

Reporte Final de Estadía

María Fernanda Hernández Olmos

Estudios estadísticos y calibraciones a
equipos de medición



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo
Mantenimiento Industrial

Reporte para obtener título de
Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Proyecto de estadía realizado en la empresa
Dana Engranés Cónicos

Nombre del proyecto
“Estudios estadísticos y calibraciones a equipos de medición ”

Presenta
María Fernanda Hernández Olmos

Cuitláhuac, Ver., a 13 de Abril de 2018



Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa Educativo
Mantenimiento Industrial

Nombre del Asesor Industrial
Alma Morales León

Nombre del Asesor Académico
MAFO. Arely Vallejo Hernández

Jefe de Carrera
Ing. Gonzalo Malagón González

Nombre del Alumno
María Fernanda Hernández Olmos

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento primero que nada es para Dios por todo lo que medio en abundancia y por haberme permitido concluir esta meta en mi vida.

Especialmente a mis padres y mi hermano que siempre estuvieron apoyándome en todo momento, porque son mis pilares y lo más importante de mi vida, me han regalado de su tiempo, pero sobre todo me dieron la fuerza para concluir mi carrera. A mis abuelos por amarme tanto y hacer que este tiempo transcurrido haya sido un placer para hacerlos feliz.

Quiero hacer extensiva mi gratitud a la MAFO. Arely Vallejo Hernández por los cimientos en mi desarrollo profesional y a todos los ingenieros que formaron parte de mi evolución académica.

También quiero dar gracias al D. Ezequiel Hernández Cerón por su apoyo incondicional, y por su colaboración en la revisión de la metodología de mi tesina, así como también a mi novio por su apoyo en la redacción de mi tesis y por siempre estar conmigo.

Gracias a la Empresa Dana Enco por permitirme realizar mis prácticas profesionales, a la Ing. Alma Morales León y el Ing. Adalberto Guerrero Guerrero asesores industriales por la aclaración de las incertidumbres presentadas en mi estancia y por su paciencia.

RESUMEN

Esta tesis muestra el procedimiento y el método del estudio estadístico de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) de los micrómetros digitales de 1-2 pulgadas del departamento de torneado duro piñón de la empresa automotriz Dana Enco, con la finalidad de reducir la variación de las mediciones y así aumentar la calidad en los piñones.

Para llevar a cabo la redacción del procedimiento fue necesario leer el manual de análisis de sistemas de medición (MSA), donde fue extraída la información necesaria debido a que el laboratorio dimensional de esta empresa automotriz se basa al 100% para realizar los estudios.

Esta parte es muy importante debido a que se da a conocer como se identificó el problema en las variaciones de los equipos de medición, y una vez reconocido dar solución en base a unos datos numéricos, ya que esto será el respaldo del problema encontrado y de esta forma no hacerlo empíricamente.

Contenido

AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	2
CAPÍTULO 1.	6
INTRODUCCIÓN	6
1.1 <i>Estado del Arte</i>	7
1.1.1 Procedimiento.....	7
1.1.2 Resultados.....	9
1.1.3 Conclusiones.....	11
1.2 <i>Planteamiento del Problema</i>	11
1.3 <i>Objetivos</i>	12
1.4 <i>Definición de variables</i>	12
1.5 <i>Hipótesis</i>	12
1.6 <i>Justificación del Proyecto</i>	13
1.7 <i>Limitaciones y Alcances</i>	13
1.7.1 Alcances.....	13
1.7.2 Limitaciones.....	13
1.8 <i>La Empresa Dana Enco</i>	13
1.8.1 Historia.....	14
1.8.2 Misión.....	14
1.8.3 Visión.....	14
1.8.4 Política de calidad.....	14
1.8.5 Premios y certificaciones.....	15
1.8.6 Ubicación.....	15
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	16
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO	17
Procedimiento para la calibración del micrómetro	17
3.1 <i>Objetivo</i>	17
3.2 <i>Alcance</i>	17
3.3 <i>Definiciones</i>	17
3.3.1 GAGE PACK.....	17
3.3.2 Blog patrón.....	17
3.3.3 Micrómetro.....	17
3.3.4 Calibración.....	18

3.4 Procedimiento	18
3.4.1 Diagrama de flujo	18
3.4.2 Herramienta para la calibración del micrómetro	18
3.4.3 Verificación de equipos en el GAGE PACK o cronograma.....	19
3.4.4 Limpieza del equipo de medición.....	19
3.4.5 Estado físico del micrómetro.....	20
3.4.6 Trinquete y tambor móvil.....	20
3.4.7 Ajuste a 25.4 mm	20
3.4.8 Paralelismo.....	21
3.4.9 Registro en el GAGE PACK.....	22
3.4.10 Etiquetado en base al código de colores	22
Procedimiento para realizar el estudio estadístico de reproducibilidad y repetitividad	23
3.5 Objetivo	23
3.6 Alcance.....	23
3.7 Definiciones.....	23
3.7.1 Valor de referencia	23
3.7.2 Repetibilidad.....	24
3.7.3 Reproducibilidad.....	24
3.7.4 Master.....	24
3.8 Procedimiento	24
3.8.1 Número de muestras.....	24
3.8.2 Evaluadores.....	25
3.8.3 Calibración del micrómetro digital	25
3.8.4 Entorno del estudio	25
3.8.5 Limpieza de partes	25
3.8.6 Enumeración de las piezas	25
3.8.7 Identificación del carrito.....	26
3.8.8 Establecer método	26
3.8.9 Evaluadores.....	27
3.8.10 Registro en Excel	29
3.8.11 Resultados.....	30
3.8.12 Graficas de resultados.	31
3.8.13 Programación en cronograma de calibración	32
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	33
4.1 Resultados.....	33
4.1.1 Tabla de estudios realizados.....	33
4.1.2 Identificación del problema.....	33
4.1.2 Calculo de la calidad	34
4.2 Recomendaciones.....	35
ANEXOS	36
1. Formato para estudio R&R.....	36
2. Código de colores.....	36

3. <i>Formato de identificación de material</i>	37
.....	37
4. <i>Tabla de porcentajes de aceptación</i>	38
BIBLIOGRAFÍA	39
NORMATIVA	39

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Las mediciones son de suma importancia dentro de un sistema de manufactura ya que los procesos necesitan ser inspeccionados, pero sobretodo deben tener buena calidad. Por ello la necesidad de obtener un control se basa en las mismas, así como también realizar pruebas estadísticas para estar al tanto de cómo es que los dispositivos de medición o GAGES son tan precisos y exactos al proporcionar los valores numéricos.

Dentro del laboratorio de la empresa automotriz Dana Enco se encuentran instrumentos que llevan por nombre “master”, estos son certificados y calibrados por el CENAM (Centro Nacional de Metrología) encargados de establecer y mantener los patrones nacionales. Estos masters ayudan tanto al operador como al técnico del laboratorio a obtener medidas exactas y precisas con un patrón trazable. Los datos de las mediciones son comparados con estos masters y con los límites de control estadísticos del proceso, y si dicha comparación resulta fuera del control estadístico establecido se realiza un ajuste de algún tipo.

El análisis para saber por qué las mediciones no fueron las requeridas por el consumidor o por la hoja control del proceso es por medio de un estudio estadístico basado en el manual MSA (Análisis de Sistemas de Medición) elaborado por grupo Chrysler, Ford y General Motors para los laboratorios únicamente de la industria automotriz, el cual establece estudios estadísticos por variables o por atributos dependiendo la parte de la pieza que se desea obtener la medida. En este caso el estudio al que se orientará los micrómetros digitales del área de piñón torneado duro para la medición de los baleros menor y mayor es el de R&R (reproducibilidad y repetitividad) que es un análisis cualitativo por variables para equipos y sistemas de medición, que como resultado se obtendrá la repetibilidad (depende del equipo), la reproducibilidad (depende del operador), la variación de la parte (error en la manufactura). Con este análisis se podrán tomar decisiones y corregir el error si el porcentaje de las 3 variables mencionadas anteriormente está por debajo de lo establecido por el manual MSA.

El beneficio de usar un procedimiento basado en valores numéricos es que el proceso es mayormente controlado por el laboratorio de calidad, esto influye directamente en la manufactura del producto ya que al consumidor se le deben entregar las medidas exactas y precisas que estableció. Pues es de hacer mención que si la calidad de los datos obtenidos es alta muy probablemente los resultados serán satisfactorios.

1.1 Estado del Arte

En abril del año 2015 en el XIX Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Administrativas se llevó a cabo un proyecto llamado: Metodología para determinar la eficiencia de inspección aplicando el método de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) de Seis Sigma: Caso Cerámicos, presentado por los Ingenieros Nancy Hernández Hernández, Héctor Rivera Gómez, Jaime Garnica González.

En esta investigación se muestra el análisis y práctica del método de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) en un departamento de inspección del sector cerámico, con el objeto de plantear las herramientas y situaciones necesarias para su puesta en marcha y de verificar el grado de eficiencia en el muestreo de sus productos, así de esta forma garantizar los estándares de calidad y otorgar un mejor producto a los clientes.

Por lo tanto, fue necesario tomar en cuenta la técnica de Seis Sigma, quien implementa específicamente en la fase de medición, estadística y herramientas que ayudan a detectar problemas adversos a la variabilidad, los cuales identifican si el trabajo realizado por los inspectores se realizó o no de manera consistente y eficiente. Los estudios R&R se utilizan cuando existen variables discretas, puesto que influye la determinación de los evaluadores. Así mismo la repetibilidad se encargará de evaluar la consistencia de la decisión de una persona, y por otro lado la reproductibilidad evaluará la congruencia de las decisiones de distintas personas.

(Escalante, 2010; Pyzdek & Keller, 2013). “Respecto a la metodología se habla acerca de que no todos los sistemas de medición deben girar en torno a datos continuos, también existen aquellos que por su origen se atribuyen a datos por atributos, puesto que consisten en hacer clasificaciones en lugar de mediciones, por lo que para Seis Sigma son de tipo inspección por atributo, consisten en determinar la clasificación de un elemento como “bueno” o “malo”, por lo que es posible evaluar la variabilidad del sistema mediante el método de R&R”.

Así mismo en esta investigación se aplicó el método R&R en el sector cerámico, llevando a cabo desde la selección de la empresa, la selección de la bibliografía, aplicación del método, tratamiento y análisis de datos, los resultados y las conclusiones.

1.1.1 Procedimiento

- Selección de la empresa: Se determinó a partir de comenzar a implementar un método de mejora en una empresa del sector cerámico, ávida de incorporar técnicas en beneficio de sus sistemas de medición, además del acceso a sus instalaciones. El fin es comenzar a implementar el método en uno de sus departamentos, específicamente el de inspección y clasificación de loza de

hotel. El trayecto del producto es dirigido directamente hasta llegar a los respectivos almacenes, en específico, la aplicación del R&R, se llevó a cabo en el departamento de Clasificado Blancos, indicado en el recuadro de contorno grueso y naranja, donde la inspección y separación del producto como bueno o malo es de forma visual.

- Selección de la bibliografía: Se sostiene a partir de la estrategia utilizada por Ardón y Sánchez (2012), donde el estado del arte se analizó en tres etapas: entradas, procesos y salidas.
- Aplicación del método: Para poder efectuar esta etapa fue necesaria la utilización de recursos que permitieran no entorpecer la prueba de R&R, dentro de los cuales se destaca lo siguiente:
 - a.) Se recolectaron 100 piezas de la línea de producción, recién egresadas de los hornos de quema, a cargo de un analista de proceso responsable del seguimiento de la prueba.
 - b.) Se realizó una primera evaluación por parte del supervisor del departamento, la información adquirida fue tomada como la base de la evaluación (estándar) debido a que es la persona con el criterio que acierta a las necesidades del cliente. De las 100 piezas seleccionadas, 67 fueron de “A”, dicho de otro modo, piezas sin defecto o “buenas”, el resto piezas no aceptables o “malas”. El analista de proceso era la única persona que conocía el tipo de clasificación a la que pertenecían y por consiguiente el único que se encargó de hacer la separación y control de la información obtenida.
 - c.) Una vez concluida la primera revisión por parte del supervisor, cada pieza fue numerada del 1 al 100, sin importar el tipo de estratificación al cual correspondió cada pieza.
 - d.) Se seleccionaron a cinco operarias como participantes para efectuar la evaluación, las cuales, para su fácil manejo fueron numeradas del 1 al 5 (OPERARIA 1, Metodología para determinar la eficiencia de inspección aplicando el método de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) de Seis Sigma: Caso Cerámicos 14 OPERARIA 2, OPERARIA 3, OPERARIA 4 y OPERARIA 5. Estas operadoras participan normalmente en la inspección y/o revisión de la pieza y confirmando la variedad entre “expertos y novatos”, ver Tabla 1.
 - e.) Las piezas fueron resguardadas durante la aplicación del método. Para evitar cambios o caer en coincidencias, fue necesario el cambio de número para cada evaluación. La colocación del número fue a través de un marcador de aceite por parte del analista del proceso encargado del seguimiento.
 - f.) Fue necesario utilizar un formato de registro, elaborado por el analista de proceso, con el fin de que cada operaria anotará la información que arrojará la clasificación de las piezas.

FUENTE	PORCENTAJES DE DESACUERDO	
REPETIBILIDAD	38.80 %	
REPRODUCIBILIDAD	13.78 %	
TOTAL	27.41 %	
OPERADOR	REPETIBILIDAD (%)	PIEZAS ACEPTADAS (%)
1	37.00	49.75
2	28.00	57.75
3	54.00	46.50
4	30.00	49.50
5	45.00	59.50
PROMEDIO	38.80	52.60

Fig. 3 Tabla de resultados

Con el fin de generar una interpretación visual, se adopta la analogía semáforo, la cual consiste en colorear de verde cuando los índices del sistema de medición están por debajo de 10% y puede ser descrito como adecuado hasta excepcional. Cuando los índices están entre 10% y 30%, se colorean de amarillo o naranja, se puede subdividir al 20%, aquí el sistema de medición se describe de bueno a marginal. Aquellos índices superiores al 30%, se pueden colorear de rojo, se describen como pobres y son una indicación de que el sistema de medición no es adecuado y necesita de mejora (Whitea & Borrór, 2011).

- La evaluación de las operarias individualmente, indica que hay espacio para la mejora, la consistencia de los ensayos o repetibilidad es un problema, obteniendo un 38.80%, lo que representa una situación desalentadora y casi inaceptable.
- En la reproducibilidad, se obtuvo un total de 13.78%, lo que representa un sistema entre operarias calificado como “bueno”, aunque con oportunidad de mejorarlo.
- El mejor nivel de concordancia al sistema o de repetibilidad, lo presentó la OPERARIA 2 con el 28%, acercándose al estándar fijado por la supervisión (67%) al calificar con el 57.75% (diez puntos menos del ideal). Sin embargo, aún sigue representando una situación marginal al sistema de medición.
- En el contexto del estándar del 67%, la OPERARIA 5, se acercó obteniendo un 59.50%, siendo uno de los mejores resultados, mostrando que la mayoría de las piezas son atribuibles a “buenas”, esta deducción puede ocultar un

problema inaceptable en base a su repetibilidad o inconsistencia calificada con el 45%.

- Por otra parte, los resultados por parejas indican que la OPERADORA 3, tiene un problema de repetibilidad y reproducibilidad con un nivel del 54%, lo que es inaceptable, representando una situación crítica a corregir. Además de alejarse con casi 23 puntos por debajo del estándar.
- De manera general el sistema presenta un nivel de 27.41% en la repetibilidad y reproducibilidad. Lo que conlleva a ser casi inaceptable, dando urgentemente la oportunidad a mejorarlo.

1.1.3 Conclusiones

(Nancy Hernández, Héctor Rivera & Jaime Garnica, 2015). “Se realizó un estudio de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R) por atributos, con el fin de identificar las fuentes de variación que contribuyen en la desviación de piezas “buenas” o “malas” en el departamento de clasificado de blancos loza hotel. Donde es importante resaltar que la escala de eficiencia evaluada entre las clasificadoras denota una alta necesidad de mejora. Volviéndose trascendental hacer un análisis más detallado, debido a que el desvió puede estar provocando una perdida grande de piezas.

El análisis demuestra la necesidad de rediseñar y planificar una segunda medición, con el fin de corroborar los resultados previamente obtenidos, y confirmar que efectivamente la fuente de variación repercute en la repetibilidad. Además, se detectó que algunas operarias dudaban e incluso desconocían algunos defectos al evaluar, lo que pudo provocar confusión y sesgo de los resultados, recomendando dar instrucciones de forma precisa y clara antes de cada evaluación. Es importante enfocar esfuerzos a la estandarización de los procedimientos de inspección para el entrenamiento de los(as) operadores(as), donde se recomienda elaborar un manual de defectos que explique y esquematice los más comunes o de dudas para el personal, con el objetivo de capacitar, inducir o entrenar a personal de nuevo ingreso y al existente.

1.2 Planteamiento del Problema

La empresa Dana Enco dedicada a la elaboración de piñones y coronas para el eje de transmisión de vehículos ligeros, se destaca por ser una empresa a nivel nacional por la alta calidad en sus productos.

Para obtener un mejor control de calidad en las mediciones de estas piezas se requieren estudios estadísticos, debido a que dentro de un proceso de manufactura ninguna pieza es igual a otra por lo que la variabilidad es inevitable.

En el laboratorio dimensional de esta empresa automotriz existen dos mil doscientos treinta y seis dispositivos de medición, los cuales requieren de una calibración. La MSA (Análisis de Sistemas de Medición) indica que un dispositivo puede variar sus mediciones dependiendo el contexto, puede ser afectado por el clima, el método incorrecto, entre otras características

Este manual (MSA) indica una serie de estudios estadísticos cualitativos y cuantitativos que sirven de apoyo para saber cuándo el GAGE o el operador no están proporcionando una medición trazable al valor establecido.

Los estudios R&R (Repetibilidad y reproducibilidad) son un respaldo para ellos como laboratorio y como empresa de que los equipos de medición que están utilizando son trazables. Estos son de vital importancia, ya que por medio de ellos se delibera si el equipo es confiable o el método establecido para su uso es inadecuado, y en base a eso tomar decisiones.

En el área de duros (piñón) los micrómetros digitales de 1-2 pulgadas que son utilizados diariamente por los operadores, para medir los baleros mayor y menor no cuentan con los estudios R&R, procedente de esta circunstancia el consumidor detecto en diciembre del 2017 variaciones de más de 10 micras en 160 piezas en el modelo de piñón 220 laser welding. Cabe resaltar que es de suma importancia que las piezas fabricadas deben estar dentro de las tolerancias establecidas de +/- 10 micras en el plan de trabajo. Por tal motivo el consumidor a partir del año 2018 requiere de manera obligatoria los estudios para obtener medidas dentro de las tolerancias establecidas y tener un mejor control de calidad en sus productos.

1.3 Objetivos

Identificar por medio del estudio estadístico de reproducibilidad y repetitividad los micrómetros de 1-2 pulgadas que se encuentran fuera de especificación.

1.4 Definición de variables

Variación del equipo (% de aceptación establecido por el manual MSA máximo del 10%).

1.5 Hipótesis

El estudio R&R permitirá la identificación de micrómetros fuera de especificación

1.6 Justificación del Proyecto

La empresa Dana Enco requiere tener un estricto control de calidad en los piñones, de aquí se desprende la importancia de los estudios estadísticos R&R que ayudaran al control de calidad de los micrómetros digitales utilizados en las mediciones para la inspección de las piezas, generando resultados trazables, dando confianza al cliente.

1.7 Limitaciones y Alcances

1.7.1 Alcances

- Este procedimiento es aplicable para todos los micrómetros digitales de 1-2” que están en piso de producción en Dana Enco.

1.7.2 Limitaciones

- Falta de tiempo de los operadores para participar en el proyecto
- Resistencia al cambio en la forma establecida para realizar las mediciones.
- Ausencia de material para realizar el estudio.
- Diversos factores que influyan en el estado físico del material (temperatura, humedad, limpieza, etc.)

1.8 La Empresa Dana Enco

Dana de México Corporación, División Engranés Cónicos S de RL de CV. En la figura 4 se muestra el logo de la empresa y en la figura 5 las instalaciones.



Fig. 4 Logo de la



Fig. 5 Instalaciones de DANA ENCO en Querétaro, Qro.

1.8.1 Historia

En 1904:

- Clarence Spicer comienza su empresa el 1 de abril, basado en su invención patentada de la junta universal encerrada, en Plainfield, Nueva Jersey.
- Las primeras "U-joints" de CW Spicer se envían a Corbin Motor Company en Connecticut.
- La lista de clientes crece para incluir a Buick Motor Co., Olds Motor Works, Mack Bros. Motor Co. (más tarde Mack Trucks), Kelly-Springfield Motor Truck Co. y American Motors.
- El negocio de Clarence Spicer cambia su nombre a Spicer Manufacturing Company

Actualmente Dana de México, División Engranés Cónicos es una empresa mexicana fabricante de autopartes del grupo DANA.

La empresa Engranés Cónicos pertenece a la rama Metal-Mecánica, fabricando engranes cónicos hipoidales, espirales y rectos para aplicación automotriz.

El grupo DANA está constituido por:

- DANA FORJAS
- DANA CARDANES
- DANA ENGRANES CONICOS (ENCO)
- DANA EJES TRACTIVOS (ETRAC)
- DANA AUTOMETALES
- CV COMPONENTES

1.8.2 Misión

Entregar un valor superior a nuestros clientes, generar dinero para nuestros accionistas y aumentar el valor de su inversión

1.8.3 Visión

Ser la mejor compañía de manufactura a través del mejoramiento continuo y el respeto a la gente

1.8.4 Política de calidad

Garantizamos Valor en nuestros productos, aceptamos solo Calidad en lo que hacemos, continuo mejoramiento en operación, estimulamos el uso de mejores

prácticas, lograremos la excelencia con innovación y agregamos valor con nuestra gente.

1.8.5 Premios y certificaciones

- Certificate of Achievement. John Deere. Successfully Meeting teammate III Startup quality and Delivery goals. March 1997.
- Premio Nacional de Exportación.
- DANA Medalla de Oro.
- DESC rentabilidad y crecimiento.
- Calidad Total InterDesc.
- Valor UNIK Crecimiento.
- Calidad Total UNIK.
- Puntuación InterDescCertificate of Achievement. John Deere. Successfully.
- Meeting teammate III Startup quality and Delivery goals. March 1997.
- Premio Nacional de Exportación.
- DANA Medalla de Oro.
- DESC rentabilidad y crecimiento.
- Calidad Total InterDesc.
- Valor UNIK Crecimiento.
- Calidad Total UNIK.
- Puntuación InterDesc

1.8.6 Ubicación

Acceso III NO. 7, Parque Industrial Benito Juárez Querétaro, Qro.

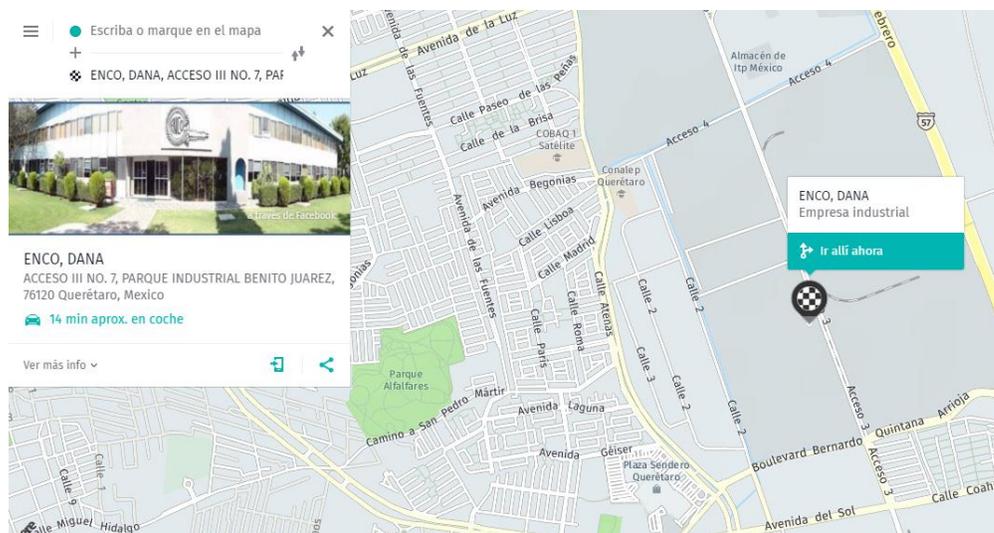


Fig. 6 Mapa de la ubicación de la empresa

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto, se utilizó una metodología cuantitativa en la cual se obtuvieron datos numéricos mediante la realización de estudios estadísticos. En la figura 7 se puede apreciar el diagrama de cómo se llevó a cabo la metodología. Cabe mencionar que cada uno de los puntos que aparecen en los recuadros se describieron detalladamente en el capítulo 3 desarrollo del proyecto.

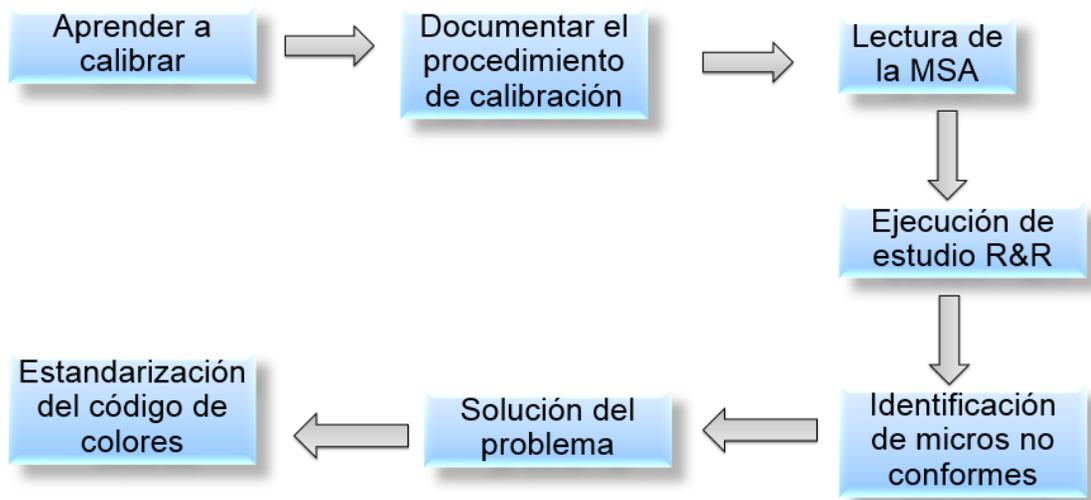


Fig. 7 Diagrama de metodología del proyecto

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

Desde que se llegó a la empresa Dana Enco se aprendió a calibrar los equipos de medición (micrómetros). En dicho lugar no existía un procedimiento para realizar las calibraciones a los micrómetros de 1-2 pulgadas. Derivado a esta situación se percibió la necesidad de generar un procedimiento para realizar la calibración a estos equipos.

A continuación, se describe el desarrollo para la calibración de los micrómetros digitales de 1-2" en el área de torneado duro (piñón) que ayudará en la verificación y ajuste de nuestro equipo antes de realizar el estudio estadístico, así como también para evitar variaciones en las mediciones.

NOTA: Para realizar su calibración es importante que el dispositivo de medición no esté en uso, debido a que no se debe retirar el instrumento al operador.

Procedimiento para la calibración del micrómetro

3.1 Objetivo

El siguiente procedimiento servirá para el ajuste y calibración de los micrómetros digitales para exteriores.

3.2 Alcance

El procedimiento es para los micrómetros digitales para exteriores de 1-2 pulgadas que se encuentran en Dana Enco.

3.3 Definiciones

3.3.1 GAGE PACK

Software en el que se lleva a cabo el registro de los equipos que se encuentran en planta, así como también los que se dieron de baja. Este nos sirve para registrar su fecha de calibración interna y externa, mantenimiento, verificación del instrumento, estudios estadísticos, etc.

3.3.2 Blog patrón

Master en con el que se ajusta el micrómetro y se calibra.

3.3.3 Micrómetro

Instrumento para medir magnitudes lineales con gran exactitud su funcionamiento se basa en el uso de un tornillo cuya rosca, fabricada con especial cuidado, evita el movimiento tangencial (juego).

3.3.4 Calibración

Conjunto de operaciones que establecen bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición y los valores correspondientes de una cantidad obtenida por un patrón de referencia.

3.4 Procedimiento

NOTA: Se debe tomar en cuenta que de acuerdo al Análisis de Sistemas de Medición antes de realizar el estudio se debe ajustar el micrómetro (realizar hasta el paso 3.5.6), en dado caso que este cuente con la etiqueta y con el mes que se está realizando el estudio ejecutar el procedimiento completo.

3.4.1 Diagrama de flujo

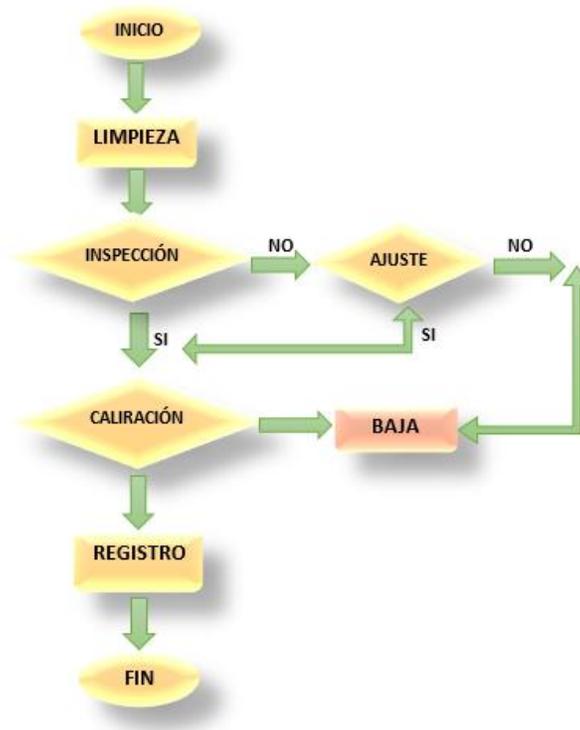


Fig. 8 Diagrama de flujo de la calibración.

3.4.2 Herramienta para la calibración del micrómetro

1. Micrómetro de 1-2" (25-50mm).
2. Software GAGE PACK.
3. Blog patrón de 25.4 mm
4. Blog patrón de 30 mm

5. Blog patrón de 40 mm
6. Blog patrón de 50 mm
7. Alcohol
8. Un trapo que no suelte pelusa
9. Un segmento de cuero
10. Cronograma de estudios
11. Paralelas

3.4.3 Verificación de equipos en el GAGE PACK o cronograma.

Antes de realizar un estudio se debe checar el listado de micrómetros de 1-2” que están en el área de duros. Se puede checar en el GAGE PACK o en el cronograma.

En el cronograma se puede observar la operación, el número de GAGE (este lo proporciona el GAGE PACK cuando se dan de alta los equipos), el área, las realizas, las programadas, descripción y el tipo de estudio que se le debe realizar.

OPERACIÓN	PROGRAMACION	REALIZADAS	CÓDIGO	Área	DESCRIPCION DE CALIBRADOR	BMS	LINEALIDAD	ESTABILIDAD	R&R	ATRIIBUOS Kappa	PRUEBAS DESTRUCTIVAS	1 ^{RA} SEMANA
300			G-311-12-002	T.DUROS		OK		OK				
			G-311-12-004	T.DUROS		OK		OK				
			G-311-47-001	T.DUROS		OK		OK				
			G-311-83-001	T.DUROS		OK		OK				
			G-311-4-001	T.DUROS		OK		OK				
			G-311-4-006	T.DUROS		OK		OK				
			G-311-88-003	T.DUROS		OK		OK				
			G-311-88-002	T.DUROS		OK		OK				
MICROMETRO "1-2"												
300			G-129-9-203	T.DUROS		OK			OK			
			G-129-9-232	T.DUROS		OK			OK			
			G-129-9-236	T.DUROS		OK			OK			
			G-129-9-241	T.DUROS		OK			OK			
			G-129-9-242	T.DUROS		OK			OK			
			G-129-9-247	T.DUROS		OK			OK			
			G-129-9-248	T.DUROS		OK			OK			
			G-129-9-250	T.DUROS		OK			OK			

Fig. 9 Cronograma de equipos en el área de duros. Se visualizan 9 micrómetros de 1-2”.

3.4.4 Limpieza del equipo de medición.

El equipo como esta en piso de producción suele llenarse de grasa o de otras sustancias, este se debe limpiar con un paño que no suelte pelusa y con un poco de alcohol 96. Las partes que se deben limpiar en especial son los palpadores de los cilindros tanto el fijo como el móvil con el cuero.



Fig. 10 Alcohol especial para la limpieza del



Fig. 11 Sección de cuero para limpiar los

3.4.5 Estado físico del micrómetro.

Se debe revisar el estado físico del equipo no debe estar oxidado ni con golpes.



Fig. 12 Micrómetro de 1-2" no presenta oxidación ni golpes.

3.4.6 Trinquete y tambor móvil

Revisar que el trinquete y tambor giren perfectamente sin alguna complicación

3.4.7 Ajuste a 25.4 mm

Con la ayuda del blog de 1 in se debe ajustar el micrómetro, se debe girar el tambor móvil hasta que quede justo con el blog, una vez que este ajustado se debe presionar el botón "origin" para calibrarlo a 25.400 mm. Realizar el ajuste cuantas veces sea necesario para evitar mucha variación (micras de diferencia) en el dispositivo.



Fig. 13 Micrómetro digital de 1-2" ajustado a 1 in con el blog patrón.

3.4.8 Paralelismo

En este paso se verifica el paralelismo de las caras o palpadores del micrómetro. Este se probará por medio de unas ópticas de cristal llamadas paralelas.

Esta óptica se coloca suavemente sobre una de las caras del micrómetro, posteriormente se debe realizar un movimiento lento de izquierda a derecha y se podrá observar unas franjas de colores tipo arcoíris, se debe tomar en cuenta el número de líneas que nos refleje la óptica.

Es importante que se realice donde haya luz debido a que se deben contar las franjas de colores, ya que de acuerdo a la norma NTC 4352:1997 el micrómetro debe tener como mínimo 4 franjas que son equivalentes a $.001\mu$.

NOTA: Si no se logran ver las líneas como consecuencia el micrómetro podrá presentar variaciones y esto afecta directamente en las mediciones.

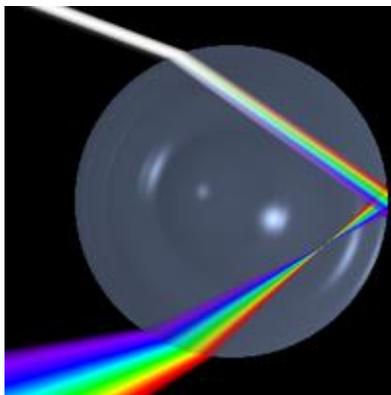


Fig. 14 Franjas de colores que se observan en la



Fig. 15 Verificación del paralelismo del micrómetro.

3.4.9 Registro en el GAGE PACK

Una vez que se ajustó el micrómetro se debe registrar en el software el ajuste. En buscar se escribe el número del GAGE que tiene el micrómetro, una vez que nos aparece se selecciona con un clic y en la parte de arriba donde dice evento se le da calibrar y aparece una ventanilla donde se deben llenar los campos correspondientes. Quien lo realizo, quien lo superviso, fecha, etc. Esta parte también nos proporciona la fecha próxima a calibrar del equipo.

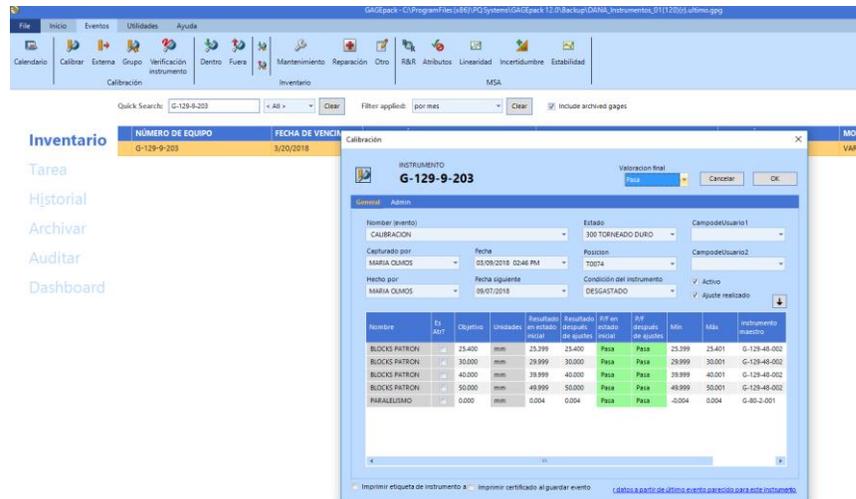


Fig. 16 Ventanilla del GAGE PACK donde se registró la calibración del micrómetro.

3.4.10 Etiquetado en base al código de colores

En el laboratorio dimensional de Dana Enco se estandarizo por medio de un código de colores (ver tabla en anexo 2) los meses como ayuda visual para los operadores y los técnicos encargados de los ajustes y calibraciones. Esta etiqueta depende del mes que se realizara el próximo ajuste, la fecha la proporciona el GAGE PACK una vez que se registró la calibración (paso 3.5.7).



Fig. 17 Etiquetas de colores para los equipos en base al mes de



Fig. 18 Micrómetro con etiqueta de color morado correspondiente al

Una vez documentado el procedimiento para la calibración de los micrómetros digitales, se procedió a realizar el estudio estadístico R&R basado en el Análisis de sistemas de medición (MSA) donde se establece como llevar a cabo paso a paso del mismo.

A continuación, se describe el procedimiento para el estudio estadístico del micrómetro digital.

Procedimiento para realizar el estudio estadístico de reproducibilidad y repetitividad

3.5 Objetivo

Obtener un sistema de medición exacto al valor de referencia mediante los estudios R&R para una mejor calidad en el producto y tomar decisiones correctas basadas en pruebas reales.

3.6 Alcance

El estudio estadístico de reproducibilidad y repetitividad es para los dispositivos de medición que proporcionen valores numéricos.

3.7 Definiciones

3.7.1 Valor de referencia

Es un número o valor aceptado asignado por el consumidor.

3.7.2 Repetibilidad

Es la variación de las mediciones obtenidas con un instrumento de medición cuando se usa varias veces por un operador midiendo la misma característica sobre la misma parte.

3.7.3 Reproducibilidad

Es la variación del promedio de las mediciones realizadas por diferentes operadores usando el mismo GAGE y midiendo una característica en la misma parte.

3.7.4 Master

Es un estándar usado como referencia del proceso de calibración.

3.8 Procedimiento

A continuación, se describe el desarrollo del estudio estadístico de reproducibilidad y repetitividad de los micrómetros digitales de 1-2 pulgadas en el área de torneado duro (piñón) que ayudará a estar al tanto de la variación que tiene el GAGE y el operador.

Antes de realizar dicho estudio se debe tomar el consentimiento del jefe del laboratorio dimensional, así como también del jefe de producción para que se autorice estar en piso de producción. Posteriormente se le informa al supervisor del área de duros para que autorice trabajar con 3 operadores y facilite 10 piñones del modelo que se esté produciendo en ese momento.

Este procedimiento está basado en el manual Análisis de Sistemas de Medición (MSA), con el que se guía el laboratorio dimensional de Dana Enco al 100% para realizar dicho estudio.

3.8.1 Número de muestras

Obtener de manera aleatoria 10 piñones del modelo 220 LW relación 45:14.



Fig. 19 Piñones del modelo 220 LW, enumerados.

3.8.2 Evaluadores

Seleccionar máximo a 3 operadores del área de torneado duro (piñón), no importan que no produzcan el mismo modelo de piñón.

3.8.3 Calibración del micrómetro digital

Es de suma importancia que antes de realizar el estudio R&R se ajuste y calibre el micrómetro, así se podrá realizar el mismo empezando desde cero. Para llevar a cabo este paso véase el capítulo 3 calibración del micrómetro.

3.8.4 Entorno del estudio

El estudio se debe realizar en el área de producción debido a que se deben ejecutar las mediciones bajo las mismas circunstancias en las que trabaja el operador diariamente.

3.8.5 Limpieza de partes

Con un trapo se debe limpiar cada piñón para quitar el exceso de polvo que pudiera afectar la medición.



Fig. 20 Limpieza de piñones para

3.8.6 Enumeración de las piezas

Los piñones se deben enumerar del 1 al 10 para poder identificar las piezas y de esta manera ir anotando las mediciones de acuerdo al formato R&R (véase anexo 1).



Fig. 21 Enumeración de las 10 piezas a

3.8.7 Identificación del carrito

Una vez que las piezas están enumeradas se deben colocar en un carrito y este debe ser identificado con un formato (anexo 3) para que estas no se revuelvan con el material que se está produciendo en ese momento.



Fig. 22 Carrito con identificado con el

3.8.8 Establecer método

Es importante que se establezca un método para llevar a cabo la medición, esto quiere decir que, los 3 operadores que realizaran el estudio deben medir en el mismo punto y así evitar variaciones.

El método que se estableció es que todos los piñones debían ir con el número frente a los operadores, de lado derecho tienen un punto y debajo de ese punto se debía

colocar el palpador del micrómetro. Y así sucesivamente con las 10 partes midiendo la misma característica.



Fig. 23 Punto donde se realizará la



Fig. 24 Numero que debe ir frente al operador para

3.8.9 Evaluadores

- 1) Se debe identificar a los operadores que serán evaluados como A, B y C. Para poder ir registrando correctamente las mediciones en el formato (anexo 1).
- 2) Es muy importante saber cuál es la media del balero mayor en este caso es 41.490 con una tolerancia de +/- 10 micras.
- 3) El operador A debe iniciar midiendo con el micrómetro el balero mayor de los 10 piñones. Las primeras mediciones se anotan en la columna número 1.



Fig. 25 Balero mayor del piñón.

OPERADOR	P			A			R		T	
Intento #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	44.491	44.491	44.497	44.493	44.458	44.496	44.494	44.491	44.491	44.488
A 2										
3										
Promedio										
Rango										

Fig. 26 Documento que se llena con las mediciones de cada

4) Posteriormente los operadores B y C deben medir las mismas partes sin ver las lecturas de uno con otro. Entonces se registran sus mediciones en donde dice operador B1 y C1.

1	41.293	41.294	41.288	41.295	41.287	41.29	41.287	41.288	41.291	41.382
B 2										
3										
Promedio	41.2930	41.2940	41.2880	41.2950	41.2870	41.2900	41.2870	41.2880	41.2910	41.3820
Rango	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	41.287	41.287	41.287	41.289	41.287	41.288	41.286	41.287	41.294	41.38
C 2										
3										

Fig. 27 Mediciones de los operadores A y B.

5) Se debe repetir las mediciones 3 veces cada operador, 30 veces cada uno con un total de 90.

Intento #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	1	41.29	41.292	41.288	41.29	41.291	41.293	41.293	41.287	41.294	41.384
	2	41.291	41.292	41.292	41.293	41.291	41.287	41.293	41.292	41.294	41.384
	3	41.295	41.294	41.294	41.295	41.294	41.295	41.292	41.294	41.297	41.386
Promedio	41.2920	41.2927	41.2913	41.2927	41.2920	41.2917	41.2927	41.2910	41.2950	41.3847	
Rango	0.005	0.002	0.006	0.005	0.003	0.008	0.001	0.007	0.003	0.002	
B	1	41.293	41.294	41.288	41.295	41.287	41.29	41.287	41.288	41.291	41.382
	2	41.293	41.294	41.294	41.295	41.294	41.294	41.291	41.293	41.291	41.387
	3	41.294	41.292	41.291	41.295	41.291	41.293	41.291	41.294	41.291	41.385
Promedio	41.2933	41.2933	41.2910	41.2950	41.2907	41.2923	41.2897	41.2917	41.2910	41.3847	
Rango	0.001	0.002	0.006	0	0.007	0.004	0.004	0.006	0	0.005	
C	1	41.287	41.287	41.287	41.289	41.287	41.288	41.286	41.287	41.294	41.38
	2	41.293	41.293	41.293	41.293	41.292	41.292	41.292	41.293	41.294	41.387
	3	41.293	41.293	41.292	41.294	41.293	41.293	41.293	41.292	41.294	41.387
Promedio	41.2910	41.2910	41.2907	41.2920	41.2907	41.2910	41.2903	41.2907	41.2940	41.3847	
Rango	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	0.007	0.006	0	0.007	
Prom. parte	41.2921	41.2923	41.291	41.2932	41.2911	41.2917	41.2909	41.2911	41.2933	41.3847	

Fig. 28 Total de mediciones de los 3 operadores.

6) Finalmente se deben entregar las piezas en la línea que están produciendo el modelo.

3.8.10 Registro en Excel

Una vez que se obtuvieron las mediciones se debe llevar el formato que está en Excel que cuenta con las fórmulas para calcular la repetibilidad y reproducibilidad.

En este formato se debe ingresar los datos en el encabezado, el número de parte que tiene el modelo de piñón con el que se trabajó, la parte que se midió, el equipo de medición que ocupamos en este caso fue un micrómetro, la parte que medimos, fecha, etc.

										GAGE ACEPTADO			
Número de parte	2019767			Nombre de la parte	PIÑON					Planta	ENCO		
Característica	BALERO MENOR			Número de GAGE	G-129-9-241					Coord.	MFHO		
Tolerancia	0.02	Unidades	mm	Nombre del GAGE	MICROMETRO 1-2"					Tel.	2117100		
Variación Total (TV)	0.029619383			Revisión Gage	364					Fecha	6 de marzo de 2018		
OPERADOR											RESULTADOS		
Intento #	P		A		R		T			AVG			
1	41.29	41.292	41.288	41.29	41.291	41.293	41.293	41.287	41.294	41.384	A ₁	41.30020	
2	41.291	41.292	41.292	41.293	41.291	41.287	41.293	41.292	41.294	41.384	A ₂	41.30090	
3	41.295	41.294	41.294	41.295	41.294	41.295	41.292	41.294	41.297	41.386	A ₃	41.30360	
Promedio	41.2920	41.2927	41.2913	41.2927	41.2920	41.2917	41.2927	41.2910	41.2950	41.3847	\bar{X}_A	41.30157	
Rango	0.005	0.002	0.006	0.005	0.003	0.008	0.001	0.007	0.003	0.002	\bar{R}_A	0.00420	
1	41.293	41.294	41.288	41.295	41.287	41.29	41.287	41.288	41.291	41.382	B ₁	41.29950	
2	41.293	41.294	41.294	41.295	41.294	41.294	41.291	41.293	41.291	41.387	B ₂	41.30260	
3	41.294	41.292	41.291	41.295	41.291	41.293	41.291	41.294	41.291	41.385	B ₃	41.30170	
Promedio	41.2933	41.2933	41.2910	41.2950	41.2907	41.2923	41.2897	41.2917	41.2910	41.3847	\bar{X}_B	41.30127	
Rango	0.001	0.002	0.006	0	0.007	0.004	0.004	0.006	0	0.005	\bar{R}_B	0.00350	
1	41.287	41.287	41.287	41.289	41.287	41.288	41.286	41.287	41.294	41.38	C ₁	41.29720	
2	41.293	41.293	41.293	41.293	41.292	41.292	41.292	41.293	41.294	41.387	C ₂	41.30220	
3	41.293	41.293	41.292	41.294	41.293	41.293	41.292	41.294	41.387		C ₃	41.30240	
Promedio	41.2910	41.2910	41.2907	41.2920	41.2907	41.2910	41.2903	41.2907	41.2940	41.3847	\bar{X}_C	41.30060	
Rango	0.006	0.006	0.006	0.005	0.006	0.005	0.007	0.006	0	0.007	\bar{R}_C	0.00540	
Prom. parte	41.2921	41.2923	41.291	41.2932	41.2911	41.2917	41.2909	41.2911	41.2933	41.3847	\bar{X}_{PART}	41.30114	
										Rango de la parte	R_{PART}	0.09378	
$\bar{R} = R_A + R_B + R_C / \text{No de operadores} = 0.00420 + 0.00350 + 0.00540 / 3$												\bar{R}	0.00437

Fig. 29 Datos del encabezado y anexo de las 90

3.8.11 Resultados

En esta parte Excel en automático nos muestra los resultados de las mediciones en este caso el estudio fue exitoso. En la variación del equipo se obtuvo un 7.29% y en la del operador 8.03%, como se puede ver en la parte debajo de los resultados viene un guía de los porcentajes permitidos para aceptar o rechazar e equipo de medición y de esta forma poder observar donde se obtuvo mayor variación.

Análisis del sistema de medición		Basado en variación de PARTE A PARTE					
Repetibilidad - Variación del Equipo (EV) $EV = \bar{R} * K_1$ $EV = 0.00081$		<table border="1"> <tr><th>Intentos</th><th>K₁</th></tr> <tr><td>3</td><td>0.5908</td></tr> </table>	Intentos	K ₁	3	0.5908	$\% EV = 100[EV/TV]$ $\% EV = 7.29$
Intentos	K ₁						
3	0.5908						
Reproducibilidad - Variación del Operador (AV) $AV = \sqrt{[(\bar{x}_{DIFF} * K_2)^2 - (EV^2 / nr)]}$ $AV = 0.00089$		<table border="1"> <tr><th>Oper</th><th>K₂</th></tr> <tr><td>3</td><td>0.5231</td></tr> </table>	Oper	K ₂	3	0.5231	$\% AV = 100[AV/TV]$ $\% AV = 8.03$
Oper	K ₂						
3	0.5231						
Repetibilidad & Reproducibilidad (R & R) $R\&R = \sqrt{(EV^2 + AV^2)}$ $R\&R = 0.00120$			$\% R\&R = 100[R\&R/TV]$ $\% R\&R = 10.84$				
Variación de la Parte (PV) $PV = R_{PART} * K_3$ $PV = 0.01101$		<table border="1"> <tr><th>Partes</th><th>K₃</th></tr> <tr><td>10</td><td>0.3146</td></tr> </table>	Partes	K ₃	10	0.3146	$\% PV = 100[PV/TV]$ $\% PV = 99.41$
Partes	K ₃						
10	0.3146						
Variación Total (TV) $TV = \sqrt{(R\&R^2 + PV^2)}$ $TV = 0.01108$		PUEDE SER ACEPTADO	ndc = 1,41 ^(PV/GRR) ndc = 12.9258 ndc = 13				
El Gage puede ser aceptado, ver la siguiente página Todos los rangos OK							
Guía para el criterio de aceptación de repetibilidad and reproducibilidad (%R&R): ABAJO DEL 10% DE ERROR: El sistema es ACEPTADO , el error se encuentra dentro de especificaciones. ERROR DEL 10% al 30%: El sistema PUEDE SER ACEPTADO en base a su aplicación. Depende de la importancia de la medición por la metodología utilizada así como costo de reelaboración y especificaciones del cliente. ERROR SUPERIOR AL 30%: El sistema de medición NO ES ACEPTADO . Esta condición se deriva de un método de medición inadecuado, se recomienda identificar los problemas y corregirlos.							

Fig. 30 Calculo de resultados en Excel.

3.8.12 Graficas de resultados.

Después de que se obtuvo los resultados se grafica la carta de rangos del operador y la carta de promedios.

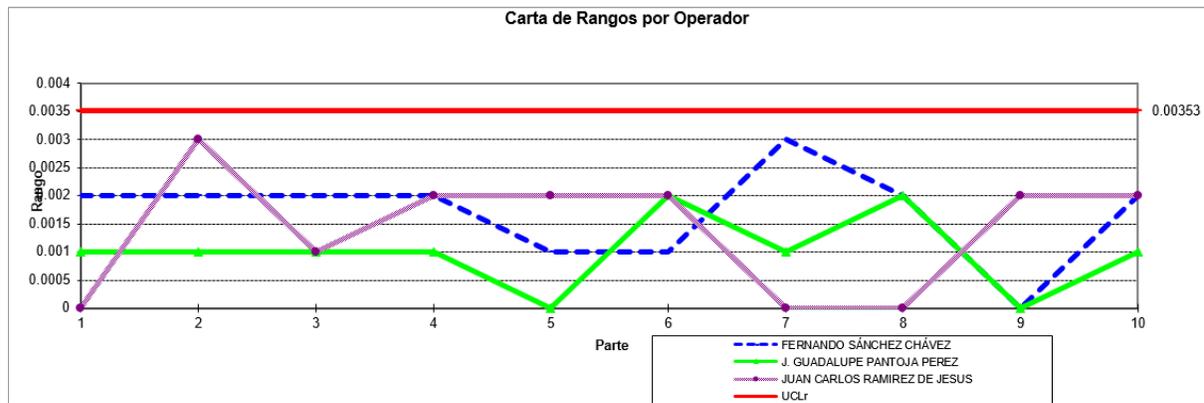


Fig. 31 Grafico de rangos por operador.

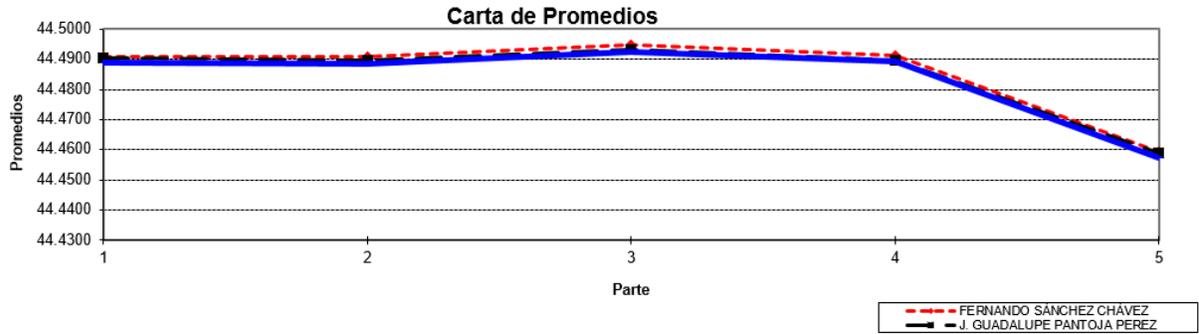


Fig. 32 Grafica de promedios.

3.4.13 Programación en cronograma de calibración

En este se lleva un registro adicional del próximo estudio, se debe colocar el año en que se hizo, el siguiente en el que se hará colocando el color del mes que se creó en cada celda. De lado izquierdo se coloca lo mismo con la diferencia que se rellena la celda en la semana del mes que se hará en dos años como se muestra en la figura 13.

OPERACIÓN	PROGRAMACIÓN	REALIZACIÓN	CÓDIGO	Año	DESCRIPCION DE CALIBRADOR	RAZ	LIBRADO	ENTREGA 2	RAZ	PROPIETA	PROPIETA	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	AGOSTO	
												1ª SEMANA	2ª SEMANA	3ª SEMANA	4ª SEMANA	5ª SEMANA	
70	2018 JULIO	OK 2017	C-302-4-010	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-4-015	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-010	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-015	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-020	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-025	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-030	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-035	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-040	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-045	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-050	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-055	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-060	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-065	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-070	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-075	Suaves						OK							
	2018 JULIO	OK 2017	C-302-32-080	Suaves						OK							
	2018 AGOSTO	OK 2017	IP-3006-1-004	Suaves		CALIB. DALECT. D ESTE				OK							
	2018 AGOSTO	OK 2017	IP-3006-2-002	Suaves						OK							
	2018 AGOSTO	OK 2017	IP-3006-3-001	Suaves						OK							
2018 AGOSTO	OK 2017	IP-3006-4-001	Suaves						OK								

Fig. 33 Cronograma con la programación en base al código de colores.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A continuación, se muestran los resultados que se derivaron al realizar los estudios estadísticos R&R de los micrómetros de 1-2 pulgadas, los cuales fueron satisfactorios.

4.1 Resultados

4.1.1 Tabla de estudios realizados

Estudios estadísticos torneado duro			
Equipo	Cantidad	Realizados	Scrap
Micrómetro de 1-2 in	9	9	1

Fig. 34 Tabla de estudios estadísticos R&R

4.1.2 Identificación del problema

Gracias a la realización de los estudios estadísticos R&R, se pudo identificar el problema que se había presentado en el 2017 de las variaciones de los piñones modelo 220.

Se hizo un estudio estadístico a un micrómetro con número de gage G-129-9-241, derivado de esto los resultados en la variación del equipo fueron muy altos. Véase la tabla en el anexo 4 de los porcentajes de aceptación.

Análisis del sistema de medición	
Repetibilidad - Variación del Equipo (EV)	
EV = $\bar{R} * K_1$	
EV = 0.00547	
Intentos	K_1
3	0.5908
Basado en variación de PARTE A PARTE	
% EV = 100[EV/TV]	
% EV = 92.98	

Fig. 35 Porcentaje de error del micrómetro.

Debido a los resultados obtenidos se llevó al laboratorio el instrumento de medición y se observó que el micrómetro no contaba con paralelismo (Capitulo 3, paralelismo 3.4.8), esto quiere decir que las 2 puntas del micrómetro están disparejas por tal motivo existían variaciones.

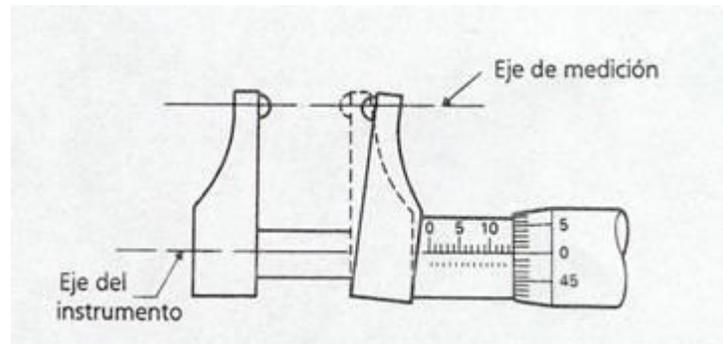


Fig. 36 Puntas del micrómetro sin paralelismo.

4.1.2 Calculo de la calidad

La calidad del sistema de medición antes de corregir el error era el siguiente:

$$\text{Calidad} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de unidades Conforme}}{\text{N}^{\circ} \text{ total de Unidades}}$$

Fig.35 Formula para calcular la calidad.

Cantidad = 9 micros
 Buen estado = 8 micros

$$\text{CALIDAD} = \frac{8}{9} = .8888 \times 100 = 88.88\%$$

El micrómetro fue reemplazado por uno nuevo con número de gage G-129-2-245 para evitar las variaciones que se encontraban fuera de especificación. Por lo tanto, ahora se puede asegurar un 100% de calidad en nuestro sistema de medición.

Cantidad = 9

Buen estado = 9

$$\text{CALIDAD} = \frac{9}{9} = 1 \times 100 = 100\%$$

4.2 Recomendaciones

- A. La calibración a un micrómetro digital debe ser cada 4 meses.
- B. En dado caso que se observe una falla se debe reportar al laboratorio de inmediato.
- C. El clima de las cabinas debe estar prendido las 24 horas para que el micrómetro no tenga variaciones.
- D. No se debe golpear el instrumento ni usarlo para otro tipo de actividades.
- E. Los estudios deben ser en el área donde se utiliza el instrumento diariamente bajo las mismas condiciones.

ANEXOS

1. Formato para estudio R&R

Número de parte		Nombre de la parte								
Característica		Número de GAGE								
Tolerancia	Unidades	Nombre del GAGE								
Variación Total (TV)		Revisión Gage								
OPERADOR	P	A	R	T						
Intento #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1									
	2									
	3									
Promedio										
Rango										
B	1									
	2									
	3									
Promedio										
Rango										
C	1									
	2									
	3									
Promedio										
Rango										
OPERADOR	NOMBRE									
A										
B										
C										

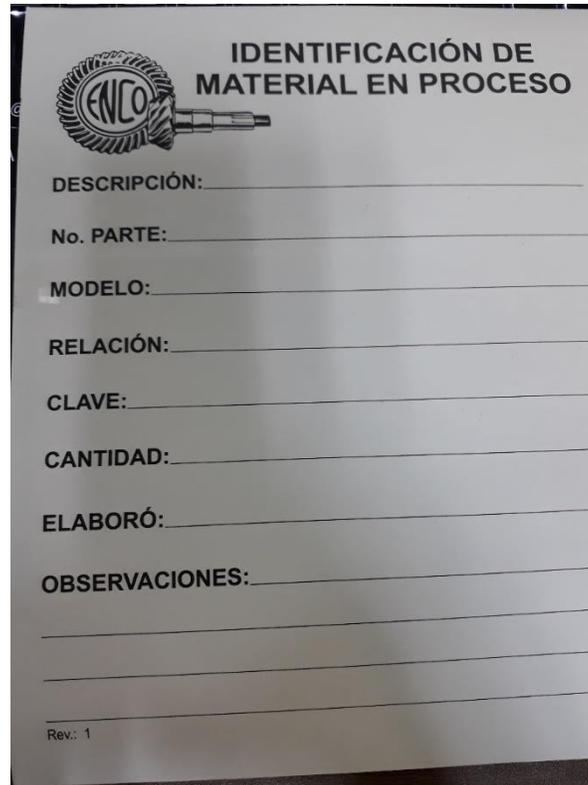
Fig. 1 Formato para anotar los datos de las mediciones de los 3 operadores.

2. Código de colores

CÓDIGO DE COLORES CALENDARIO EQUIPO DE MEDICIÓN	
ENERO	1
FEBRERO	2
MARZO	3
ABRIL	4
MAYO	5
JUNIO	6
JULIO	7
AGOSTO	8
SEPTIEMBRE	9
OCTUBRE	10
NOVIEMBRE	11

Fig. 2 Calendario de colores conforme al mes de calibración.

3. Formato de identificación de material



IDENTIFICACIÓN DE MATERIAL EN PROCESO

DESCRIPCIÓN: _____

No. PARTE: _____

MODELO: _____

RELACIÓN: _____

CLAVE: _____

CANTIDAD: _____

ELABORÓ: _____

OBSERVACIONES: _____

Rev.: 1

Fig. 3 Formato para la identificación del material.

4. Tabla de porcentajes de aceptación

<h2>Criterios de aceptación</h2>	
ABAJO DEL 10% DE ERROR	El sistema es ACEPTADO , el error se encuentra dentro de especificaciones
ERROR DEL 10% al 30%	El sistema PUEDE SER ACEPTADO en base a su aplicación. Depende de la importancia de la medición por la metodología utilizada así como costo de reelaboración y especificaciones del cliente
ERROR SUPERIOR AL 30%	El sistema de medición NO ES ACEPTADO . Esta condición se deriva de un método de medición inadecuado, se recomienda identificar los problemas y corregirlos

Fig. 4 Tabla de criterios de aceptación establecidos por la MSA.

BIBLIOGRAFÍA

- Czubak, Frederick. (2010) Análisis de Sistemas de Medición. Estados Unidos. Chrysler Group LLC.
- Hernández, Nancy, Congreso internacional de investigación de ciencias administrativas A.C., Metodología para determinar la eficiencia de inspección aplicando el método de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) de seis sigmas. 24 de abril del 2015.
https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16909/2015_tcong_metodologia_para_determinar.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NORMATIVA

- DIN/ISO 3650. Patrones de longitudes y de ángulos.
- NTE INEN 1821. Especificación de geometría, equipos de medición dimensional. Micrómetros de exteriores.
- NTC 4352:1997. Planitud de la superficie y paralelismo.
- ISO/TS 16949. Sistemas de calibración.