

**Implementación y puesta en marcha de dispositivo bluetooth en micrómetro de exteriores
para la visualización de mediciones en software**

Víctor Manuel Hernández Cortez

Instituto Tecnológico de Apizaco

Ingeniería en Mecatrónica

Residencias Profesionales

Asesor Interno: José Manuel Cervantes Vázquez

25 de abril de 2023

Agradecimientos

Orgulloso y muy satisfactorio el apoyo a lo largo de este proyecto de Residencias Profesionales que me fue brindado para el cumplimiento de este, me da una felicidad enorme hacer mención a aquellas personas e instituciones que fueron clave durante estos meses. Así que, en honor a todos ellos, deseo expresar mis agradecimientos a los siguientes:

A Dios y al Universo por darme la fuerza y voluntad necesaria para seguir adelante durante este tiempo dedicado a mis residencias y el desarrollo de mi proyecto, debo admitir que no fue fácil llegar hasta esta instancia, pero a ellos agradezco por ser parte de mí y hacerme vibrar en una sintonía que me hiciera capaz de lograrlo.

A mi Familia, en especial a mis padres y hermana, ellos son parte fundamental en cada uno de mis triunfos y fracasos, agradezco porque sin ellos mis estudios no podrían haber sido culminados, del mismo modo agradezco las lecciones de vida que me he llevado y me han traído consigo grandes y satisfactorios resultados en mi formación como profesional, ahora encuentro sentido a todos aquellos regaños que no eran más que la manera de demostrarme su amor llevándome por un camino correcto. A mi hermana por todo ese apoyo, esas risas que me hacían ver que el estrés era algo pasajero.

A la Universidad y los docentes que forman parte de ella, por la preparación durante estos casi cinco años, donde no fue fácil, dos años de pandemia quedaron marcados en mi etapa como estudiante, pero a pesar de ello, tuve la satisfacción de tener a catedráticos que encontraban la manera o el método correcto para que nosotros como alumnos nos sintiéramos como en clases presenciales. Tuve algunos muy profesionales que disfrutaban impartir su clase, el interés por aprender que tenía se volvía el triple.

Y por último pero no menos importante, a la empresa General Cable de México S.A de C.V. por permitirme realizar mis Residencias Profesionales que me ayudaron en mi camino como profesional, aplicando todos esos conocimientos teóricos vistos en la Universidad poniéndolos a prueba en la vida laboral y/o industrial. Lo agradezco que estoy por permitirme desenvolverme en algo que yo sé y me genera mucho interés, gracias por todo este crecimiento que he logrado.

¡Gracias!

Víctor Cortez

Resumen

El proyecto “Implementación y puesta en marcha de dispositivo bluetooth en micrómetro de exteriores para la visualización de mediciones en software”, está muy enfocado en el área de calidad, específicamente en el laboratorio de Metrología, donde mes con mes se tienen programadas las calibraciones de Micrómetros de las diferentes máquinas de toda la planta, los laboratorios de inspección, y todos los procesos que involucren la participación de este instrumento para cuando se realiza una inspección en el producto final, cumpla con los resultados esperados.

El proceso de calibración de estos instrumentos involucra diferentes factores, desde una temperatura ambiente que es muy necesaria hasta la desinfección y limpieza total de manos mientras se está en contacto con el equipo. Ya que, si no seguimos esta metodología de una manera correcta, las lecturas de nuestras mediciones pueden tener una variación muy prolongada y notable para términos de metrología.

En este mismo proceso de calibración es donde mi proyecto va a intervenir, en el momento de hacer las mediciones con la ayuda de nuestros patrones, en este caso, usando un juego de bloques patrón de diferentes dimensiones, las lecturas arrojadas de nuestros bloques deben ser registradas en una hoja de datos de manera simultánea. El problema que se detectó fue, que al momento ir llenando este formato se generan los “tiempos muertos”, y de la misma manera, se está teniendo contacto con una pluma y/o bolígrafo que está interfiriendo en nuestras lecturas, el lapicero o bolígrafo no sabemos si está totalmente desinfectado, previamente se hace una desinfección total del equipo, del laboratorio y de los accesorios y patrones que se van a utilizar, aun así, no tenemos la certeza de que la desinfección sea al 100%.

Se tiene como objetivo automatizar este proceso, mediante un dispositivo bluetooth en donde tenemos un emisor que es nuestro micrómetro que genera las lecturas y un receptor que va a ser nuestro dispositivo móvil o nuestro software que enlace correctamente, y para que esto funcione de la manera que se desea el bluetooth necesita de una interfaz que se va a encargar de llevar estos datos del micrómetro al software. Básicamente, lo que se pretende lograr es esto, la reducción de tiempos muertos y las calibraciones con lecturas más exactas para el buen funcionamiento en nuestras máquinas o cualquier departamento que lo requiera.

INDICE

INTRODUCCIÓN	2
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE	4
PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS	5
OBJETIVOS GENERALES	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
JUSTIFICACIÓN.....	7
MARCO TEÓRICO	8
REGLAS PARA EFECTUAR MEDICIONES	8
MANEJO DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DIMENSIONAL	10
<i>Micrómetros o Palmer</i>	10
TIPOS DE MICRÓMETROS	12
ERRORES INVOLUCRADOS EN LA MEDICIÓN CON MICRÓMETRO	14
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	16
INICIO CURSO DE INDUCCIÓN, RECORRIDO Y CAPACITACIÓN POR LA EMPRESA GENERAL CABLE DE MÉXICO S.A DE C.V	16
ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE LAS PROBLEMÁTICAS EN EL ÁREA DE CALIDAD	16
ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES ALTERNATIVAS PARA EL ÁREA A MEJORAR	18
SELECCIÓN E INVESTIGACIÓN PROFUNDA DE LOS DISPOSITIVOS QUE SE NECESITAN PARA EL PROYECTO, BASÁNDOSE EN SU CATÁLOGO ..	19
GENERAR LISTA DE MATERIAL A USAR Y DAR LECTURA A LA HOJA DE ESPECIFICACIONES DE CADA UNO DE ELLOS PARA REALIZAR PEDIDO	20
ENTREGA E INICIO DE LA INSTALACIÓN DEL EQUIPO A MICRÓMETROS DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA.....	22
DESCARGA DEL SOFTWARE PARA EL USO CON EL DISPOSITIVO BLUETOOTH DEL INSTRUMENTO	24
PRUEBAS PRELIMINARES	25
PRUEBAS FINALES CON UN INSTRUMENTO MICRÓMETRO DEL LABORATORIO DE METROLOGÍA	27
COMPARACIÓN DE TIEMPO DURANTE EL PROCESO DE CALIBRACIÓN CON UN MICRÓMETRO CON DISPOSITIVO BLUETOOTH Y SIN EL	29
RESULTADOS	30
CONCLUSIONES.....	31
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	32
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	33

Introducción

Para poder entender el propósito de este proyecto, es necesario conocer un poco de la terminología que será empleada para abordar el tema de las calibraciones. Se tiene que entender lo que es una medición, lo que es la metrología y que estudia, el significado de una magnitud, el mensurando, la exactitud y precisión, así como, la incertidumbre en cada una de las lecturas de nuestras mediciones, entre otras más.

Como primer punto, la **medición**, esta definición es dada por el **Vocabulario Internacional de Metrología (VIM)**, donde dice que es el proceso que consiste en obtener uno o varios valores que se pueden atribuir de forma razonable a una magnitud. Como punto importante, se debe saber que las mediciones no se aplican a propiedades cualitativas. En el proceso de medición es fundamental tener en cuenta tres aspectos, se supone una descripción de la magnitud compatible con el uso previsto de un **resultado de medida**, un **procedimiento de medida**, y un **sistema de medida** calibrado conforme a un procedimiento de medida especificado, incluyendo sus condiciones.

La **Metrología**, es la ciencia encargada del estudio de las mediciones y sus aplicaciones, va a incluir todos sus aspectos teóricos y prácticos de las mediciones, cualesquiera que sean su **incertidumbre de medida** y su campo de aplicación.

Por otro lado, está el **mensurando**, es una palabra no muy conocida, pero en términos de metrología es muy usada, el **mensurando** es la magnitud que se desea medir. Al realizar la medición, es muy necesario con cumplir con el proceso de esta, tal cual sea el método y tener en cuenta las condiciones, al no hacerse así, podría alterar el fenómeno, cuerpo o sustancia.

Otro termino importante en la metrología y que en ocasiones se puede confundir con otro es la **exactitud de medida**, la proximidad entre un valor medido y un verdadero valor de un mensurando, se puede decir que una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error de medida. Por otro lado, la **precisión de medida** es la proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones de un mismo objeto, o de objetos similares bajo condiciones especificadas. La precisión se utiliza para definir la **repetibilidad de medida**, y con frecuencia la **precisión de medida** se utiliza erróneamente en lugar de **exactitud de medida**.

Como en cualquier medición, existe la **incertidumbre de medida**, que es el parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza. Por ejemplo, se tiene el siguiente valor en la calibración de un Calibrador Digital tipo Vernier de 100 mm ± 0.014 mm, entonces nuestra incertidumbre serán esos ± 0.014 mm. Una lectura de 100 mm podría tener cualquier valor entre 99.986 y 100.014 mm.

Cuando menor es la incertidumbre, más exactas son las mediciones, más confiables y eficientes son los procesos de producción.

En conclusión, la **incertidumbre** es un parámetro que representa cuantitativamente “**la duda**” que tenemos sobre la medición.

Teniendo en cuenta estas definiciones que son de las importantes en la metrología, que por supuesto, existen otras, pero en el proyecto no abarco todo el universo de esta ciencia, sino sólo una parte de ella.

Descripción de la empresa u organización y del puesto o área del trabajo el estudiante

Una compañía, conectando al mundo. General Cable tiene más de 170 años de experiencia diseñando y fabricando productos diferenciados de cobre, aluminio y fibra óptica alrededor del mundo. Ofrece soluciones para los mercados de la construcción, infraestructura, industria, renovables, distribución y transmisión de energía y minería.

General Cable De México S.A. DE C.V. especializada en Fabricación de cables de conducción eléctrica.

El área de trabajo del residente es Aseguramiento de Calidad, específicamente en el Laboratorio de Metrología, donde se lleva a cabo el control de calibraciones tanto internas de las máquinas y/o instrumentos de medición, como externas colaborando con laboratorios acreditados en la República Mexicana y países extranjeros.

El laboratorio es encargado de emitir reportes de calibración, acreditaciones, cartas trazabilidad para dar cumplimiento a la Norma NMX-J-204-ANCE-202, llevando un registro mensual de cada uno de los instrumentos y/o maquinas, así como, sus etiquetas de los mismos.

En cuanto a calibraciones internas, se realizan en magnitud Dimensional (Calibrador tipo Vernier, Micrómetro, Comparador Óptico, Contadores de Longitud, Reglas rígidas), Temperatura (Termómetro, Termopar), Masa (Bascula, balanza), Eléctrica (Chispero), entre otras.

Problemas a resolver, priorizándolos

La empresa General Cable de México S.A. de C.V., se caracteriza por la fabricación de cables desde un calibre muy pequeño hasta uno de mayor diámetro que puede ser alto voltaje, exportándolos a diferentes países para el uso, dependiendo la necesidad del cliente.

Teniendo en cuenta siempre con los más altos estándares de calidad para cada uno de sus cables, siendo esto lo que los caracteriza como empresa. Para ello, es de suma importancia tener una línea de producción segura y cumpliendo con los parámetros necesarios para lograr estos resultados positivos. Así como, los instrumentos empleados en dicho proceso estén cumpliendo con los puntos límite establecidos para su uso.

Haciendo una mención específica en el instrumento “Micrómetro de Exteriores”, que es utilizado en las maquinas que tienen un proceso de trefilado, enmallado, cableado, triple extrusión y al mismo tiempo en los ensayos realizados en el laboratorio de calidad, para esto, dicho instrumento debe presentar un certificado de calibración que compruebe el buen estado y las lecturas tomadas cumplan con los parámetros especificados de acuerdo a su norma.

El laboratorio de Metrología es el encargado de realizar calibraciones dependiendo la magnitud requerida, tanto calibraciones externas que son generadas por laboratorios externos, como internas que son las que se hacen dentro de la planta. El problema radica durante el proceso de calibración de los Micrómetros de Exteriores, no es un proceso que se realiza en un lapso corto de tiempo, sería lo ideal para poder hacer la entrega del instrumento lo más pronto posible a la máquina que lo necesite y no generar tiempos muertos.

Pero se hace un poco extenso al estar registrando las lecturas con los patrones en un formato impreso, al mismo tiempo, las lecturas se pueden ver alteradas porque cuando se obtiene la medición estamos en contacto con un lapicero o bolígrafo, se realiza una desinfección previa pero no sabemos si todas esas partículas fueron desprendidas de este lapicero por completo. El siguiente punto para abordar es el tiempo que se emplea al estar registrando las lecturas, ya que en algunos puntos se toman cinco mediciones por cada bloque patrón ya seleccionado.

Terminado todo el proceso sigue el colocar etiquetas de calibración, próxima calibración e inventario, en algunas ocasiones no se ha podido colocar estas al instrumento porque se no sólo se hace la calibración de un micrómetro y se decide por continuar con el siguiente instrumento en la fila para tratar de entregarlo pronto al área usuaria.

Objetivos generales

Implementar un sistema inteligente, capaz de recolectar datos de medición en tiempo real a dispositivos como Smartphones, tablets y PC`s, trayendo consigo una mejora en la reducción de costos, trabajo y tiempo de inspección.

Objetivos específicos

- Reducir el tiempo en las calibraciones del micrómetro, logrando así una mejor precisión y haciendo uso del software predeterminado.
- Facilitar al área de Calidad el uso del micrómetro para la toma de mediciones necesarias.
- Toma de mediciones más precisas.

Justificación

Los motivos para realizar este proyecto dentro de la empresa General Cable de México S.A. de C.V., son muy claros, uno de ellos es el hecho de seguir efectuando con el método de calibración establecido, donde describe de manera clara los pasos a seguir para la calibración de un Micrómetro de Exteriores. De igual manera, y lo más relevante es darles un buen uso a las nuevas tecnologías, automatizando nuestro método de calibración haciéndolo de una manera más rápida para disminuir el tiempo de este proceso, con el objetivo de erradicar tiempos muertos y esfuerzos no necesarios. El tener este instrumento un tiempo determinado en el laboratorio donde se efectúa la calibración puede traer consecuencias en el área de producción, retrasando sus procesos, los cuales se transformarían en pérdidas significativas para la empresa.

Teniendo estos puntos en cuenta, se puede recalcar que se generarían calibraciones con las tomas de lecturas más exactas, trayendo consigo una incertidumbre muy poco relevante para el instrumento, teniendo la certeza de que un instrumento en buenas condiciones no traería problemas en el producto terminado.

Marco Teórico

Metrología dimensional. Estudia las técnicas de medición que determinan correctamente las magnitudes lineales, angulares y acabado superficial.

Medición. Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar el valor de una magnitud.

Instrumento de medición. Dispositivo destinado a ser utilizado para hacer mediciones, solo o asociado a uno o varios dispositivos anexos.

Representa una serie de elementos interrelacionados que constituye la trayectoria de la señal medida, que inicia con un sensor (entrada) y termina en un indicador (salida). Este último dará el resultado de la medición o de un valor relacionado directamente con la variable de entrada, a través de una escala u otro indicador numérico de salida. Un instrumento de medición es un equipo, aparato o máquina que realiza la lectura de una propiedad (o característica) de una variable aleatoria; la procesa, la traduce y la hace entendible al analista encargado de la medición.

La mayoría de los instrumentos básicos de medición lineal o de propósitos generales están representados por la regla de acero, el vernier, el micrómetro, o combinaciones de éstos. Las reglas de acero son usadas efectivamente como mecanismos de medición lineal, lo que significa que para medir una dimensión, se debe alinear con las graduaciones de la escala cuya longitud es leída directamente.

Reglas para efectuar mediciones

Para hacer mediciones confiables es necesario preparar de manera adecuada los instrumentos de medición, así como los objetos a medir. Algunos pasos que deben realizarse para llevar a cabo una medición confiable son los siguientes:

1. Emplear el instrumento que corresponde a la precisión exigida.
2. Mirar siempre verticalmente sobre el lugar de la lectura.
3. Limpiar las superficies del material y el instrumento de medición antes de hacer las mediciones.
4. Retirar la rebaba de las piezas de trabajo antes de la medición.
5. En mediciones de alta exactitud, prestar atención a la temperatura de referencia.
6. En algunos instrumentos de medición, cuidar que la presión de medición sea exacta. No se debe emplear jamás la fuerza.
7. No hacer mediciones en piezas de trabajo en movimiento o en máquinas en marcha.
8. Verificar los instrumentos de medición regulables repetidas veces respecto a su posición a cero.
9. Verificar en determinados intervalos los instrumentos de medición respecto a su precisión de medición.
10. Verificar el estado de calibración del instrumento de medición.

Los instrumentos y aparatos de medición en metrología dimensional se pueden clasificar de la siguiente manera:

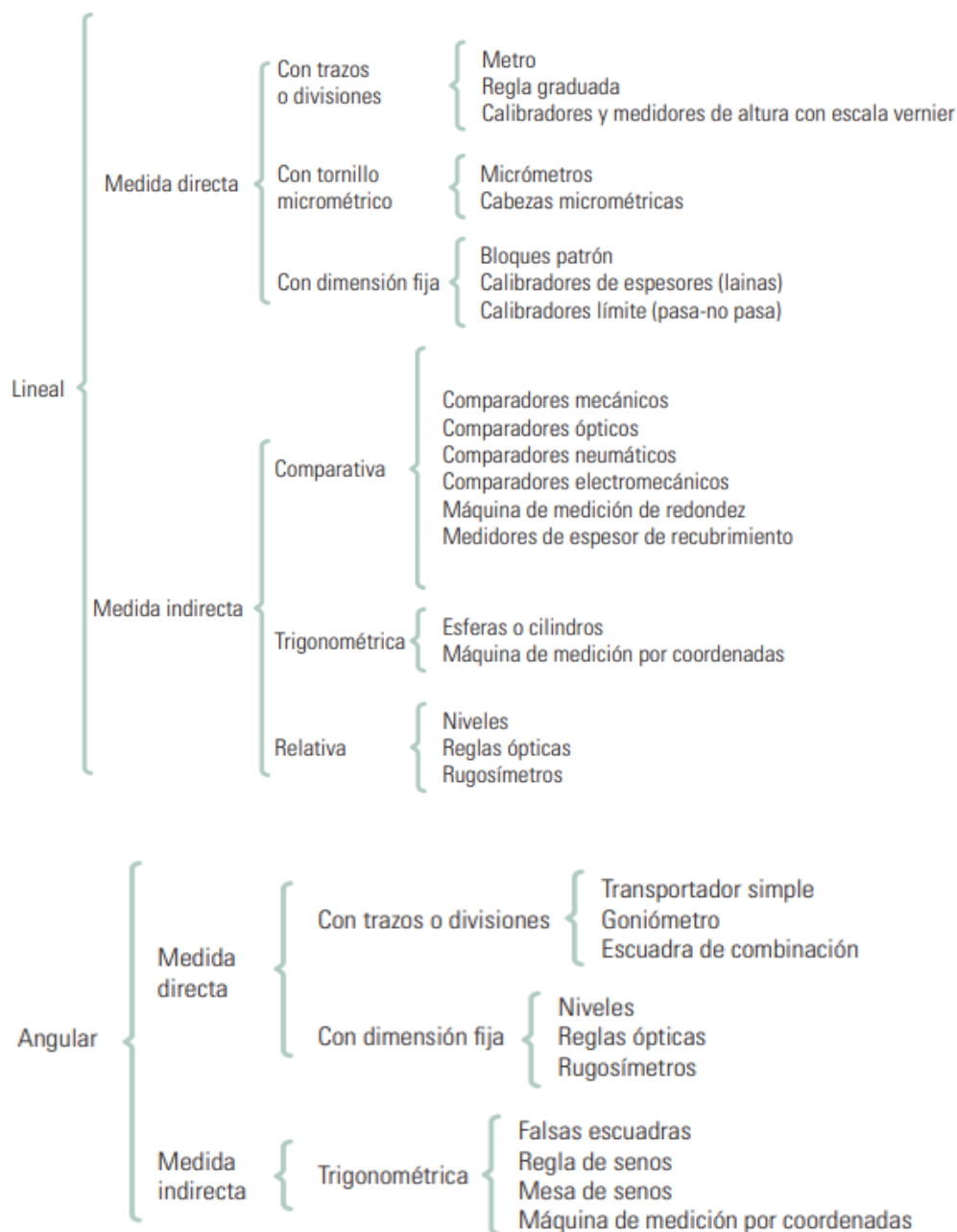


Ilustración 1 Clasificación de instrumentos y aparatos de medición en metrología dimensional

Manejo de los instrumentos de medición dimensional

Micrómetros o Palmer



Ilustración 2 Partes de un micrómetro de exteriores digital

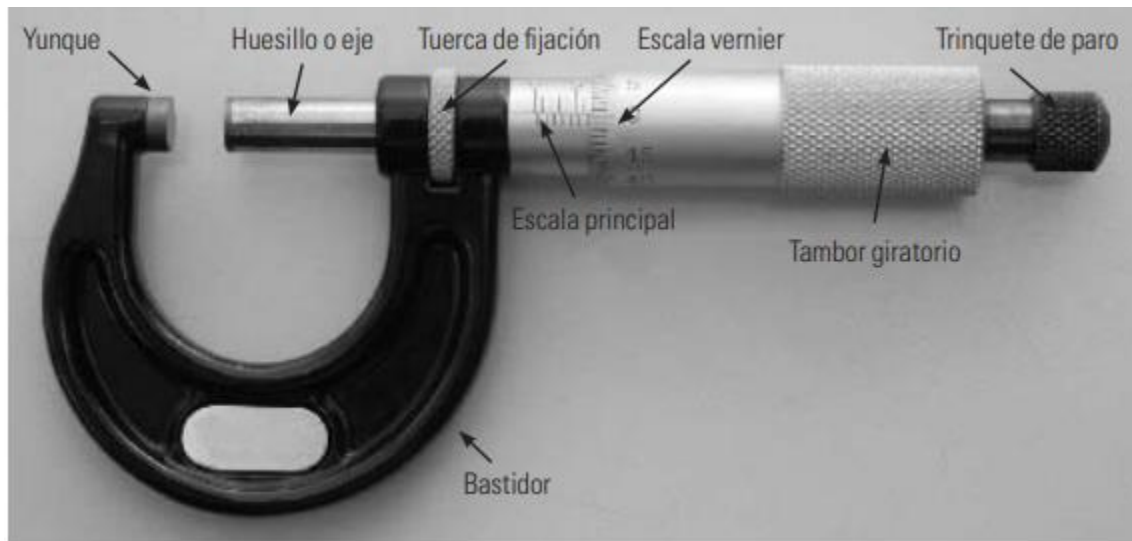


Ilustración 3 Partes de un micrómetro de exteriores analógico

Son las herramientas para medidas de precisión que más se emplean en la industria. Su uso correcto es esencial para quien interviene en la fabricación o inspección de partes maquinadas. Los tipos comunes de instrumentos micrométricos o micrómetros son de exteriores, de interiores y de profundidades.

El micrómetro tiene un dispositivo que mide el desplazamiento del husillo cuando éste se mueve mediante el giro de un tornillo, lo que convierte el movimiento giratorio del tambor en movimiento lineal del husillo. Un pequeño desplazamiento lineal del husillo corresponde a un significativo

desplazamiento angular del tambor. Cuando el husillo se desplaza una distancia igual al paso de los hilos del tornillo, las graduaciones sobre el tambor marcan una vuelta completa.

El rango de medición del micrómetro estándar está limitado a 25 mm (en el sistema métrico) o a 1 in (en el sistema inglés). Para un mayor rango de mediciones se necesitan micrómetros de diferentes rangos de medición.

Con un micrómetro equipado con un yunque intercambiable es posible medir un rango amplio de longitudes; este tipo de micrómetros cubre de cuatro a seis veces el rango de medición del micrómetro estándar, pero es ligeramente inferior en precisión al micrómetro estándar.



Ilustración 4 Micrómetro de tipo yunque intercambiable.

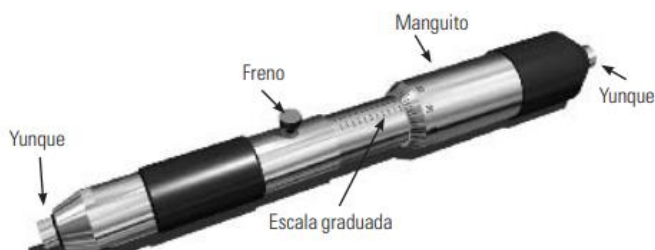


Ilustración 5 Partes de micrómetro.

Para estabilizar la presión de medición que debe aplicarse al objeto a medirse, el micrómetro está equipado generalmente con un freno de trinquete. Sin embargo, si se usa durante un periodo largo, el freno del trinquete podría deteriorarse al aplicar una presión de medición determinada, ocasionando una medición inexacta; el mayor problema en este tipo de micrómetro es que la presión de medición puede cambiar con la velocidad de giro de la perilla del trinquete.

Algunas veces, al usar el micrómetro, es conveniente utilizar una base, pues si el cuerpo del micrómetro se sostiene por un largo periodo continuo, el calor de la mano puede dilatarlo lo suficiente para causar una variación en la lectura.

Tipos de Micrómetros

Micrómetro para interiores

Este micrómetro utiliza un sistema de contacto de medición de tres puntos para determinar el tamaño de un agujero mandrilado o taladro. El instrumento es de lectura directa y tiene mejores probabilidades de dar una lectura confiable debido a su contacto de tres puntas, que hace que se centre el instrumento. Los micrómetros para interiores tienen las mismas graduaciones que los de exteriores, con ellos se aproxima a la milésima de in y tienen capacidad de medición que varía de 1,5 a 20 in o más.

Micrómetros para aplicación especial

Se trata de los micrómetros para tubo, este tipo de micrómetro está diseñado para medir el espesor de la pared de partes tubulares, como cilindros o collares. Existen tres tipos:

1. Tope fijo esférico
2. Tope fijo y del husillo esféricos
3. Tope fijo tipo cilíndrico

Micrómetro para ranuras

En este micrómetro ambos topes tienen un pequeño diámetro con el fin de medir pernos ranurados, cuñeros, ranuras, etc. El tamaño estándar de la porción de medición es de 3 mm de diámetro y 10 mm de longitud.

Micrómetro de puntas

Estos micrómetros tienen ambos topes en forma de punta. Se utilizan para medir el espesor de alma de brocas, el diámetro de raíz de roscas externas, ranuras pequeñas y otras porciones difíciles de alcanzar. Con el fin de proteger las puntas, la fuerza de medición en el trinquete es menor que la del micrómetro estándar de exteriores.

Micrómetro para ceja de latas

Este micrómetro está especialmente diseñado para medir los anchos y las alturas de cejas de latas.

Micrómetro indicativo

Cuenta con un indicador de caratula. El tope del arco puede moverse una pequeña distancia en dirección axial; su desplazamiento lo muestra el indicador. Este mecanismo permite aplicar una fuerza de medición uniforme a las piezas.

Micrómetro de exteriores con husillo no giratorio

El husillo no gira cuando es desplazado. Debido a que el husillo no giratorio no produce torsión radial sobre las caras de medición, el desgaste de estas se reduce notablemente. Este micrómetro es adecuado para medir superficies con recubrimiento, piezas frágiles y características de partes que requieren una posición angular específica de la cara de medición del husillo.

Micrómetro con doble tambor

Una de las características del tipo no giratorio con doble tambor es que la superficie graduada del tambor esta al ras con la superficie del cilindro en que están grabadas la línea índice y la escala vernier, lo cual permite lecturas libres de error de paralelaje.

Errores involucrados en la medición con micrómetro

Es importante conocer las posibles causas de errores cuando se realicen mediciones con micrómetros u otros instrumentos de medición. Basándose en este conocimiento, deben utilizarse el instrumento y el método de medición apropiados.

Es necesario considerar los siguientes puntos cuando se hagan mediciones con un micrómetro:

1. Principio de Abbe
2. Error de paralelaje
3. Puntos Airy, puntos Bessel
4. Ley de Hooke
5. Deformación de Hertz
6. Efecto de la temperatura
7. Error instrumental

Principio de Abbe

Ernst Abbe propuso, en 1880, que la “máxima exactitud puede obtenerse únicamente cuando el eje del instrumento está alineado con el eje de la pieza que está siendo medida”

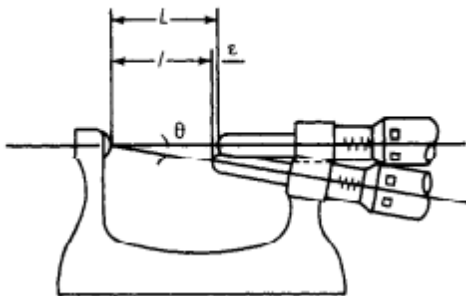


Ilustración 6 Principio de Abbe

Error de paralelaje

El paralelaje es el cambio en la orientación relativa aparente de un objeto cuando es visto desde diferentes posiciones; causa errores de medición cuando hay una diferencia de altura entre dos superficies graduadas. En este caso, la alineación aparente de las líneas de graduación difiere según la posición del ojo.

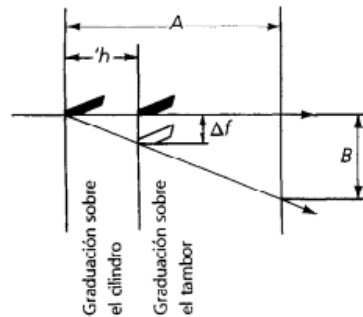
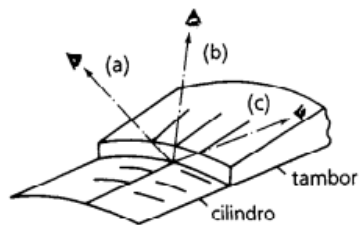


Ilustración 7 Error de paralelaje

A= distancia vertical entre la superficie del cilindro y el ojo.

h= diferencia de altura entre las superficies graduadas del cilindro y el tambor.

B= distancia horizontal entre la línea índice sobre el cilindro y el tambor.

Entonces el error de paralelaje está dado de la siguiente manera:

$$\Delta f = \frac{B \cdot h}{A}$$

Puntos Airy y puntos Bessel

Los puntos Airy se utilizan para soportar patrones, como bloques patrón o barras de referencia, de modo que las caras extremas queden paralelas.

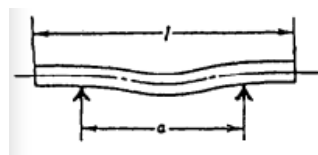


Ilustración 8 Puntos Airy

Los puntos Bessel se aplican cuando dos puntos soportan una barra, estos minimizan la contracción de la longitud. Este método es adecuado para soportar micrómetros tubulares de interiores y reglas patrón graduadas en la superficie neutra. También son utilizados cuando un extremo de un patrón hace un punto de contacto con una superficie medida.



Ilustración 9 Puntos Bessel

Descripción de las actividades realizadas

Inicio curso de inducción, recorrido y capacitación por la empresa General Cable de México S.A de C.V

El inicio de las residencias profesionales en esta empresa tuvo un muy buen curso de inducción en donde se involucraron áreas como Seguridad e higiene, departamento de Calidad, departamento de Ingeniería, Departamento de Servicio Médico, Recursos Humanos, en donde se expusieron temas de suma importancia de la empresa hacia nosotros como residentes, todo esto llevándose a cabo durante dos días.

Al concluir los dos días de inducción, el departamento de Calidad dio el recorrido por la empresa, así como en su mismo departamento, donde, pude identificar el área que estaría reportando. Teniendo todo esto completado, al tercer día, me presente a mi área asignada, durante dos semanas el Ingeniero responsable de mí, estuvo impartiendo cursos de inducción muy importantes para mi desarrollo en el Laboratorio de Metrología, como lo fue “Introducción a la Metrología”, “Micrómetro y sus partes”, “Calibrador tipo Vernier y sus partes”, “Que es un Comparador Óptico”, “Diferentes Magnitudes en Metrología”.

Trayendo como resultado, el conocimiento básico de los diferentes tipos de instrumentos que se utilizan en la empresa, así como, conocer las magnitudes que se pueden evaluar en Metrología, identificando lo esencial que es tener un equipo calibrado para un producto terminado de muy buena calidad entregado al cliente.

Análisis e identificación de las problemáticas en el área de Calidad

Durante el periodo de inducción, en Ingeniero Francisco tuvo una plática de los problemas que existían en el laboratorio de Metrología, pero uno de los cuales teníamos que darle prioridad era al tema de calibraciones.

Como se ha mencionado antes, la calibración de los equipos es fundamental para los buenos resultados en la empresa, en este caso, mediciones correctas, diámetros dentro de las especificaciones requeridas, procedimientos de inspección positivos, entre otras. Teniendo las bases necesarias de lo que conlleva un procedimiento de calibración, y lo especial que este puede ser, por una mala toma de lectura, un mal uso, e incluso un equipo sucio o dañado, así que, se le dio la prioridad a un Micrómetro de Exteriores.

Las problemáticas que surgían en este instrumento podrían ser muy mínimas, pero para fines metrológicos eran problemas considerables, estos se presentan a continuación:

- El proceso de calibración de un Micrómetro puede tomar un periodo de hasta dos horas
- Es poco conveniente para la línea de producción detener el proceso ese lapso porque involucran perdidas al parar por no tener el instrumento

- Operadores perjudicados se dan a la tarea de pedir equipo prestado a personal de otra máquina, lo que involucra una cadena de problemáticas.
- En el proceso de calibración es necesario una temperatura ambiente de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, y mantenerla durante ese tiempo no es posible
- Se registran las lecturas de los equipos obtenidas de patrones dimensionales en este caso “Bloques Patrón” en un formato ya establecido por la Planta
- El llenado del formato necesita de una pluma, lapicero o bolígrafo para registrar las lecturas, esto provoca que el ingeniero pueda contaminar sus manos con alguna impureza y altere las mediciones
- El llenado del formato toma tiempo considerable, ya que el ingeniero debe estar desinfectando sus manos cada vez que se tenga contacto con objetos externos a un bloque patrón y el instrumento
- Por último, pero no menos importante, se colocan las etiquetas de Equipo Calibrado, después de realizar el procedimiento de calibración se necesita de 10 minutos más aproximadamente para colocarlas.



Ilustración 10 Micrómetro de Exteriores en proceso de Calibración

Fue interesante conocer que existen muchos factores que puedan alterar las mediciones de nuestros equipos, muy mínimos, pero en Metrología la exactitud y precisión juegan un papel importante en la industria. Es por ello que, al identificar esta problemática en el procedimiento de calibración se tenía la necesidad de dar una solución de forma inmediata para erradicar o en su caso disminuir el tiempo perdido que estaban presentando algunas líneas de producción que utilizaran este instrumento.

Análisis e identificación de posibles alternativas para el área a mejorar

Teniendo la problemática ya identificada, se dio el visto bueno del Ingeniero Francisco, en donde se llegó a la conclusión de hacer este procedimiento automatizado, por medio de una interfaz y un dispositivo Bluetooth pudiera viajar la información del instrumento, en este caso el Micrómetro de Exteriores a algún software de computadora, que para mayor comodidad sería una hoja de Excel.

Existieron diferentes opiniones, ya que se tenía que seleccionar un dispositivo Bluetooth compatible con el instrumento, en un principio se buscó en catálogos de marcas importantes y accesibles con los precios, la única problemática era la compatibilidad del equipo, por marcas no se podía enlazar de forma correcta. Y sería más costoso cambiar todos los instrumentos de la empresa a la marca del dispositivo, entonces, se decidió por hacer un cambio de marca del dispositivo a la marca que originalmente es el instrumento trayendo beneficios como lo fue la compatibilidad mas rápida y accesible para un mejor uso.

De acuerdo con las características de nuestro instrumento, para la ejecución de este procedimiento se involucra un micrómetro con entrada especial de un puerto que facilite la obtención de datos, en la siguiente ilustración se analiza de forma detallada este requerimiento:



Ilustración 11 Ubicación de entrada de dispositivo para obtención de datos

El recuadro morado en la ilustración señala el puerto por donde será colocado el dispositivo, es importante hacer la mención que cuando es conectado no altera las mediciones o la manipulación del instrumento, la ergonomía para su uso permite las buenas prácticas que debemos tener.

La opción obedece y permite llevar a cabo nuestro propósito de este proyecto, que es la disminución de tiempos en el proceso de calibración y no se vean afectadas las líneas de producción cuando no tengan el instrumento.

Selección e investigación profunda de los dispositivos que se necesitan para el proyecto, basándose en su catálogo

El equipo usado en el laboratorio y en las líneas de proceso son de la marca MITUTOYO, así que, tenemos que enfocarnos en encontrar dispositivos que nos permitan una conexión exitosa, sin ningún tipo de interrupciones que puedan afectar nuestro proceso, tanto el dispositivo Bluetooth como la interfaz deben de ser compatibles con el micrómetro.

En una investigación específica sobre esta marca, es posible tener como guía un catálogo que describa las características del producto, sus accesorios, y la compatibilidad que estos presentan, conocido como una hoja de especificaciones, la información ya respaldada y verificada por la misma empresa fabricante.

Primero es importante conocer el alcance de nuestros micrómetros utilizados en la empresa, para ello en el catálogo de Mitutoyo: **CATALOGO INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE MEDICIÓN 2023/2024** (Ilustración 12 como referencia), se obtienen los datasheet de cada uno de los equipos que fabrican para magnitudes dimensionales, eléctricas, de masa, de temperatura, etc.



Ilustración 12 Catálogo Mitutoyo

En la sección de Instrumentos de medición manual: Micrómetros, se encuentra una hoja de especificación del tipo de micrómetro que se usará.

Micrómetro Digimatic, métrico.

Este tipo de micrómetro ofrece una precisión excepcional y se puede encontrar con y sin salida de datos, con un material que es resistente al aceite utilizado para diferentes piezas, con una duración de batería de 2, 4 años.



Ilustración 13 Micrómetro serie 293-230-30

Generar lista de material a usar y dar lectura a la hoja de especificaciones de cada uno de ellos para realizar pedido

En la siguiente ilustración se observa a detalle las características del equipo, como el rango de funcionamiento que presenta, la precisión, la planitud dada en unidad de micrómetro de igual manera que el paralelismo, si tiene o no una salida de datos, sus medidas y peso respectivamente, corresponde a un micrómetro serie 293-230-30.

Métrica		Con carraca normal								
Ref. artículo	Rango [mm]	Precisión [μm]	Planitud	Paralelismo	Salida de datos	L [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	Peso [g]
293-230-30	0-25	±1	0,3 μm	1 μm	●	0	6,5	25	2,5	270
293-240-30	0-25	±1	0,3 μm	1 μm		0	6,5	25	2,5	270
293-241-30	25-50	±1	0,3 μm	1 μm		25	7,5	32,5	2,5	330
293-232-30	50-75	±1	0,3 μm	2 μm	●	50	10,1	47	2,5	470
293-242-30	50-75	±1	0,3 μm	2 μm		50	10,1	47	2,5	470
293-233-30	75-100	±2	0,3 μm	2 μm	●	75	11,5	60	2,5	625
293-243-30	75-100	±2	0,3 μm	2 μm		75	11,5	60	2,5	625
293-250-30	100-125	±2	0,3 μm	5 μm	●	100	16,7	76	5,3	600
293-251-30	125-150	±2	0,3 μm	5 μm	●	125	18,8	90	5,7	740
293-252-30	150-175	±3	0,3 μm	5 μm	●	150	19,1	103	6,1	800
293-253-30	175-200	±3	0,3 μm	5 μm	●	175	18,2	115	6,3	970
293-254-30	200-225	±3	0,3 μm	5 μm	●	200	16,8	126	6,7	1100
293-255-30	225-250	±4	0,3 μm	5 μm	●	225	18	139	5,5	1270
293-256-30	250-275	±4	0,3 μm	5 μm	●	250	18	152	6,5	1340
293-257-30	275-300	±4	0,3 μm	5 μm	●	275	18	166	6,5	1540

Ilustración 14 Tabla de especificaciones

Para el dispositivo Bluetooth también se presenta una hoja de especificaciones, un equipo de medición no es compatible con cualquier dispositivo, cada uno tiene características diferentes de acuerdo con el número de serie que presenta.

Digital gauge	Type	U-WAVE fit Bluetooth		Assembled appearance
		Connecting unit	Transmitter	
Micrometer	Standard	02AZF310	U-WAVE-TMB (buzzer type) 264-627	
	Waterdust-proof		U-WAVE-TMB (IP67 type) 264-626	
Caliper	Standard	02AZF300	U-WAVE-TCB (buzzer type) 264-625	
	Waterdust-proof	02AZF310	U-WAVE-TCB (IP67 type) 264-624	
ID-C-NIX indicator (12.7 mm model only)	Standard	02AZF700	U-WAVE-TMB (buzzer type) 264-627	
	Waterdust-proof		U-WAVE-TMB (IP67 type) 264-626	

Ilustración 15 Compatibilidad de herramienta y unidad de medición

En la ilustración 15 se presenta una clasificación de tres instrumentos diferentes, un micrómetro, un calibrador digital y un indicador da caratula, respectivamente, haciendo énfasis en el equipo que será usado en esta ocasión, involucra un transmisor U-WAVE y un módulo de conexión, para un equipo tipo Standard y un tipo Protección contra polvo y agua, el módulo de conexión a usar es el 02AZF310 pero el transmisor va a cambiar, en nuestro caso se opta por usar el U-WAVE-TMB (buzzer type) 264-627, que es compatible con el micrómetro del Laboratorio.



Ilustración 16 Transmisor 264-627 y módulo de conexión 02AZF310

Las especificaciones para el transmisor U-WAVE es usado para micrómetros tipo estándar, el indicador de la recepción de señal es por medio de un indicador LED y un zumbador, además de que cuenta con una batería CR2032, esta batería tiene una vida de 400,000 transmisiones, una masa de 18 g en un rango 0-25 mm.

Code No.	264-620	264-621	264-622	264-623
Protection rating	IPG7	—	IPG7	—
Compatible measuring tool	IPG7 caliper* ¹	Standard caliper* ¹	IPG5 micrometer, ID-C NX indicator* ²	Standard micrometer, ID-C NX indicator* ²
Data reception indication	LED	LED and buzzer	LED	LED and buzzer
Power supply	Battery CR2032			
Battery life	Approx. 400,000 transmissions			
Dimensions (WxDxH)	41.9x12.9x38.8 mm		56x11.45x30.4 mm	
Mass	18 g			

Ilustración 17 Especificaciones de transmisor U-WAVE

Code No.	02AZF300	02AZF310	02AZF700
Protection rating	—	IPG7	—
Compatible transmitter	264-G21	264-G20/G22/G23	264-G22/G23
Mass	6 g		10 g

Ilustración 18 Especificaciones de Módulo de conexión



Ilustración 19 Paquete de conexión

Teniendo estas especificaciones tanto del módulo, del transmisor y del equipo, la lista que se genera a continuación es de acuerdo con los requerimientos del proyecto:

- Micrómetro de exteriores. Este instrumento es el que se encuentra en el laboratorio de metrología de la planta.
- Transmisor U-WAVE 264-627
- Módulo de conexión 02AZF310
- Juego de bloques patrón para la calibración del equipo. El laboratorio de metrología cuenta con dos juegos de bloque patrón
- Hoja de datos de Excel para vaciar la información recabada: La PC tiene instalado el software.
- Software U-WAVEPAK

Se realizó el pedido de los accesorios del instrumento, todo esto llevado a cabo por el Ingeniero Francisco para tener un soporte más formal con la empresa fabricante. El tiempo de espera para la recepción de estos productos fue de tres semanas, ya que, se sigue todo un protocolo, desde la cotización, hasta la realización de una orden de venta, se involucran más áreas como es Compras.

Durante el periodo de espera, en el Laboratorio de Metrología se estuvieron realizando las calibraciones de algunas maquinas, instrumentos de magnitud eléctrica y micrómetros, llevando a cabo el proceso como se estaba realizando, el tiempo de calibración era de dos horas y minutos, con este nuevo equipo que estaba por llegar se esperaba la disminución del tiempo y trabajo, y así poniéndolo en práctica en la compañía.

Entrega e inicio de la instalación del equipo a micrómetros del Laboratorio de Metrología

En la semana de entrega llegó el equipo, trayendo consigo la señal de que se podía iniciar la fase de pruebas, realizando antes los ajustes correspondientes y la instalación de los accesorios al instrumento. Es importante, tener en cuenta las consideraciones extras para la conexión entre el instrumento, módulo de conexión y Bluetooth.



Ilustración 20 Recepción de accesorios MITUTOYO

Este sistema de comunicación inalámbrica va a transferir datos directamente desde el instrumento de medición Digimatic en este caso el micrómetro a una PC, se evita la necesidad de hacerlo en un formato hecho a mano, así también sustituyendo los largos cables para la comunicación. La distancia de comunicación excede hasta los 20 metros y permitirá exportar los datos fácilmente directamente al software Microsoft Excel o softwares similares, utilizando los datos de la interfaz.

La transferencia de datos es confirmada por el transmisor mediante un timbre o un LED, permitiendo hasta 400,000 transmisiones con una sola batería. Estos son algunos beneficios que se incluirán en este proceso.



Ilustración 21 Transmisor U-WAVE

Se presenta a continuación la instalación en el instrumento:



Ilustración 22 micrómetro de Metrología

Teniendo el instrumento sobre su base, podemos verificar el funcionamiento y lo factible para la manipulación, los accesorios ya verificados y abiertos anteriormente se colocarán sobre el micrómetro.



Ilustración 23 Instalación del módulo de conexión

En la ilustración 23, se hizo el montaje del módulo de conexión, esta actividad no presenta un tiempo considerable, ya que, trae asignada una entrada específica para este accesorio, seguido de esto se agrega el transmisor, este si requiere de un aseguramiento por medio de unos tornillos unidos de módulo de conexión a transmisor.



Ilustración 24 Instalación de Transmisor bluetooth a equipo

Como se puede observar en la imagen, el bluetooth del equipo puede ser instalado al momento, como el accesorio anterior que se documentó, sólo conlleva herramientas extras como lo son los tornillos y el desarmador, no presenta inconveniente alguno porque vienen incluidos en el equipo.

Quedando de la siguiente manera su instalación:



Ilustración 25 Micrómetro con accesorios instalados

Descarga del software para el uso con el dispositivo Bluetooth del instrumento



Ilustración 26 Programa para dispositivo Bluetooth

El instrumento cuenta con un software de la misma marca, Mitutoyo. No es complicada la instalación en la PC, simplemente se siguen los pasos del instructivo y se obtiene el programa para uso. El enlace entre dispositivo y programa es rápido, y para identificar que este ya fue conectado con el software emite una alarma de sincronización, siendo dos clicks los encargados de dar la señal.

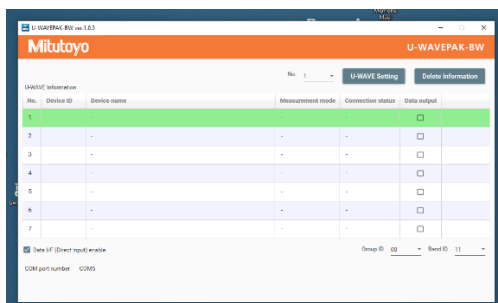


Ilustración 27 Obtención de datos

Cuando se abre el programa, en automático desprende un recuadro para identificar el dispositivo que será conectado, clasificándolo por nombre, ID, tipo de medición, el estatus de conexión, así como, la salida de datos, todo esto para poder sin usar cables para su conexión.

Pruebas preliminares

Se inician las pruebas ya con micrómetros de laboratorio, con el programa ejecutándose de forma correcta, la primera prueba se inicia con un instrumento que se encuentra en stock pero con una clase de exactitud aceptable. De acuerdo con la experiencia del ingeniero a cargo de Metrología, Francisco Hernandez, es factible comenzar el proceso de calibración usando ya también bloques patrón que servirán de referencia para la obtención de datos. Haciendo un paréntesis a este primer paso, se elimina de forma directa el uso excesivo de nuestras manos como lo era antes, haciendo los apuntes de los datos dados en un formato impreso, la desinfección continua por estar en contacto con agentes contaminantes, y ahora todo realizando de forma directa con un simple click visualizándolo en una base de datos de Excel.

Se repite el proceso de enlace con el Bluetooth, a continuación, se explica detalladamente la conexión:

1. Se da doble click en el programa (U-WAVEPAK-BW) para ejecutar la aplicación, el número máximo de unidades a instalar son 7.



Ilustración 28 Icono programa U-WAVEPAK

2. A continuación, se abre la siguiente ventana, indicando que el programa se ejecuto correctamente

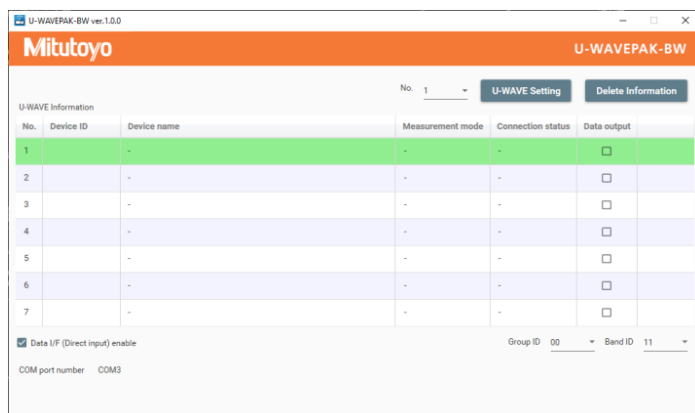


Ilustración 29 Ejecución programa Mitutoyo

3. Dar click en el botón U-WAV SETTING para desplegar la ventana de configuración
4. El siguiente paso es presionar el botón naranja de la unidad de conexión “botón de datos”. El led del U-WAVE parpadeará en naranja, cuando se detecté la señal, el número de identificación aparecerá en la ventana.

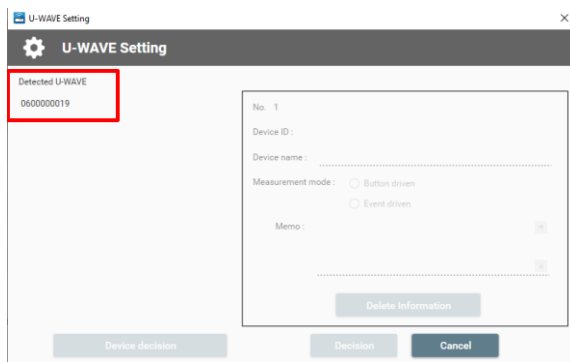


Ilustración 30 Ventana de configuración

- Hacer click en el número de identificación detectado y enseguida en el botón “Device decision”, se confirma el número de ID del dispositivo y luego confirmar.

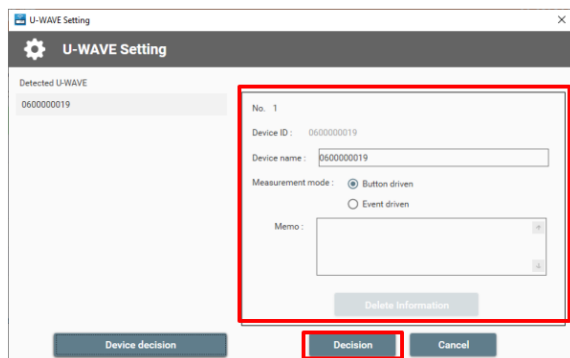


Ilustración 31 Confirmación de conexión

- Una conexión exitosa se indicará con un recuadro en color verde

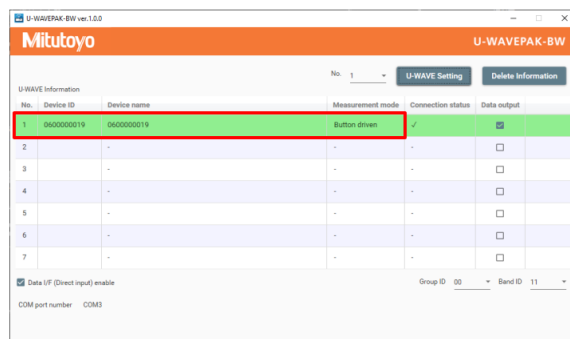


Ilustración 32 Configuración exitosa

- Para corroborar los pasos anteriores, presionar el botón de “datos” en la unidad de conexión aparecerá el valor de medición medido por el micrómetro en la parte inferior izquierda de la ventana.

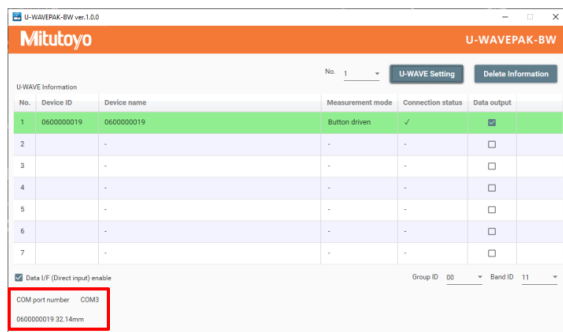


Ilustración 33 Configuración completada

8. Abrir la hoja de cálculo de Excel, esta ocasión un documento en blanco para la obtención de datos, cada medición que se hace, enseguida se presiona el botón de “datos”, botón naranja, el valor se visualiza directamente en el libro Excel.

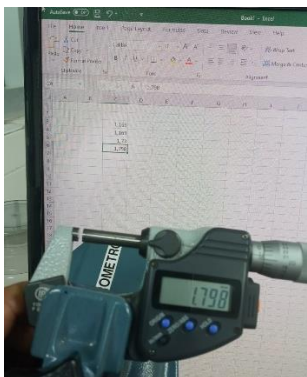


Ilustración 34 Obtención de datos

Pruebas finales con un instrumento micrómetro del laboratorio de Metrología

Las pruebas previas a la puesta en marcha fueron un éxito, se ha dado el banderazo de iniciar pruebas en equipos operables en el laboratorio, el proceso de conexión se efectúa de la misma manera, sólo que para la toma de lectura ya no se usará un libro en blanco, sino un formato específicamente para calibrar micrómetros.

El laboratorio de Metrología de General Cable, como cualquier laboratorio acreditado, son caracterizados por la calibración a equipos de diferentes magnitudes, y para cada una se tiene registro de un formato adecuado que cumpla con los requerimientos, desde la identificación del instrumento hasta la identificación de los bloques patrón que fueron utilizados para la calibración, a fin de un propósito, tener una trazabilidad metrológica, siendo auditado cada año para un sistema de gestión de calidad.

En la siguiente imagen se presenta el equipo por usar, una PC con el formato a llenar para la toma de lectura, agregando ya el juego de bloques patrón, el micrómetro cuenta con una base móvil para facilitar y hacer más cómoda la manipulación, es importante realizar la calibración de acuerdo al procedimiento que tiene el laboratorio para la toma de lectura.



Ilustración 35 Equipo de calibración

El juego de bloques, este en específico, es usado para la magnitud dimensional, cada bloque tiene la característica de tener una dimensión, un área, una masa, un acabado y un proceso para tener contacto con ellos, una partícula por más mínima e insignificante que sea puede ocasionar una variación en la lectura realizada.

El formato de toma de lectura es usado para la elaboración de certificados de calibración, identificando la precisión y/o exactitud del equipo, la incertidumbre que presenta, intervalo de operación, la resolución, etc. Un apoyo visual para el operador que usa estos equipos.

La toma de lectura se hace tomando 10 puntos diferentes por evaluar, son nombrados puntos los diferentes bloques con su dimensión que va desde 0,01 mm hasta 25 mm, en el formato un bloque se debe repetir su medición 5 veces, y evidenciar el comportamiento obtenido por medio de una gráfica.

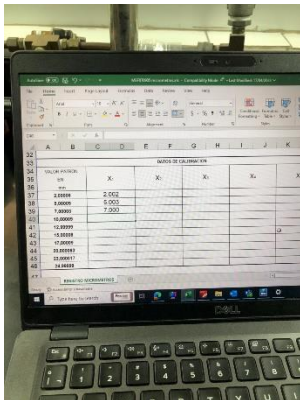


Ilustración 36 Formato toma de lectura

Se inicia la obtención de datos con el micrómetro funcionando de excelente manera en la hoja de Excel, cuando se obtiene la medición se presiona el botón naranja y así arrojar el dato directo al software.



Ilustración 37 obtención de datos

La lectura 7,000 mm se visualizó en el software, siendo funcional el proyecto en micrómetros de laboratorio.



Ilustración 38 Obtención de datos

Comparación de tiempo durante el proceso de calibración con un micrómetro con dispositivo bluetooth y sin el

Los resultados de este proyecto trajeron grandes beneficios en el laboratorio, y se piensa implementar en el laboratorio de ensayos. La disminución de tiempo de calibración es un plus en metrología, y apoyando al medio ambiente, sustituyendo un pedazo de papel para la captura de datos por un software y una interfaz que permite hacer la toma de lectura en el momento sin alterar las mediciones por contaminantes externos.

De acuerdo con el procedimiento, entre más corto sea el tiempo de calibración de equipos, los resultados son más favorables, incrementando la vida útil del equipo.

Resultados

REGISTRO GENERAL DE DATOS DE CALIBRACION DE MICROMETROS Hoja 1 1 1 de 1 1 1

DATOS GENERALES DEL INSTRUMENTO

INSTRUMENTO: MICROMETRO DE EXTERIORES
 CLAVE DE IDENTIFICACION: MED44
 NL DE INGRESO INTERIOR: IIA
 FECHA DE CALIBRACION: 2023-06-26

PATRONES UTILIZADOS

NOMBRE: JUEGO DE BLOQUES PATRON
 CLAVE DE IDENTIFICACION: MED35
 FECHA DE VENCIMIENTO: 2025-02-23

VERIFICACION DEL CERO	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001

DATOS DE CALIBRACION

VALOR PATRON EN mm	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
2.00006	1.999	2.000	1.999	2.000	1.999
5.00009	5.000	5.001	5.000	4.999	5.000
7.00003	7.000	6.999	7.000	7.000	7.000
10.00009	10.000	9.999	9.999	10.000	10.000
12.99999	13.000	13.001	13.000	13.000	13.000
15.00008	15.000	15.001	15.001	15.000	15.000
17.00009	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
20.000083	20.000	19.999	20.000	19.999	20.000
23.000017	23.000	23.001	23.000	23.000	23.000
24.99999	25.000	25.001	25.000	25.000	25.000

TEMPERATURA AMBIENTE: 20.359 °C HUMEDAD RELATIVA: 52.86 % H.R.

OBSERVACIONES:

REALIZADO POR: Yisier Masael Hernandez Cortez FIRMA

Ilustración 39 Registro de calibración final

En la imagen se presenta el registro que servirá para la toma de datos, incluye los datos generales del instrumento como el nombre, la clave de identificación con el que esta dado de alta en el sistema, y la fecha en que se calibra. Asimismo, los datos generales de los patrones usados, como el nombre, la clave de identificación usada para la trazabilidad metrológica que tiene el instrumento, y la fecha en que vence su calibración.

El procedimiento indica hacer 5 mediciones de cero, dando inicio con nuestro dispositivo, el micrómetro hace uso de la nueva implementación, primero girando el tope móvil con el tope fijo, ambas caras deben hacer contacto, ahí se obtiene la primera medición, todo esto repitiéndolo cuatro veces más, es una acción que permite demostrar que el equipo esta teniendo repetibilidad en el punto cero de forma correcta.

El siguiente paso es hacer uso de los bloques patrón, cada uno de ellos tiene una dimensión ya especificada de acuerdo con la marca, se seleccionan los bloques que vienen en el formato ya establecidos, tomando las 5 mediciones por medio del instrumento y sus accesorios, facilitando la captura de forma directa, sin tener que hacer uso de objetos externos para la calibración.

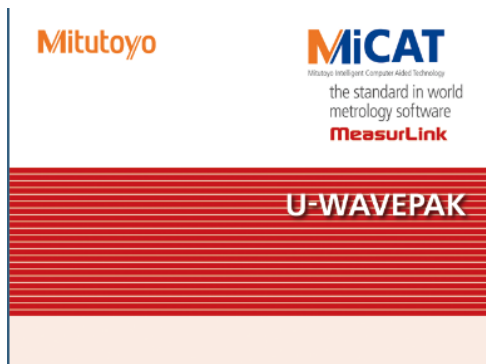


Ilustración 40 Programa usado para la obtención de datos de forma directa

El programa U-WAVEPAK fue fundamental para realizar el proyecto, desde la obtención de los accesorios hasta la ejecución del programa, la marca tiene la facilidad de poder manipularse desde un smartphone hasta una PC o Tablet para su uso.

Conclusiones

Como practicante o residente de la empresa General Cable de México S.A. de C.V., la experiencia adquirida durante seis meses se describe como excelente, las instalaciones divididas por área hacen que los ingenieros tengan un buen desempeño en sus labores, el personal administrativo y operativo da mucho a esta empresa, todos tienen los fundamentos básicos de lo que hacen, una buena organización y el trabajo en equipo destacan en su día a día.

El área de calidad y su gente ayudo en mi formación como ingeniero, el conocimiento que compartieron desde el primer día hizo de mi experiencia en esta empresa de lo mejor, el Ingeniero Francisco Hernandez, quien fue mi asesor en este recorrido tuvo la paciencia de explicar y ampliar mis conocimientos en situaciones que no conocía. Las áreas de oportunidad y crecimiento se encuentran abiertas para cualquier trabajador.

Para mi desarrollo como ingeniero, recomiendo ampliamente realizar las practicas en General Cable de México a cualquier estudiante que quiera crecer tanto a nivel personal como industrial, el proceso que se tiene para la fabricación de un cable de telecomunicaciones, de baja, media y alta tensión involucra un sinnúmero de procedimientos, normas y líneas de proceso, yendo de un aluminio a un cobre.

El conocer las Normas y lo que involucra como una trazabilidad metrológica, una calibración, un laboratorio de ensayos, fueron temas vistos en la universidad, pero al escalarlo a un nivel mas practico y/o industrial abre diferentes panorámicas de seguir aprendiendo.

Competencias desarrolladas

- Identificación de magnitudes usadas en metrología (dimensional, eléctrica, presión, masa, temperatura, magnitudes especiales) y sus usos en la industria.
- Calibración de equipos en magnitud Dimensional (Micrómetro, Calibrador tipo Vernier, Comparador óptico, Contadores de longitud), Temperatura (Termómetro, Termopar), Masa (Balanza, Báscula), Eléctrica (Chispero)
- Generación de certificados de calibración (Dimensional, Temperatura, Masa, Eléctrica)
- Control de calibraciones internas
- Revisión, control de documentación de Metrología (certificados, acreditaciones, cartas trazabilidad) para dar cumplimiento a la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018
- Capacitación en curso "Lean Manufacturing", "Siete herramientas básicas de control de calidad", "Uso de herramientas para realizar mejores calibraciones"
- Prueba de incremento de capacitancia a cables de calibres diferentes bajo y medio voltaje
Incremento de capacitancia de 1 a 14 días y de 7 a 14 días (NMX-J-040-ANCE-2020)

Fuentes de información

- Mitutoyo UK :: UK. (s/f). Mitutoyo.co.uk, de <https://www.mitutoyo.co.uk/>
- Gonzalez Carlos y Zeleny Ramón (1995). “Metrología”. Cap. 9, p.p. 163-174. ISBN:970-10-0370-5. McGraw-Hill Interamericana de México S.A. de C.V.