

Rediseño, fabricación e integración de un sistema de visión para mediciones

Octavio Rodríguez¹, Javier Molina¹, Noé Alba Baena¹, Luis Guillén¹, Ana Luz Portillo Hernández¹, Javitt Higmar Nahitt Padilla Franco¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Resumen

El siguiente proyecto describe el rediseño fabricación e integración de un sistema de visión para mediciones en dos coordenadas el cual pretende ser utilizado durante las prácticas de metrología aplicada en el instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ; la fabricación de dicho prototipo pretende reducir la variación obtenida en un prototipo ya existente desarrollado por alumnos del Instituto con el fin de obtener mediciones en cierto grado exactas y precisa; la fabricación e integración se realiza utilizando componentes y métodos convencionales al alcance del alumno promedio con el fin de que estos tengan un mayor acercamiento a este tipo de tecnologías y puedan interactuar con estos equipos sin correr el riesgo de dañar sistemas comerciales especializados y de costo elevado; para esto se propone un diseño mecánico en la misma disposición que los existentes en el mercado, utilizando un par de mesas deslizantes para construir geometrías y una interfaz que se comunica con una computadora en la cual se utiliza un software para obtener mediciones.

Palabras clave: Variación, sistemas de visión para mediciones, metrología, diseño mecánico.

Introducción

Actualmente las diversas industrias (de servicios, manufactura, diseño, etc.) en el mercado, han adoptado infinidad de sistemas de medición de acuerdo a la aplicación y/o solución del problema que se está atacando o del proceso que requiere medido, dichos sistemas tienen diversas capacidades, ventajas y desventajas dependiendo de la aplicación específica que se le está dando. Existen dentro de los sistemas utilizados una amplia gama de equipos y aparatos de medición que van desde un simple flexómetro, vernier, micrómetros, comparadores, hasta complejas máquinas capaces de obtener mediciones con errores

del orden de .02% (Bulletin Mitutoyo, 2014).

Uno de los equipos de laboratorio más utilizados en diversas aplicaciones son los sistemas de visión para mediciones en dos y tres dimensiones, estos poseen la capacidad a diferencia de otros instrumentos de realizar mediciones en piezas relativamente complejas y de geometrías irregulares, pueden medir componentes delicados evitando el contacto físico a la hora de tomar lecturas y pueden ser utilizados en ambientes hostiles (Harding, 2013); por otro lado presentan la desventaja de utilizar

componentes especiales y por lo tanto de costo elevado, de igual manera se recomienda que su reparación y mantenimiento sea llevado a cabo por personal especializado, lo que también genera un costo relativamente alto.

En el ámbito escolar debido a los costos de estos equipos y el trámite burocrático que su compra implica, algunas instituciones han optado por desarrollar la tecnología propia

realizando diseños conceptuales y prototipos virtuales y físicos compuestos de materiales y componentes más accesibles para el alumno. Es el caso específico del Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ (IIT) donde se presenta la oportunidad de desarrollar un equipo de este tipo que sea funcional y capaz de realizar mediciones en piezas relativamente complejas, y con un error porcentual aceptable dentro de la clasificación para este tipo de instrumentos.

Metodología

Para el procedimiento experimental se sigue una metodología basada en 4 principales pasos:

Desarrollo Conceptual. En esta parte se analizan todos los factores de interés en el diseño del equipo y se utilizan herramientas como análisis FODA, matrices de selección de Pugh y otros métodos para seleccionar las mejores opciones en cada uno de los factores considerados

Simulación. Para el modelado del prototipo virtual en tres dimensiones se utiliza un software CAD-CAE y se fabrica un prototipo virtual basándose en un diagrama de bloques que identifica las funciones que deben ser cumplidas.

Prototipo. Para la fabricación del prototipo se utiliza maquinaria y herramientas de taller convencional como son tornos y fresadoras, lija banda, sierra banda, etc.; El ensamble se propone por medio de sujetadores roscados para en caso de desajustes el desensamble sea sencillo, no se utiliza ningún tipo de soldadura para unir las piezas; una vez ensamblado se realizan pruebas funcionales evaluando cada uno de los componentes involucrados en la función de movimiento.

Validación. Para la validación estadística del equipo se realiza un análisis de linealidad y sesgo del Sistema de medición y se realizan las correspondientes pruebas de hipótesis para el tipo de datos utilizados.

Resultados

En cuanto a la selección del Sistema de avance como para los materiales se utiliza el método de Pugh, que se muestra en la Figura 1, dando una mayor ponderación a los factores de interés para el desarrollo del prototipo (Sudkahar, 2009).

	Sistema de Avance		
	Ponderación	Rosca ACME	Rosca Americana
Costo	5	1	5
Desgaste	3	4	3
Mantenimiento	2	2	2
Disponibilidad	3	2	4
Precisión	4	3	3
Transmisión de Potencia	1	5	2
Total		49	48

Figura 1 Matriz de Pugh para selección del sistema de avance

En el caso del Sistema de avance de acuerdo al método la mejor opción es utilizar una rosca ACME, sin embargo en este caso dado el costo de una opción contra la otra y ya que de acuerdo a los resultados es muy poca la diferencia entre estas, se utiliza para el Sistema una rosca Americana. En la selección de los materiales se utiliza el mismo método, en este caso los factores de interés son:

- Costo
- Resistencia a la fatiga
- Maquinabilidad
- Disponibilidad
- Dureza
- Peso

Evaluando cada uno de estos factores, como resultado se utilizan como

materiales aleaciones de bronce, aleaciones de aluminio y acero rolado en frío dependiendo de la función del componente a fabricar.

Como resultado de las matrices FODA, véase la Figura 2, para la selección del sistema de deslizamiento se decide utilizar un Sistema de la marca Thomson ya que estos presentan la ventaja de tener baleros autoajustables y permiten una desalineación considerable entre sus ejes (Thomson Company, 2014), de igual manera las superficies de montaje requeridas para este Sistema no tienen características especiales ni requiere acabado superficial alguno.

	SISTEMAS MARCA THOMSON	SISTEMAS MARCA TTHK
FORTALEZAS	<ul style="list-style-type: none"> • Permiten mayor desalineación • Costo relativamente bajo • Tolerancias de planicidad en las superficies montaje de hasta 150µm (No necesita superficies rectificadas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Soportan cargas por el rango de los 20Kn • Necesitan poco mantenimiento • Generan poco ruido
OPORTUNIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Poseen un sistema de auto alineación que absorben tolerancias de hasta ½ grado. • Permiten una diferencia de alturas entre 2 ejes de hasta 2mm si están a una distancia de 300mm o mas retirados • Coeficientes de fricción de .001 a .004 	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de precarga de 3% a 13% bajo cargas dinámicas • Se puede usar un solo riel para solucionar problemas de alineación • Altas velocidades de operación
DEBILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil relativamente reducida • Generan mucho ruido • La precisión se pierde con el desgaste de la guía. 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo elevado • El deslizamiento se vuelve más rígido mientras esta bajo carga
AMENAZAS	<ul style="list-style-type: none"> • El desempeño merma a altas velocidades 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesita una tolerancia de paralelismo entre sus componentes de 3 a 10 micrones/m para deslizarse sin problemas • Requiere rectificado en sus superficies de montaje y maquinado más preciso

Figura 2 Matriz FODA para la selección del sistema de guías

Diseño del equipo. Para el modelado en tres dimensiones se desarrolla el prototipo virtual basándose en un diagrama de bloques, véase la Figura 3, en el cual se describen las funciones necesarias para obtener un movimiento sobre un eje.

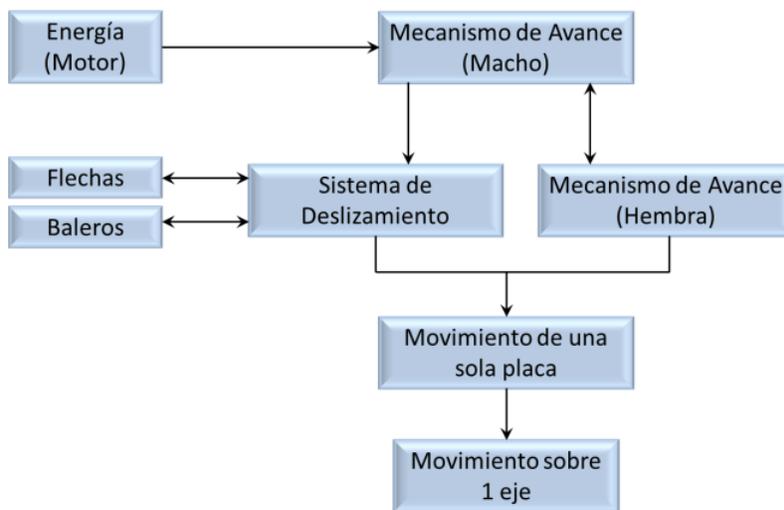


Figura 1 Diagrama de funciones del sistema

Las partes principales que se identifican en el diseño, véase la Figura 4, son A) marco de soporte, B) mecanismo de movimiento,

C) Placa del eje Y, D) Placa del eje X, E) Estructura para mecanismo en eje Z.

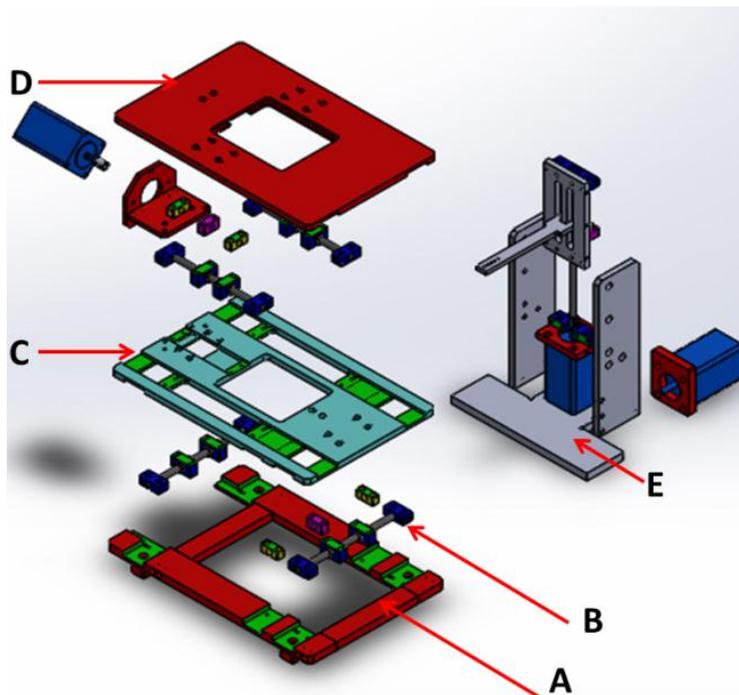


Figura 2 Isométrico explotado del prototipo virtual

Una vez terminado el prototipo virtual se generan los planos de taller necesarios para

cada una de las partes del diseño y se fabrican utilizando los materiales requeridos

para cada parte, utilizando maquinaria convencional existente en cualquier taller de mecanizado (Tornos, fresadoras, taladro de banco, sierra-banda, etc.).

Una vez que se tienen fabricadas todas las piezas, se ensamblan utilizando sujetadores roscados y pernos de posición para hacer

más sencillo el desensamble (en caso de ser requerido), véase la Figura 5. Ya ensamblado se le realizan pruebas de funcionalidad evaluando cada uno de los componentes involucrados en la generación de movimiento y se realizan los ajustes correspondientes.



Figura 3 Equipo integrado

Seguido de las pruebas de funcionalidad se corre un análisis de sesgo y linealidad del sistema de medición; para esto se toman 5 valores de referencia a lo largo del rango de operación tanto en el eje X como en el eje Y y se registran los valores obtenidos por el equipo, a continuación se muestran los resultados. Véanse las Figuras 6 y 7.

Para ambos ejes de interés se observa que el sesgo promedio en el sistema no es significativo y la linealidad es responsable del 0.6% de la variación total en el eje X, en el eje Y no se presenta linealidad considerable; de los datos obtenidos con el estudio se determina la ecuación de comportamiento del sistema para cada eje y tomando esta ecuación como factor de corrección se realiza una calibración

matemática por mínimos cuadrados (Riu, et. al), una vez corregidos los datos iniciales, se evalúan virtualmente en una hoja de cálculo y se vuelve a correr el análisis de sesgo y linealidad ofreciendo los resultados mostrados en las Figuras 8 y 9. En el eje X el valor de la linealidad es reducido de un 0.6% a un 0.006% y el sesgo promedio en el sistema sigue sin ser significativo para el sistema. Para el eje Y se aprecia que la recta de comportamiento se alineó con lo que es la recta del error cero y en este caso el sesgo es el responsable del .003% de la variación total del equipo. Una vez verificada virtualmente la calibración, se agregan al software de medición las formulas correspondientes para absorber en la mayor medida posible las variaciones en el sistema.

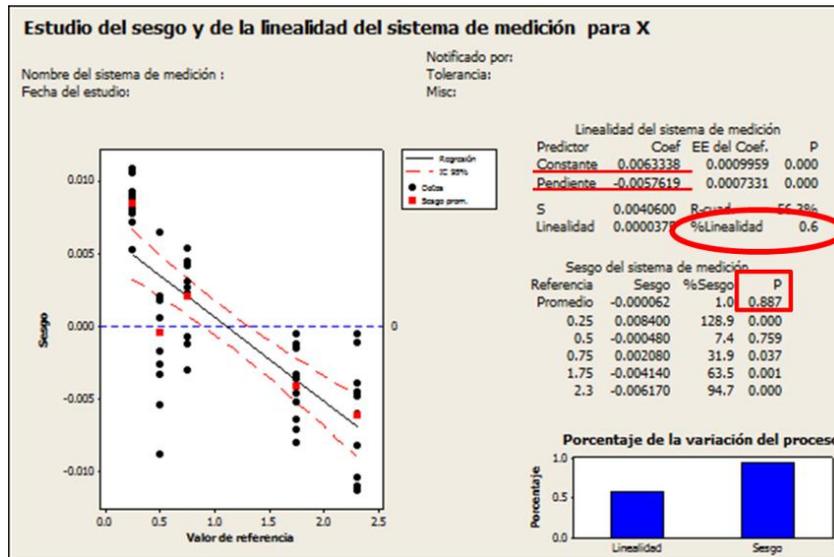


Figura 4 Gráfica de linealidad y sesgo para el eje X

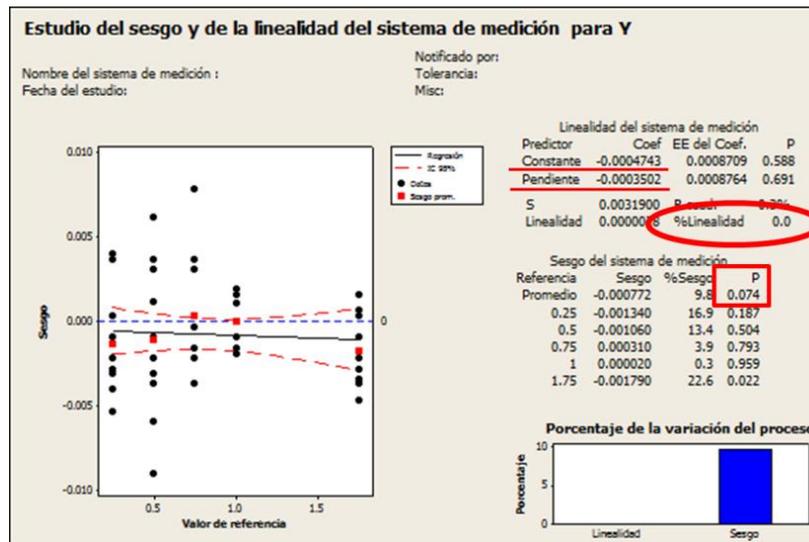


Figura 5 Gráfica de linealidad y sesgo para el eje Y

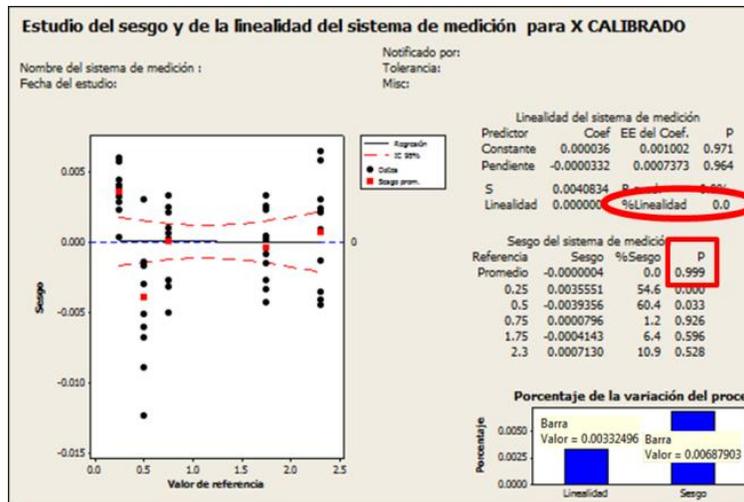


Figura 6 Gráfica de linealidad y sesgo con valores corregidos para eje X

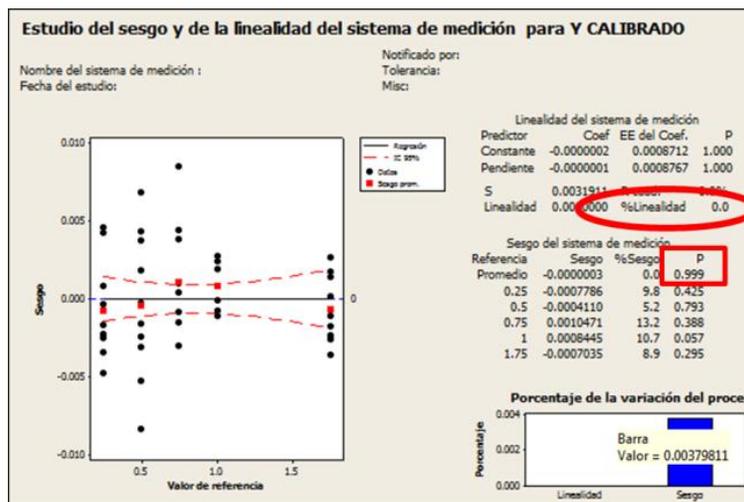


Figura 7 Gráfica de linealidad y sesgo con valores corregidos para eje Y

Validación estadística

De los estadísticos para el eje X se desprende que la variación, (basados en la desviación estándar) es de 1 milésima de pulgada y el intervalo de confianza para la media oscila entre -.0004 y .0003, por lo que el valor esperado (error cero) cae dentro de este intervalo, la media para el conjunto de datos es de -.00008". Véanse las Figuras 10 y 11.

Para los estadísticos del eje Y se observa que la variación, es al igual que el eje X 1 milésima de pulgada y el intervalo de confianza para la media oscila entre -.0005 y .0004, por lo que el valor esperado (error cero) cae nuevamente dentro de este intervalo, la media para el conjunto de datos es de -.00004".

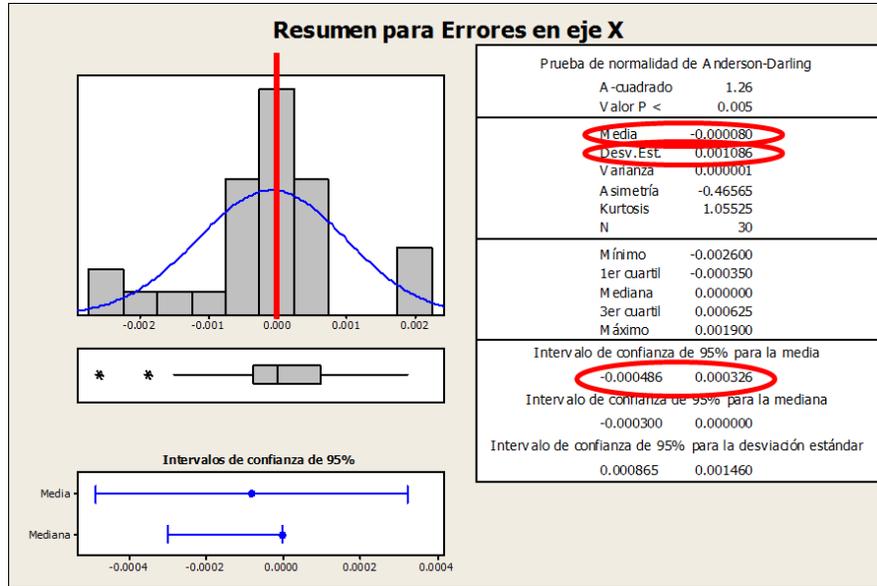


Figura 8 Estadísticos para el eje X

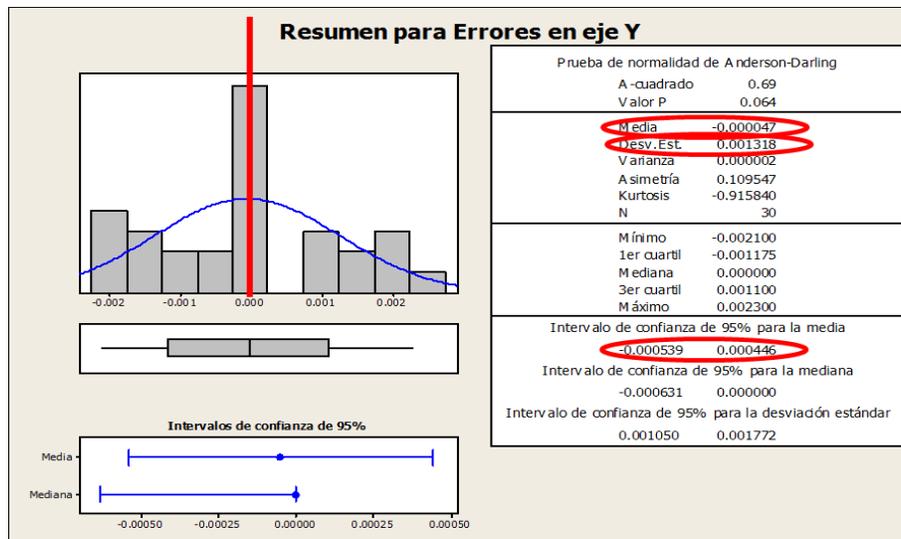


Figura 9 Estadísticos para el eje Y

Como hipótesis se plantean las siguientes suposiciones:

H_0 : Que la variación en el equipo A sea igual a la variación obtenida con el equipo B.

H_1 : Que la variación en el equipo A sea mayor a la observada en el equipo B.

Esto se realiza tomando en cuenta cada uno de los ejes de interés a evaluar (X y Y); Para las pruebas de hipótesis se toman los valores obtenidos durante un estudio previo realizado al prototipo desarrollado por alumnos de licenciatura de la UACJ en la materia de metrología aplicada (Equipo A)

contra el cual se pretende reducir la variación. Véase la Figura 12.

Se observa en la gráfica de cajas que los datos obtenidos en el equipo A tienen una mayor dispersión comparados contra los del

equipo B, también se aprecia que los errores obtenidos en el equipo B se encuentran más cercanos al error cero (que es el valor esperado).

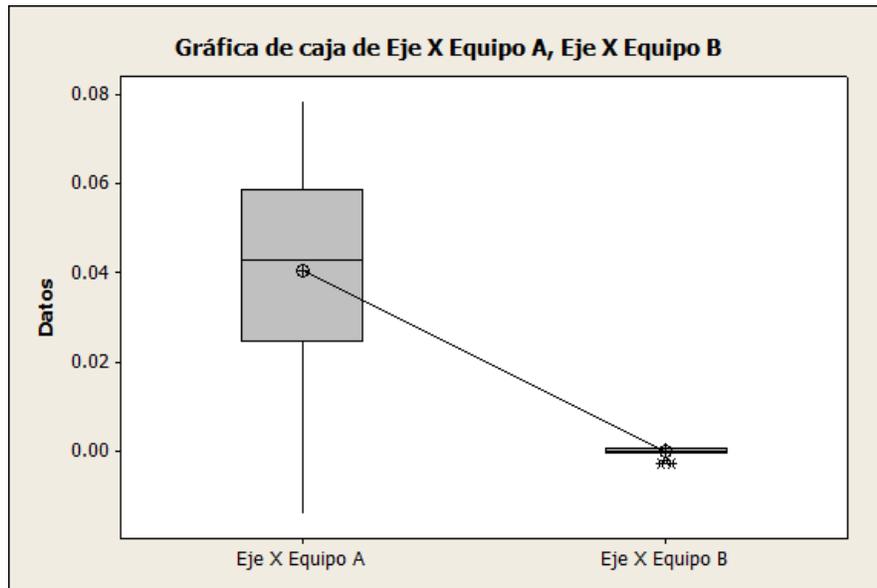
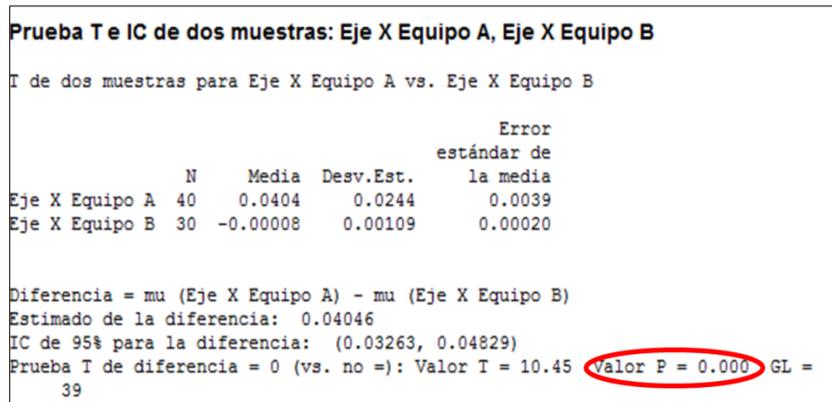


Figura 10 Gráfica de cajas para prueba de hipótesis en eje X



De acuerdo al valor P de la prueba de hipótesis, existe una diferencia estadísticamente significativa entre los conjuntos de datos para el eje X. Véase la Figura 13.

Para el eje Y se puede observar en la gráfica de cajas que la variación de los datos obtenidos con el equipo B es menor a los obtenidos con el equipo A, sin embargo y a diferencia del anterior eje, los valores para este se encuentran (aunque más dispersos), más cercanos al error cero esperado. Para

determinar si existe o no diferencia significativa se recurre al valor P de la prueba, basados en el estadístico P la

diferencia es estadísticamente significativa también para el eje Y:

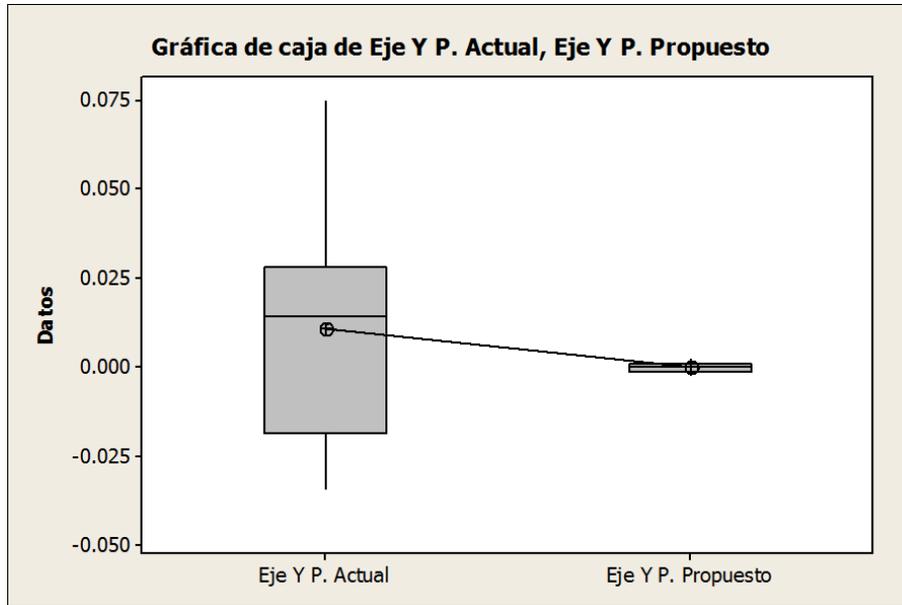


Figura 11 Gráfica de cajas para prueba de hipótesis en eje Y

Prueba T e IC de dos muestras: Eje Y P. Actual, Eje Y P. Propuesto

T de dos muestras para Eje Y P. Actual vs. Eje Y P. Propuesto

	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
Eje Y P. Actual	40	0.0109	0.0270	0.0043
Eje Y P. Propuesto	30	-0.00005	0.00132	0.00024

Diferencia = μ (Eje Y P. Actual) - μ (Eje Y P. Propuesto)
 Estimado de la diferencia: 0.01096
 IC de 95% para la diferencia: (0.00230, 0.01962)
 Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 2.56 Valor P = 0.014 GL = 39

Conclusiones

Basados en las pruebas de hipótesis realizadas para el análisis de los dos ejes de interés se concluye lo siguiente:

Existe suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula, por lo tanto la variación en el equipo B es menor a la variación encontrada en el equipo A.

El comportamiento de los datos en ambos ejes evaluados arroja una distribución normal, lo que nos indica un proceso de medición predecible, dichos datos arrojan una variación en ambos ejes de 1 milésima de pulgada y el error esperado (cero) cae dentro de los intervalos de confianza calculados.

Para el análisis de sesgo y linealidad se presume que el sesgo no es significativo en ninguno de los ejes, sin embargo se realiza una calibración por el método de mínimos cuadrados con el fin de ajustar la inclinación

en las rectas de comportamiento del sistema, se evalúa dicha corrección y se agrega al software utilizado.

La variación con respecto al primer equipo utilizado fue reducida en un 95% y el error del equipo fabricado oscila entre el .1% y .15%, basados en las desviaciones obtenidas por cada eje evaluado; dicho error porcentual cae dentro de los valores aceptables en instrumentos de laboratorio.

Para la implementación de este proyecto, se determinaron las metas de eficiencia en la línea de producción, la determinación de estas metas se estableció mediante el balanceo de línea, determinación de trabajo estándar, capacidad de línea y tiempo disponible de producción. Se tomaron los tiempos de ciclo de las estaciones de trabajo para identificar el cuello de botella de la línea de producción, estos tiempos se muestran en la Figura 2.

Referencias

Apuntes de Normalización, José Manuel García Ricart- 2006

Bulletin 2152, Mitutoyo America Corporation, 2014.

Foundations of Design Method Development, Sudhakar Teegavarapu – 2009

Handbook of Optical Dimensional Metrology, Kevin Harding – 2013
Planificación estratégica, presupuesto y control de la gestión pública, Adalberto Zambrano Barrios – 2011

Roundrail linear components, Thomson company, Datos del fabricante, 2014

Trazabilidad en medidas físicas mediante calibración directa: calibración de una balanza, Jordi Riu, Ricard Boqué, Alicia Maroto, F. Xavier Rius., Universidad Rovira i Virgili