencia para la calibración, cubriendo todo el rango de medición del equipo.

La segunda prueba consistió en una evaluación del comportamiento del programa a diferentes ventanas de adquisición. Se utilizaron tacómetros diferentes, uno con una pantalla transreflectiva sencilla y otro con pantalla retroiluminada, la cual no es posible apagar. Como tercera prueba se realizó una verificación del comportamiento en caso de alta variabilidad de la pantalla LCD para determinar la tasa de error en situaciones adversas para el programa.

### 6. RESULTADOS DEL EN DE LA COMPARACIÓN

Para el análisis de comparación entre la versión manual (Tabla 1) y la versión automatizada (Tabla 2), se evaluaron los datos adquiridos por separado y de ambos métodos se obtuvieron el error y la incertidumbre de las mediciones. Esta comparación se hizo en un rango desde 50,0 RPM hasta 93 750,0 RPM. En la Figura 3 se muestra una representación de ambas tomas de datos, mientras que en la Tabla 3 se presentan los resultados del Error normalizado (En).

Punto	Ref (RPM)	Obj (RPM)	Error (RPM)	U (RPM)
1	50,00	50,0	0,0	0,1
2	250,00	250,1	0,1	0,2
3	500,00	500,1	0,1	0,5
4	1 000,0	999,9	-0,1	0,2
5	2 500,0	2 499	-1	1
6	5 000,0	4 999	-1	1
7	10 000,0	9 999	-1	1
8	25 000,0	24 999	-1	1
9	50 000,0	49 999	-1	2
10	93 750,0	93 747	-3	2

Tabla 1: Resultados del análisis de los datos, para mAdqM.

Punto	Ref (RPM)	Obj (RPM)	Error (RPM)	U (RPM)
1	50,00	50,0	0,0	0,1
2	250,00	250,1	0,1	0,4
3	500,00	500,0	0,0	0,4
4	1 000,0	999,9	-0,1	0,1
5	2 500,0	2 499	-1	1
6	5 000,0	4 999	-1	1
7	10 000,0	9 999	-1	1
8	25 000,0	24 999	-1	1
9	50 000,0	49 998	-2	2
10	93 750,0	93 747	-3	2

Tabla 2: Resultados del análisis de los datos, para mAdqAut.

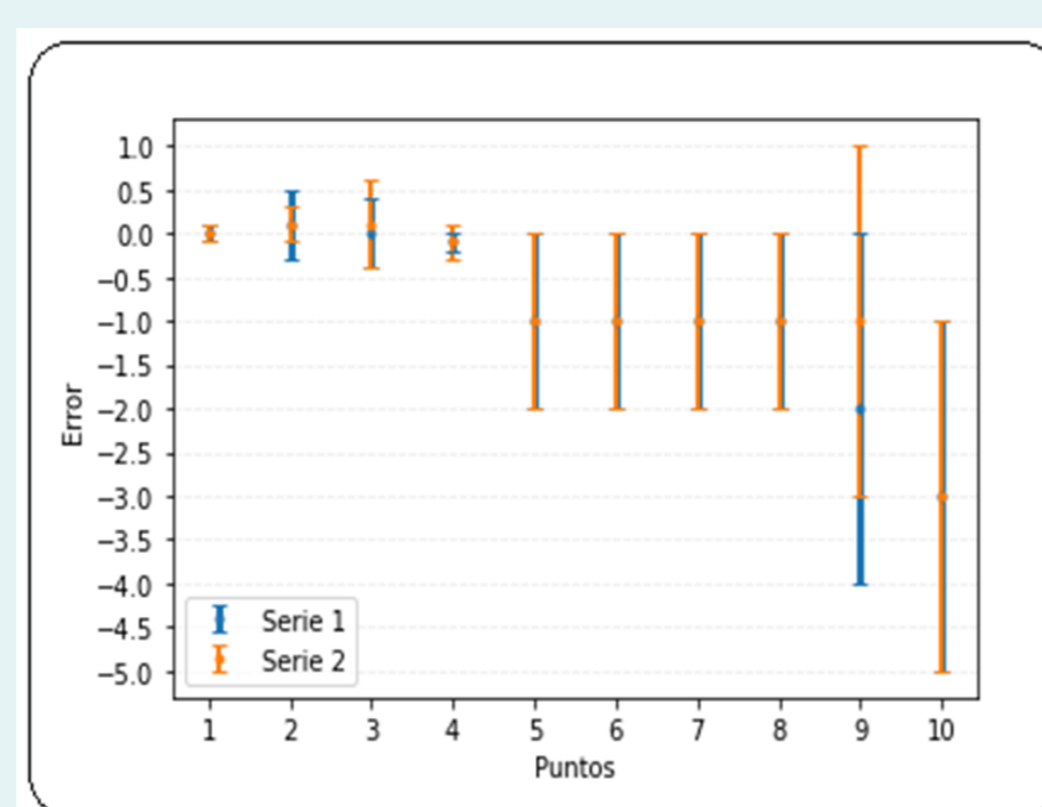


Figura 3: Gráfica error de los resultados de ambos métodos, donde la serie 1 es el método mAdqAut y la serie 2 es el método mAdqM.

Punto	Frecuencia de Referencia (RPM)	Resultado (En)
1	50,00	0,0
2	250,00	0,0
3	500,00	0,2
4	1 000,0	0,1
5	2 500,0	0
6	5 000,0	0
7	10 000,0	0
8	25 000,0	0
9	50 000,0	0
10	93 750,0	0

Tabla 3: Resultados del Error normalizado (En).

### 7. ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA COINCIDENCIA DE LOS DATOS

Se realizó el análisis del valor interpretado por el programa contra el valor mostrado en la imagen capturada. Para ello fue necesario ver ambos datos secuencialmente, a fin de asegurar que fuesen iguales (Tabla 4). En este caso se usaron 50 datos por punto (se emplearon cuatro intervalos de tiempo), para cada uno de los siguientes puntos de calibración: 50, 750, 5 000, 25 000, 50 000 y 93 750 RPM. En contraste, en la Tabla 5 se muestra el uso de 100 datos por punto, para las mismas ventanas de adquisición, pero con la diferencia de que se agregaron más valores en las frecuencias de referencia.

En el análisis de coincidencia, se utilizó el archivo guardado por el software empleando la estampa de tiempo como nombre. La Figura 4 es un caso de coincidencia; la Figura 5 es un caso de no coincidencia, donde la imagen mantenía dígitos incompletos y que fueron interpretados como un valor por Tesseract OCR. De los resultados presentados en las Tablas 4 y 5, se demuestra que el porcentaje de coincidencia es aceptable con un 99,6 % y un 99,5 %, respectivamente.

Valores de Referencia (RPM)	Periodo de adquisición en segundos (s)			
	1	5	10	20
50,00	100%	98%	100%	100%
750,00	100%	100%	100%	98%
5 000,0	100%	100%	100%	100%
25 000,0	100%	100%	100%	98%
93 750,0	100%	98%	100%	100%

Tabla 4: Resultados en porcentaje de acierto.

Frecuencia de Referencia (RPM)	Ventana de adquisición en segundos (s)			
	1	5	10	20
50,00	100%	100%	100%	100%
100,00	100%	100%	100%	100%
500,00	83%	100%	100%	100%
750,00	100%	100%	100%	100%
1 000,0	100%	100%	100%	100%
2 500,0	100%	100%	99%	100%
5 000,0	100%	100%	100%	100%
7 500,0	100%	100%	100%	100%
10 000,0	100%	98%	100%	100%
15 000,0	100%	98%	99%	100%
50 000,0	100%	100%	100%	100%
93 750,0	100%	99%	100%	100%

Tabla 5: Porcentaje de coincidencia entre la imagen y el valor obtenido.

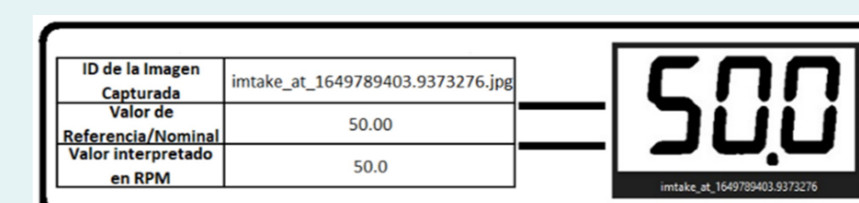


Figura 4: Método de validación por el operador humano.

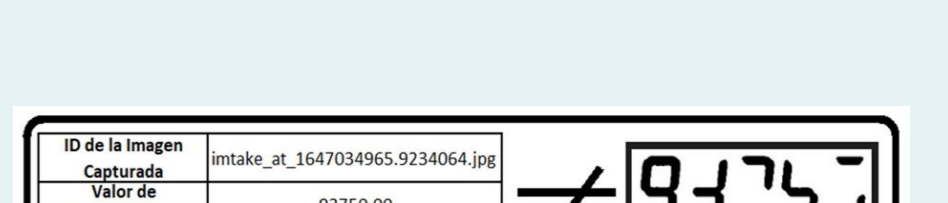


Figura 5: Método de validación, no coincidencia.

Se analizó otra prueba en base a la cantidad de fotogramas integrados para cada toma de datos. Los valores típicos del programa están programados para integrar dos fotogramas cada 80 u 100 ms de manera continua en la ejecución del código, permitiendo realizar entre 9 y 12 capturas por segundo. Se probaron otras combinaciones para los cuales se capturaron una serie de 25 datos y se comprobó cual nivel de acierto presentaban. Estos resultados se presentan en la Tabla 6.

Fotogramas	Periodo (ms)	Datos Adquiridos	Error	Porcentaje de Acierto	Tomas por segundo permitidas
2"	100"	25	0	100	9 a 12
5	10	25	1	96	4
10	1	25	2	92	2,5
7	1	25	4	84	3,37
5	2	25	0	100	4,27

Tabla 6: Comprobación de valores integrados (\* valores típicos de la aplicación).

### 8. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los resultados de las pruebas muestran que el programa se aproxima a la captura manual en fidelidad. La prueba realizada sobre la combinación de los fotogramas y el periodo entre tomas a ser integradas, demuestra que la combinación típica presentó un buen resultado de velocidad entre cantidad de tomas que se recomienda realizar y porcentaje de acierto. Se concluye que esta implementación cumple con su objetivo de presentarse como una opción en la toma de datos para equipos sin interfaz de comunicación.

### 9. REFERENCIAS

- [1] Ozgur, C., Colliau, T., Rogers, G., & Hughes, Z. (2017). MatLab vs. Python vs. R. *Journal of Data Science*, 15(3), 355-371.
- [2] Smith, R. (2007, September). An overview of the Tesseract OCR engine. In *Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR 2007)* (Vol. 2, pp. 629-633). IEEE.
- [3] ISO/IEC 17025:2017, *Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración*.