



INSTITUTO TECNOLÓGICO[®]
de Pabellón de Arteaga

TEC

AGOSTO – DICIEMBRE 2018

RESIDENCIAS PROFESIONALES



Optimización de proceso en base a su análisis, con enfoque a método y equipo por implantación de nuevo modelo en áreas de producción de APT (pressure transducer automotive) Ubicada en el Edificio B2 de la planta de Sensata Technologies.

**Reporte Final para acreditar
Residencia Profesional en la
carrera de Ingeniería en
Gestión Empresarial**

Alvaro Carrizales Oliva

Nombre de los asesores interno: **Ingeniero Oscar Martin Nájera Solís**

Nombre de los asesores externo: **Ingeniero Daniel Hernández Camacho**

Nombre de la Empresa: **Sensata Technologies de México, S. DE R.L. DE C.V.**

2.- Agradecimientos

Hace ya un tiempo comenzó una inquietud, inquietud que fue creciendo cada vez más, y más, una ilusión que gracias a mis hijos que compartieron conmigo tal emoción y que, gracias a eso paso de ser solo una inquietud y se convirtió en un gran proyecto, en nuestro proyecto.

Hoy, y después de grandes pruebas, de desgastantes jornadas, de sacrificar incluso lo más importante, la convivencia con mis hijos, con la familia, debo decir que, como la gran mayoría de las personas, la familia también intento persuadirme de dejar esa idea, “que locura continuar los estudios a mi edad”, ¿y ya para que, que caso tenía ya?, invertir tiempo que no tengo, dinero, en fin, mil y una razón para desistir de tal locura.

Gracias hijos, gracias por hacer de mi inquietud un gran proyecto, sin duda que sin su apoyo jamás lo habría conseguido, gracias a mi familia, hermanos, gracias Padre por su gran apoyo incondicional, gracias compañeros de carrera, por su ejemplo, gracias a los docentes que nos acompañaron en esta gran aventura, gracias a aquella gente que siendo desconocidos se convirtieron en parte de este trayecto con palabras de aliento, gracias a aquellos otros que intentaron desalentarme cuando ya las palabras de aliento ya no tenían efecto en mí, cuando las cosas estaban más difíciles e intentaron mofarse del esfuerzo realizado, porque con eso consiguieron sacar en mí el coraje suficiente para continuar, para decir, esto no ha terminado y aún sigo aquí, gracias a mi actual mujer, que llegó a mí en un momento crucial en el que todas las puertas se cerraban y se convirtió en un gran apoyo hasta el día de hoy, gracias Dios por poner a todos y cada uno de ellos en mi camino, porque estoy convencido que sin alguno de estos factores el resultado no sería el mismo, gracias por la fuerza para que me diste en cada palabra de las personas y por la sabiduría para reconocer y superar las pruebas.

"La permanencia, la perseverancia y la persistencia a pesar de todos los obstáculos, desánimo e imposibilidades: es entre todas las cosas lo que distingue al alma fuerte de los débiles" (Thomas Carlyle).

3.- Resumen

En el presente trabajo se muestra el análisis de proceso de calibración realizado en la empresa Sensata Technologies de México S.A de C.V de R.L, con fines de optimización enfocado a método y equipo, para el nuevo modelo con números de parte por parte de sensata (116CP2), partiendo de la parte teórica, dissent del cliente y características del producto, que permitan eficientar el proceso de calibración de los mismos.

El objetivo principal es elaborar una propuesta de mejora, mediante el análisis de proceso de calibración que permita incrementar la productividad de la línea de producción, reduciendo los tiempos muertos por concepto de cambio de sellos en el proceso de calibración de los sensores de presión automotriz producido en la línea de HVOR, perteneciente a la empresa de Sensata Technologies Mexico.

Los principales beneficios de este proyecto son el aumento en la productividad de las líneas de producción mediante la reducción de tiempos muertos por concepto de cambio de instrumentales (sellos), incrementando así la utilidad por unidad de producto manteniendo la calidad del mismo, manteniendo el compromiso de la empresa para con el cliente.

Al final del trabajo se presentan las conclusiones derivadas de la realización del proyecto propuesto.

4.- Índice

1. Portada.	
2. Agradecimientos.....	(Pág. 1)
3. Resumen.....	(Pág.2)
4. Índice.....	(Pág. 3,5)
5. Introducción.....	(Pág.5)
6. Descripción de la empresa.....	(Pág.6 - 8)
7. Problemática.....	(Pág.8)
8. Objetivos.....	(Pág.9)
9. Justificación.....	(Pág.9,10)
10. Marco Teórico.....	(Pág.10-23)
11. Determinación de causa raíz.....	(Pág.24)
12. Validación del equipo.....	(Pág. 24-29)
13. Evaluación del desempeño de herramientas.....	(Pág.29,30)
14. Análisis de proceso.....	(Pág. 30)
15. Análisis de tiempos y movimientos.....	(Pág. 32,33)
16. Generación de estadísticas.....	(Pág. 33 – 38)
17. Cronograma de actividades.....	(Pág. 39)
18. Validación de resultados del periodo de prueba.....	(Pág. 39 – 43)
19. Conclusiones.....	(Pág. 44)
20. Propuesta de mejora.....	(Pág. 45)
21. Competencias desarrolladas.....	(Pág. 46)
22. Bibliografía.....	(Pág. 47)
23. Anexos.....	(Pág. 48)

Lista de Tablas

Tabla 4.1	Tabla de tiempos	Página 30
Tabla 4.2	Tiempos y movimientos sello estándar.....	Página 30
Tabla 4.3	Cronograma de actividades.....	Página 31
Tabla 4.4	Histórico del mes de febrero.....	Página 33

Tabla 4.5	Histórico del mes de marzo.....	Página 34
Tabla 4.6	Histórico del mes de abril.....	Página 35
Tabla 4.7	Histórico del mes de mayo.....	Página 36
Tabla 4.8	Datos R&R.....	Página 38
Tabla 5.1	Histórico del mes de septiembre.....	Página 41
Tabla 5.2	Histórico del mes de octubre.....	Página 42

Lista de Figuras

Figura 3.1	Herramental para toma de tiempos.....	Página 15
Figura 3.2	Gráfico de repetibilidad.....	Página 18
Figura 3.3	Gráfico de reproductibilidad.....	Página 19
Figura 3.1.1	Transductor de presión automotriz.....	Página 20
Figura 3.1.2	Voltaje de salida, presión y vcc.....	Página 21
Figura 3.2,1	Componentes internos de un APT.....	Página 22
Figura 3.2,2	Componentes internos de modelo BPT.....	Página 22
Figura 3.2,3	Ubicación de transductor automotriz	Página 23
Figura 3.2,4	Aplicaciones de APT y sus rangos de presión.....	Página 23
Figura 3.2.1	Componentes internos de un APT.....	Página 22
Figura 3.2.2	Componentes internos de modelo BPT.....	Página 22
Figura 3.2.3	Ubicación de transductor automotriz.....	Página 23
Figura 3.2.4	Aplicación de APT y sus rangos de presión.....	Página 23
Figura 3.3.1	Función de transferencia del APT.....	Página 24
Figura 4.1	Dibujo del cliente.....	Página 25
Figura 4.2	Herramental inferior.....	Página 26
Figura 4.3	Herramental superior.....	Página 27
Figura 4.4	Predisposición del equipo.....	Página 27
Figura 4.5	Análisis del equipo actual.....	Página 28
Figura 4.6	Herramental estándar celda 10A.....	Página 29
Figura 4.7	Gráfico de tiempos.....	Página 30
Figura 4.8	Datos históricos Enero/Mayo.....	Página 32
Figura 4.9	Histórico del mes de Febrero.....	Página 33
Figura 4.10	Histórico del mes de Marzo.....	Página 34
Figura 4.11	Histórico del mes de abril.....	Página 35

6.- Descripción de la empresa



Sensata proviene de la palabra latina *sensate*, que significa “aquello que tiene sentido”.

Sensata Technologies es una compañía respaldada por más de cien años de historia, con 34 plantas de manufactura y oficinas de venta alrededor del mundo, más de 20,000 empleados a nivel mundial y 15 marcas, es líder mundial y el innovador principal de sensores y protección eléctrica de misión crítica. En promedio, la compañía fabrica más de 17.000 productos y envía 1.4 mil millones de unidades al año bajo la marca Sensata, y alrededor de 12 nombres más de diferentes marcas.

En 2016, Sensata Technologies tuvo ingresos de cerca de los 3 mil 300 millones de dólares divididos por región: 32% Europa, 43% América y 25% en Asia.

Actualmente la planta en Aguascalientes cuenta con alrededor de 100 líneas de producción, no sin antes pasar por un proceso de crecimiento impulsado por excelentes resultados año tras año. Sensata llegó a México al Estado de Aguascalientes en 1984 con el nombre de la División de Sensores y Controles de Texas Instruments, y contaba solo con un ciento de colaboradores.

Ya en 2006 se convirtió en Sensata Technologies de México como resultado de un *spin-off* de la entonces División de Sensores y Controles de TI. Hoy en día Sensata es el principal proveedor del mundo de sensores y controles en una amplia gama de mercados y aplicaciones. Desde ese año en el que se convirtió en una

compañía independiente, la corporación ha crecido orgánicamente cada año, pero también lo ha hecho adquiriendo compañías con productos y tecnologías similares o complementarias, como Airpax, Delta Tech, Wabash Technologies, Custom Sensors Technologies y Schrader Technologies.

Además de Aguascalientes, la empresa tiene presencia en México con otras cuatro plantas: Tijuana (dos plantas), Mexicali y Matamoros. En el mundo: Estados Unidos (Arizona, Indiana, Maryland, Massachusetts, Minnesota, Tennessee, Virginia, y Washington), China, India, Japón, Corea, Malasia, Bélgica, Bulgaria, Inglaterra, Francia, Alemania, Holanda e Irlanda del Norte.

En lo que respecta a la planta de Sensata en Aguascalientes, es hoy en día la más importante de la firma a nivel global, el 55% de la producción está destinada a la industria automotriz y el resto de 12 mercados diferentes, desde la aeronáutica hasta el sector de las comunicaciones. Embarcamos el 25% de nuestra manufactura a Europa, 15% a Asia y el 60% al continente americano”.

Misión - Sensata Technologies Aguascalientes

Generar el máximo valor posible para Sensata, nuestros clientes, nuestros socios y nuestra gente, alcanzando consistentemente resultados de excelencia en calidad, entrega y lanzamiento de nuevos productos, apoyados en un equipo ganador y respetuoso de nuestro medio ambiente.

Visión - Sensata Technologies

Un líder mundial e innovador en sensores de misión crítica y protección eléctrica.

Satisfaciendo las crecientes necesidades mundiales de seguridad, eficiencia energética y un ambiente limpio.

Un excelente socio, empleador y vecino.

Valores - Sensata Technologies

- ✓ Integridad
- ✓ Innovación
- ✓ Compromiso

Política de Calidad

Lograremos la excelencia en los negocios:

Fomentando y requiriendo la participación activa de cada empleado de Sensata.

Entendiendo a nuestros clientes y cumpliendo con sus requerimientos.

Mejorando continuamente nuestros procesos, productos y servicios.

Certificaciones

ISO9001:2015	(calidad)
IATF16949:2016	(calidad automotriz)
AS 9100 RevD	(calidad aeroespacial)
ISO14001:2015	(administración ambiental)
OSHAS 18000	(seguridad laboral)

Objetivos de la empresa Sensata Technologies.

Las principales prioridades de la empresa Sensata Technologies de México son:

- Liderazgo de mercados en segmentos de alto crecimiento.
- Excelencia operacional.
- Alto rendimiento en la organización.

Nombre del proyecto

Optimización de proceso en base a su análisis, con enfoque a método y equipo por implantación de nuevo modelo en áreas de producción de APT (pressure transducer automotive) Ubicada en el Edificio B2 de la planta de Sensata Technologies.

Área o Departamento donde se desarrollará el proyecto:

Áreas de producción de APT (Pressure Transducer Automotive).

7.- Problemática

Los tiempos muertos por concepto de cambios constantes en los sellos utilizados en el proceso de calibración de los nuevos productos en la celda 10A del departamento de APT (Pressure Transducer Automotive), se han visto incrementados notablemente con respecto al resto de los productos que ahí se

elaboran, por lo que es imprescindible un análisis del proceso para encontrar áreas de mejora.

La productividad de la celda 10A del departamento de APT se encuentra muy por debajo de las expectativas comprometiendo no solo las entregas de los nuevos números de parte a producir, sino los anteriores que se han visto retrasados por los inconvenientes en la implantación de estos nuevos números de parte.

8.- Objetivo General.

Elaborar una propuesta de mejora, mediante el análisis de proceso de calibración con fines de optimización, enfocado a equipo y método de cambio de modelos en líneas de producción del departamento de APT (Pressure Transducer Automotive).

Objetivos Específicos.

- Reducción en un 30% a los tiempos muertos y por concepto de cambio de sellos o equipo.
- Aumento de productividad en un 15%.
- Medir el impacto que se tendría en costos de producción al implementar la propuesta.

Delimitación

Identificar posibles áreas de mejora en proceso actual de calibración de transductor de presión automotriz, ofreciendo alternativas que permitan elevar la productividad de las líneas de producción en el periodo de pruebas que se realizara según el cronograma de actividades en los meses de septiembre y octubre del 2018.

9.- Justificación del Proyecto.

Actualmente la empresa Sensata Technologies, y más concretamente el departamento de proyectos de la misma se encuentra trabajando en el desarrollo de un nuevo modelo de transductor de presión, que por contar con características físicas que difieren al resto de los productos que ahí se elaboran, le requieren, a mi parecer una mayor atención y tiempo, pudiendo ir desde un 30 a un 50% más del

que le requieren los modelos actuales, puesto que no solo se realiza en el momento de inicio de producción de dicho modelo, si no que en el transcurso de la producción es necesario el reemplazo de componentes de los mismos después de determinada producción para evitar fallos en el proceso, ocasionando tiempos muertos que afectan directamente a la productividad de las líneas de producción.

El volumen de producción que maneja la empresa en cuestión es relativamente alto considerando los recursos con los que se cuenta, y considerando que el nuevo modelo le estará representando un aumento de alrededor de un 10% a la producción mensual, esto aunado a la gran variedad de productos que se producen y la variación de unidades por lote nos es muy imperante la necesidad de aplicación de herramientas como SMED (Single Minute Exchange Die).

Por medio de pruebas funcionales, datos estadísticos y métricos nos apoyaremos para obtener mayor entendimiento del alcance que tendrá el proyecto, y a través de los análisis, validaciones y cambios en el proceso, buscamos identificar mejoras significativas en el proceso de calibración del producto.

Haciendo uso de la metodología DMAIC y cada uno de las etapas que la metodología conlleva se buscó la solución a la problemática presentada y se aseguró la prevención de futuros problemas del mismo tipo, trayendo así grandes ahorros para la empresa y un aseguramiento mayor de la calidad y seguridad de los transductores que se elaboran en la empresa.

Capítulo 3

10.- Marco teórico

Proceso de producción

Un proceso de producción es el conjunto de actividades orientadas a la transformación de recursos o factores productivos en bienes y/o servicios. En este

proceso intervienen la información y la tecnología, que interactúan con personas. Su objetivo último es la satisfacción de la demanda.

Dicho de otra manera, un proceso de producción es un sistema de acciones que se encuentran relacionadas entre sí y cuyo objetivo no es otro que el de transformar elementos (insumos), mediante sistemas (procesos). Para ello, se necesitan unos factores de entrada que, a lo largo del proceso, saldrán incrementado de valor gracias a la transformación.

Durante esta fase, las materias primas que se transforman en el producto final que la empresa produce a través de su montaje. En esta etapa es fundamental observar los estándares de calidad y controlar su cumplimiento. Para que esta fase salga según lo previsto y se evitan problemas, es necesario hacer un trabajo de observación del entorno, de tal manera que se puedan anticipar los cambios y se pueda trazar un plan de actuación para saber cómo actuar en todo momento para seguir trabajando en pro del cumplimiento de los objetivos.

Existen cuatro tipos de proceso de producción diferentes:

- **Producción bajo pedido:** en esta modalidad productiva solamente se fabrica un producto a la vez y cada uno es diferente, no hay dos iguales, por lo que se considera un proceso de mano de obra intensiva. Los productos pueden ser hechos a mano o surgir como resultado de la combinación de fabricación manual e interacción de máquinas y/o equipos.
- **Producción por lotes:** con la frecuencia que sea necesario se produce una pequeña cantidad de productos idénticos. Podría considerarse como un proceso de producción intensivo en mano de obra, pero no suele ser así, ya que lo habitual es incorporar patrones o plantillas que simplifican la ejecución. Las máquinas se pueden cambiar fácilmente para producir un lote de un producto diferente, si se plantea la necesidad.
- **Producción en masa:** es como se denomina a la manufactura de cientos de productos idénticos, por lo general en una línea de fabricación. Este proceso de producción, a menudo, implica el montaje de una serie de sub-conjuntos de

componentes individuales y, generalmente, gran parte de cada tarea se halla automatizada lo que permite utilizar un número menor de trabajadores sin perjuicio de la fabricación de un elevado número de productos.

- **Producción continua:** permite fabricar muchos miles de productos idénticos y, a diferencia de la producción en masa, en este caso la línea de producción se mantiene en funcionamiento 24 horas al día, siete días a la semana. de esta forma se consigue maximizar el rendimiento y eliminar los costes adicionales de arrancar y parar el proceso de producción, que está altamente automatizado y requieren pocos trabajadores.

Metodología DMAIC

DMAIC es un método estructurado de resolución de problemas. Cada fase de este se basa en la fase anterior, y el objetivo es implementar soluciones a largo plazo a los problemas

La metodología DMAIC se utiliza para llevar a cabo los proyectos Six Sigma de optimización de procesos.

Esta metodología consta de cinco fases:

- D – Definir (Define)
- M – Medir (Measure)
- A – Analizar (Analyse)
- I – Mejorar (Improve)
- C – Controlar (Control)

Fases del ciclo de mejora DMAIC

- ✓ . Definir el problema o seleccionar el proyecto, describiendo el efecto provocado por una situación adversa, o el proyecto de mejora que se desea realizar, con la finalidad de poder entender la situación de partida y definir los objetivos. En esta fase se configura el equipo de trabajo, el cual deberá ser de tipo multidisciplinar.
- ✓ Medir. Definir y describir el proceso, determinando sus elementos, sus fases, entradas, salidas y características. Evaluar los sistemas de

medición, analizando su capacidad y estabilidad mediante estudios de repetibilidad, reproductibilidad, linealidad, exactitud y estabilidad.

- ✓ Analizar. Determinar las variables significativas. Las variables del proceso definidas en la fase “Medir”, deben ser confirmadas por medio de Diseño de Experimentos y/o estudios, para medir la contribución de estos factores en la variabilidad del proceso. Las pruebas de hipótesis e intervalos de confianza también serán aplicadas en esta fase. Evaluar la estabilidad y la capacidad del proceso. Determinar la habilidad de proceso para producir productos dentro de las especificaciones, mediante estudios de capacidad a corto y largo plazo, a la vez que se evalúan las fracciones defectuosas.
- ✓ Mejorar. Optimizar y robustecer el proceso. Si el proceso no es capaz, se tendrá que optimizar para reducir su variación. En esta fase se utilizarán herramientas de calidad como son el diseño de experimentos, análisis de regresión y las superficies de respuesta. Validar la mejora. Realizar estudios de capacidad confirmatorios.
- ✓ Controlar. Controlar y efectuar un seguimiento del proceso, manteniéndolo bajo control estadístico. Mejorar continuamente. Una vez que el proceso es capaz, se deberán buscar mejores condiciones de operación, materiales, procedimientos, etc., que nos conduzcan a un mejor desempeño del proceso.

En cada una de estas fases, se utilizan unas herramientas de calidad y técnicas estadísticas para avanzar en el proyecto basando las acciones en hechos y datos correctamente muestreados, medidos, analizados, etc.

Tiempos y movimientos

Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo de las fases que componen el proceso de producción. Es necesario ejecutar este registro de una forma determinada y mediante unas técnicas concretas.

Consiste en medir el tiempo de una tarea de manera cuidadosa mediante, ajustando para cualquier variación observada y así establecer el tiempo estándar tanto para piezas, como para otras actividades: retrasos, averías, descansos, etc.

Técnicas de medida: el cronometraje industrial

Mediremos cada una de los tiempos por medio de un cronómetro. (Ver figura 3.1)

Para registrar tiempos, se debe elegir un operario medio, es decir, ni el más eficaz, ni el más perezoso. También se pueden realizar varias mediciones de trabajo a varios operarios distintos.

Se debe cronometrar el tiempo del proceso completo, desde que empieza hasta que termina, así como elemento a elemento, para comprobar después si coincide la suma total.

Es muy importante no quedarnos solo con el tiempo si no el horario en el que se realiza esta medición por si fuera necesario un estudio de la fatiga.



Figura 3.1. Herramienta para toma de tiempos (Cronometro).

Hojas de tiempo

Este estudio lo llevaremos a cabo mediante hojas de tiempos. Una hoja de tiempos es un documento en forma de tabla que pone en relación procesos y elementos con periodos o tipos de tiempo y ayuda a la compilación y al análisis de los datos que se

recojan. También es posible que incluya una columna observaciones para que el encargado de su elaboración detalle alguna consideración.

Debe recopilar datos de tiempo de ciclo, tiempo por movimiento y tiempo por elemento.

Análisis de métodos y tiempos. Cómo realizarlo paso a paso

Antes de aplicar la metodología lean manufacturing se debe conocer el proceso de producción con todo detalle, ya que, si no es así, no sabremos en qué partes del proceso tenemos desperdicios o cuales se pueden mejorar. Por tanto, el primer paso antes de nada es realizar un estudio de métodos y tiempos.

Además, recuerda que lo que no se mide no se puede mejorar.

Estudio de métodos y sistemas de trabajo

El estudio del trabajo es una evaluación sistematizada de los métodos y sistema de trabajo utilizada para la realización de actividades productivas.

Cuando hablamos de método de trabajo nos referimos al conjunto de técnicas y procedimientos para que el trabajo se realice sin ningún peligro para el operario, en condiciones normales y estándar.

Se debe realizar un estudio de micro movimientos que consiste en dividir el proceso de producción en pequeños movimientos para poder calificarlos como eficientes o no. Un ejemplo de micro movimientos puede ser: buscar, seleccionar, mover, soltar, ensamblar etc.

La metodología para hacer el estudio de métodos y tiempos se basa en varias etapas que iremos detallando:

#1 Seleccionar

En esta fase aplicamos la regla de Pareto y elegimos el producto que ocupe el 80% del proceso de producción o que suponga el 80% de las ventas y elegimos su proceso de producción para hacer el estudio del trabajo.

#2 Registrar

Ahora obtendremos toda la información necesaria sobre el método de trabajo de cada proceso y los tiempos que se tarda en realizar cada uno en el momento de realizar el estudio, tanto de tiempo de ciclo, como tiempo por elemento.

Debemos realizar un diagrama del proceso desde distintos enfoques: resumido, analítico y de recorrido, además de un registrar de cómo se realiza el proceso paso a paso.

#3 Examinar

Cuando llegemos a este paso debemos examinar de forma crítica lo que registramos en la fase anterior. Veremos los puntos fuertes y débiles del proceso preguntando a los operarios y analizaremos si el método de trabajo y los movimientos que ejecutan para realizarlo son los más eficaces. Separaremos los movimientos que aportan valor de los que no aportan valor.

#4 Medición

Mediremos el tiempo de ciclo total de cada proceso, pero desglosándolo en el tiempo que se tarda en cada movimiento.

#5 Definir

Una vez recopilados todos los datos, se definirá un tiempo estándar para cada una de las actividades del proceso de producción, que supondrá la base para las futuras mejoras.

Estudio R&R

Repetibilidad & Reproducibilidad (R & R), la repetibilidad está asociada con la variación que genera un instrumento de medición cuando se realizan mediciones repetitivamente en condiciones de repetibilidad: mismo instrumento de medición, mismo operario, misma pieza a medir, mismo procedimiento, así mismo la reproducibilidad está definida como la variación asociada con los operarios quienes realizan las mediciones en condiciones de reproducibilidad, las cuales pueden ser: distintos técnicos, diferentes procedimientos, mismos instrumentos y piezas a medir.

Teniendo en cuenta que la reproducibilidad es la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo mensurando bajo condiciones de medición que cambian, ésta se puede expresar en forma cuantitativa, en función de las características de la dispersión de los resultados.

Los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones están basados en la evaluación estadística de las dispersiones de los resultados, ya sea en forma de rango o su representación como varianzas o desviaciones estándar. Los métodos que se utilizan son: Rango, Promedio y Rango, y ANOVA (análisis de varianza)

Repetibilidad de los resultados de las mediciones:

Cercanía entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud por medir, efectuadas en las mismas condiciones de medición. Notas.

1. Estas condiciones se llaman condiciones de repetibilidad.
2. Las condiciones de repetibilidad incluyen: El mismo procedimiento de medición, el mismo observador, el mismo instrumento de medición utilizado en las mismas condiciones, el mismo lugar y repetición dentro de un período de tiempo corto.
3. La repetibilidad se puede expresar en forma cuantitativa, en función de las características de dispersión de los resultados (ver figura 3.2).



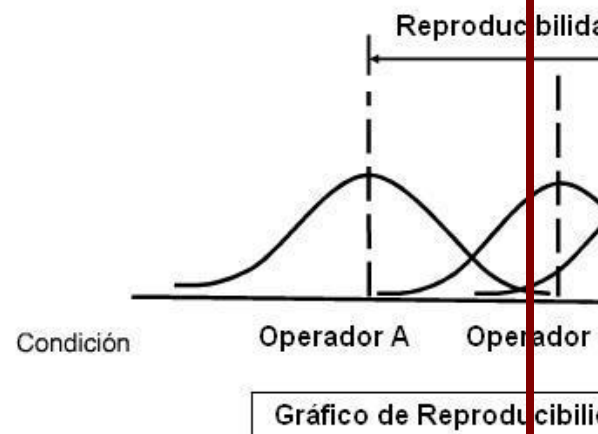
(Figura 3.2)

Los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones están basados en la evaluación estadística de las dispersiones de los resultados, ya

sea en forma de rango o su representación como varianzas o desviaciones estándar. Los métodos que se utilizan son: Rango, Promedio y Rango, y ANOVA (análisis de varianza).

Los métodos para determinar la repetibilidad y la reproducibilidad de las mediciones están basados en la evaluación estadística de las dispersiones de los resultados, ya sea en forma de rango o su representación como varianzas o desviaciones estándar. Los métodos que se utilizan son: Rango, Promedio y Rango, y ANOVA (análisis de varianza).

Después de analizar la información que resulta del estudio de repetibilidad y reproducibilidad, es posible evaluar las causas que originan la variación del sistema o del instrumento. (Ver gráfico de reproductibilidad en la figura 3.3)



(Figura 3.3)

- Si la repetibilidad es mayor a la reproducibilidad las posibles causas son:

El instrumento necesita mantenimiento, el equipo requiere ser rediseñado para ser más rígido, el montaje o ubicación donde se efectúan las mediciones necesita ser mejorado y/o, existe una variabilidad excesiva entre las partes.

- Si la reproducibilidad es mayor que la repetibilidad, las causas pueden ser:

El operador necesita mejor entrenamiento en cómo utilizar y como leer el instrumento, la indicación del instrumento no es clara, No se han mantenido condiciones de reproducibilidad (ambientales, montaje, ruidos, etc.) y/o el instrumento de medición presenta deriva.

El método de promedios y de rangos, es un método matemático que determina la repetibilidad y reproducibilidad de un sistema de medición, es decir, permite descomponer la variabilidad del sistema en dos componentes, repetibilidad y reproducibilidad. Los indicadores %R&R proporcionan la siguiente información:

* Si el valor %R&R es igual o menor al 15% el sistema operador instrumento es el apropiado para la aplicación diseñada.

* Si el valor %R&R está entre 16 % y 25 % el sistema en general requiere mejoras, sin embargo, puede ser utilizado de manera temporal.

* Si el valor %R&R es superior al 25% el sistema no es aceptable. Si el valor de reproducibilidad es mayor con respecto a la repetibilidad, esto significa que se necesita entrenar al operador, ya sea al manipular el instrumento o en la toma.

3.1 Teoría básica de funcionamiento del APT (Automotive pressure transducer - Transductor automotriz de presión).

De acuerdo a lo planteado en el libro (Transductores Y Sensores En La Automatización), "Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo, fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otra, normalmente eléctrica.

El transductor de presión es un dispositivo que sensa la presión instantánea encontrada en la sección correspondiente donde se encuentra montado y la convierte en un voltaje proporcional que se alimenta a la computadora del automóvil para que ésta pueda tomar las decisiones adecuadas de acuerdo a la condición detectada

Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés. Algunos de los sensores y transductores utilizados con más frecuencia son los

calibradores de tensión (utilizados para medir la fuerza y la presión), los termopares (temperaturas), los velocímetros. (ver Imagen 3.1.1).



Figura 3.1.1 Transductor de presión automotriz.

Terminología básica.

APT – Transductor automotriz de presión (Automotive Pressure Transducer).

Transductor – Elemento que convierte una forma de energía en otra; en este caso, presión en voltaje

Vcc – Voltaje de alimentación con el que funciona el APT; típicamente 5 volts.

También se le llama así a la terminal que recibe dicho voltaje.

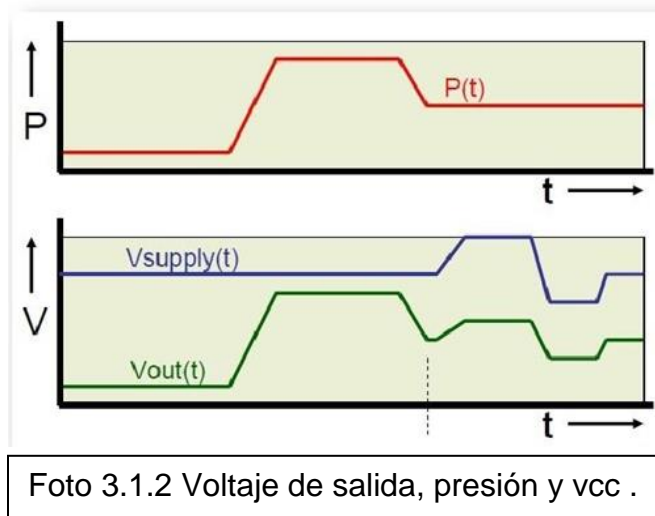
Vout – Voltaje de salida que provee el APT; típicamente varía en un rango. Aproximado de 0 a 5 volts. También se le llama así a la terminal que provee dicho voltaje.

Gnd – Tierra o referencia para el voltaje. También se denomina así a la terminal a la que se conecta.

%Vcc – Normalmente el voltaje de salida se presenta como un porcentaje del voltaje de alimentación: $\%V_{cc} = (V_{out}/V_{cc}) * 100$.

ASIC – Circuito integrado para una aplicación específica (Application Specific Integrated Circuit).

Efecto de la presión y V_{cc} en el voltaje de salida (ver foto 3.1.2).



La salida del APT depende no solo de la presión aplicada, sino que también del voltaje de alimentación V_{cc} con que se alimente. A este concepto se le conoce como ratiometricity en inglés.

3.2 Componentes internos de un APT.

Existen 2 tipos de transductores los cuales tienen algunos diferentes componentes, a continuación, se muestran los dos tipos de sensores y posteriormente veremos los componentes que ocupa el sensor en el cual nos enfocaremos (BPT). (ver figuras 3.2.1 y 3.2.2)

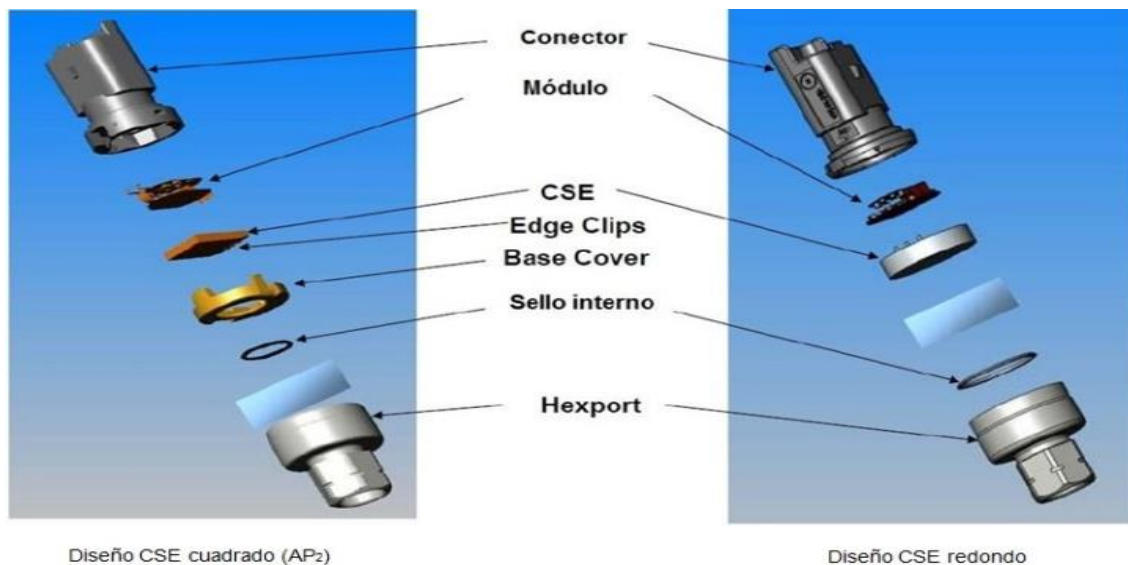


Figura 3.2.1 Componentes internos de un APT.

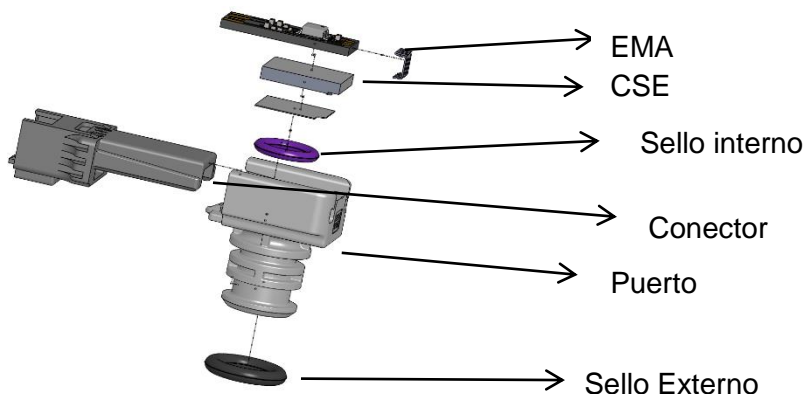
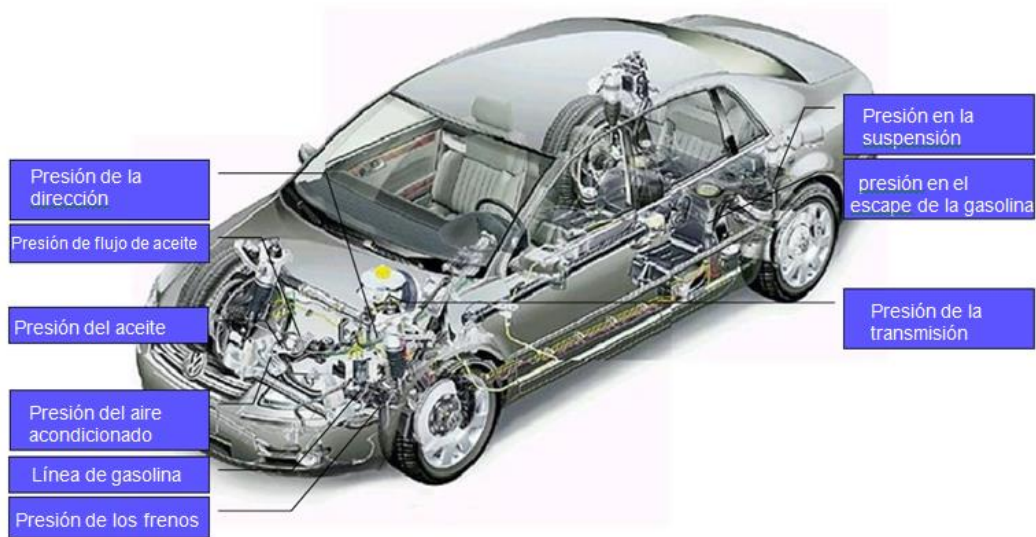


Figura 3.2.2 Componentes internos de modelo BPT.

Con estos componentes es posible realizar la acción de un transductor o sensor automotriz o no automotriz, que será utilizado en miles de aplicaciones en la vida cotidiana, para ver la ubicación en el automóvil y las diversas aplicaciones pondremos esta información a continuación. (ver figuras 3.2.3 y 3.2.4)



En la figura 3.2.3 ubicación de transductor automotriz.

Sistema	Rango de presión (PSI)						Funcionando en fluido				
	15	50	100	500	1500	3000	Gasolina	A/C	Hidraulico	Frenos	Aire
Aire acondicionado											
Alta escala											
Baja escala											

Figura 3.2.4 de aplicación de APT y sus rangos de presión.

3.3 Teoría de funcionamiento del APT y función de transferencia.

En la actualidad todos los dispositivos electrónicos tienen una función de transferencias, a continuación, se muestra la teoría de operación de un APT, así como la función de transferencia. (Figura 3.3.1).

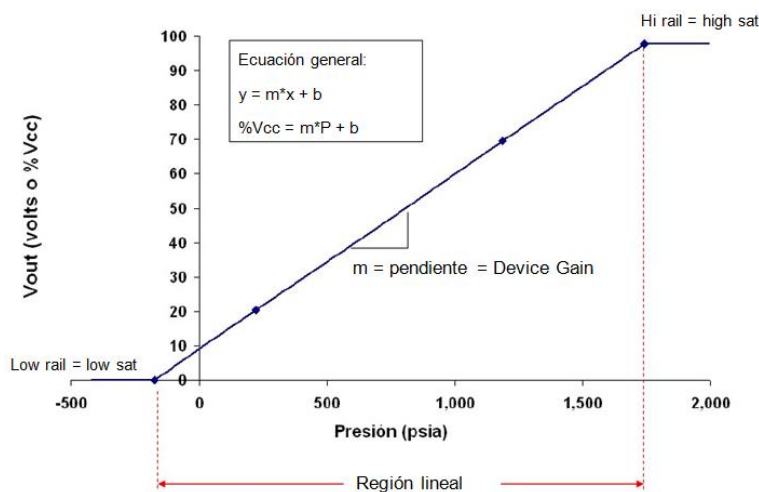


Figura 3.3.1 Función de transferencia del APT.

Cada APT cuenta con una función de transferencia diferente y se deben de calcular sus valores para obtener su salida, que es la que nos pide el cliente.

CAPITULO 4

11. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

En el presente capítulo se mostrara las actividades que se desarrollaron y que están indicadas en el cronograma de actividades del proyecto de optimización a realizarse en la celda 10A, perteneciente al departamento de manufactura APT (pressure transducer automotive), con enfoque particular a método y equipo utilizado en la calibración de los nuevos modelos de transductor con número 116CP2, y que basados en el análisis previo se puede determinar la muy alta factibilidad de estandarizar en parte el equipo, lo cual representaría una reducción en los tiempos de cambios de modelos, basados en la metodología SMED, en la cual se consigue reducir el SETUP del proceso ya de entrada se antoja bastante recomendable como área de mejora para el proceso, y mediante el análisis de los resultados en el periodo de prueba podremos aceptar o rechazar la teoría de reducción del principal modo de falla a causa del desgaste normal de los sellos actuales.

Determinación de causa raíz

Con el fin de minimizar los tiempos muertos generados en el cambio de sellos, para proceso de calibración de transductores, se utilizó un diagrama de Ishikawa para facilitar visualización de los factores que intervienen y determinar la causa raíz.

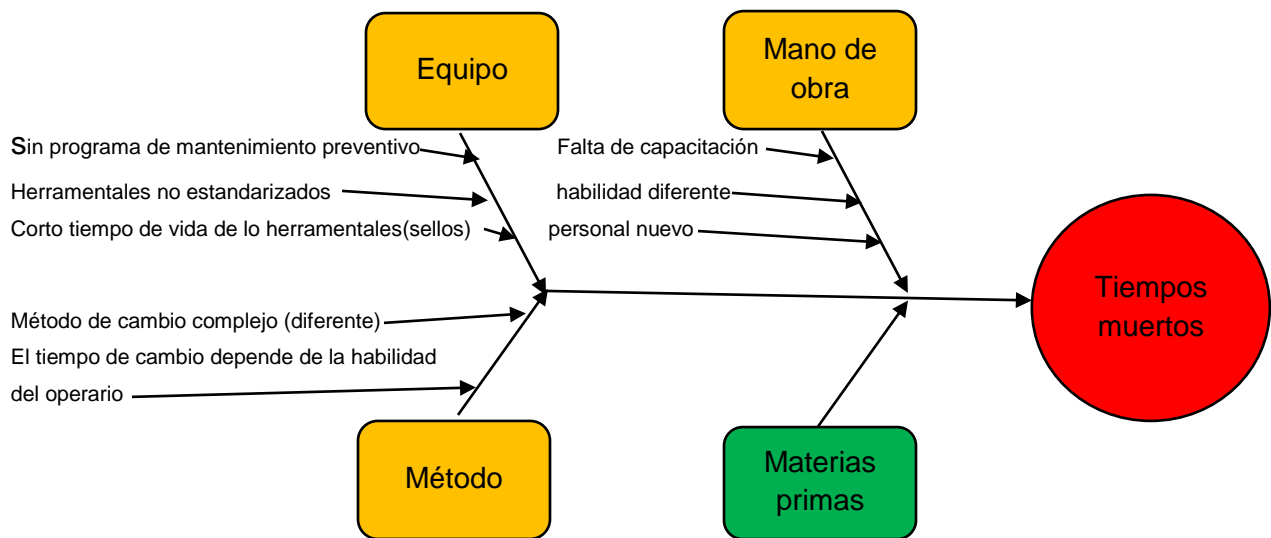


Figura 4.1 Diagrama ISHIKAWA

4.1 Validación del equipo

Para validar el funcionamiento del equipo en la celda 10A que se utiliza para la calibración de los sensores BPT se realizó un estudio de GR&R (Repetitividad y reproducibilidad).

Para la realización del estudio R&R utilice la hoja de datos o formato que se utiliza en la empresa y que me fue facilitado por el Ingeniero Daniel Hernández, Ingeniero de proyectos en la empresa Sensata Technologies y mi tutor externo en este proyecto. Los datos arrojados por el equipo de calibración fueron bajados del sistema como evidencia de su funcionamiento y poder comenzar el análisis del proceso desde el área de mejora propuesta. (Ver figuras 4.1.1 y 4.1.2).

Gage Repeatability and Reproducibility Data sheet
For a four fixtures calibrator

Calibrator name:
Characteristic: Comments:

First trial	Cycle	Fix. 1	Fix. 2	Fix. 3
First	1	P.01	P.02	P.03
Pass	2	P.05	P.06	P.07
Second	1	P.02	P.03	P.04
Pass	2	P.06	P.07	P.08
Third	1	P.03	P.04	P.01
Pass	2	P.07	P.08	P.05
Fourth	1	P.04	P.01	P.02
Pass	2	P.08	P.05	P.06

Second trial	Cycle	Fix. 1	Fix. 2	Fix. 3
First	1	P.01	P.02	P.07
Pass	2	P.03	P.04	P.05
Second	1	P.02	P.07	P.08
Pass	2	P.04	P.05	P.06
Third	1	P.07	P.08	P.01
Pass	2	P.05	P.06	P.03
Fourth	1	P.08	P.01	P.02
Pass	2	P.06	P.03	P.04

Third trial	Cycle	Fix. 1	Fix. 2	Fix. 3
First	1	P.08	P.07	P.04
Pass	2	P.06	P.05	P.02
Second	1	P.07	P.04	P.03
Pass	2	P.05	P.02	P.01
Third	1	P.04	P.03	P.08
Pass	2	P.02	P.01	P.06
Fourth	1	P.03	P.08	P.07
Pass	2	P.01	P.06	P.05

Figura 4.1.1 Formato R&R

Correct sequence	Fix	AtmosErr	LoErr	MidErr	HiErr
1	1	-1.45453	-1.47490	-1.48413	-1.49336
2	2	-1.48984	-1.51122	-1.52389	-1.53654
3	3	-1.51433	-1.52352	-1.55723	-1.57052
4	4	0.09817	0.09764	0.07801	-0.02128
5	1	0.05675	0.06056	0.04477	-0.00092
6	2	1.52109	1.50045	1.46997	1.43845
7	3	1.57344	1.54880	1.52190	1.52190
8	4	1.72732	1.71860	1.71320	1.69005
2	1	-1.48575	-1.50645	-1.50465	-1.53392
3	2	-1.54014	-1.55578	-1.56225	-1.56225
4	3	0.06975	0.08332	0.05867	-0.02128
1	4	-1.43366	-1.45164	-1.47188	-1.49012
6	1	1.52069	1.50194	1.47917	1.50194
7	2	1.55844	1.53255	1.51760	1.52190
8	3	1.69329	1.68596	1.69005	1.68596
5	4	0.11242	0.11389	0.07175	0.00092
3	1	-1.54354	-1.55392	-1.55790	-1.57052
4	2	0.07082	0.07157	0.06461	-0.04508
1	3	-1.47433	-1.48549	-1.49743	-1.49743
2	4	-1.45873	-1.47970	-1.48861	-1.53392
7	1	1.56626	1.54530	1.52166	1.50194
8	2	1.68170	1.67559	1.68870	1.68870
5	3	0.08750	0.09128	0.05484	-0.02128

Tabla 4.1.2 Datos R&R

Después de descargar los datos fueron sometidos a Minitab para obtener los resultados del estudio, en las siguientes graficas se muestran los resultados. (Ver figuras 4.1.3 – 4.1.6).

- GR&R CAL 10A
- Atm Error

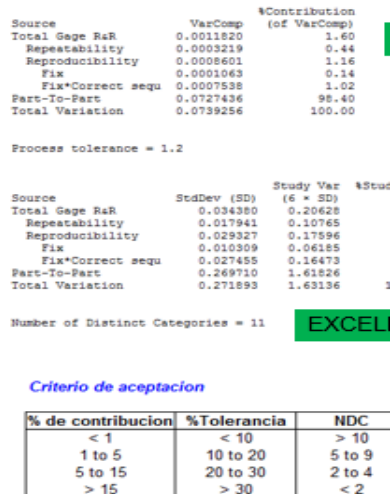


Figura 4.1.3 Datos R&R Minitab atm error

- GR&R CAL 10A
- Low Error

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0012667	1.59
Repeatability	0.0003174	0.40
Reproducibility	0.0009394	1.19
Fix	0.0001614	0.20
Fix*Correct sequ	0.0007750	0.98
Part-To-Part	0.0778746	98.41
Total Variation	0.0791313	100.00

GOOD

Process tolerance = 1.2

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (RST)
Total Gage R&R	0.035451	0.21270	12.1
Repeatability	0.017815	0.10689	6.1
Reproducibility	0.030649	0.18390	10.1
Fix	0.012703	0.07622	4.1
Fix*Correct sequ	0.027893	0.16736	9.1
Part-To-Part	0.279060	1.67436	99.1
Total Variation	0.281303	1.68782	100.1

Number of Distinct Categories = 11

EXCELLEN

Gage R&R for LoErr

Criterio de aceptacion

% de contribucion	%Tolerancia	NDC
< 1	< 10	> 10
1 to 5	10 to 20	5 to 9
5 to 15	20 to 30	2 to 4
> 15	> 30	< 2

Figura 4.1.4 Datos R&R Minitab low error

- GR&R CAL 10A
- Mid Error

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0011082	1.24
Repeatability	0.0002984	0.33
Reproducibility	0.0008098	0.90
Fix	0.0001599	0.18
Fix*Correct sequ	0.0006499	0.73
Part-To-Part	0.0884510	98.76
Total Variation	0.0895592	100.00

GOOD

Process tolerance = 1.2

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (RST)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0.033290	0.19974	11.12	16.64
Repeatability	0.017274	0.10364	5.77	8.64
Reproducibility	0.028457	0.17074	9.51	14.23
Fix	0.012647	0.07588	4.23	6.32
Fix*Correct sequ	0.025493	0.15296	8.52	12.75
Part-To-Part	0.297407	1.78444	99.38	148.70
Total Variation	0.299264	1.79559	100.00	149.63

Number of Distinct Categories = 12

EXCELLEN

Gage R&R for MidErr

Criterio de aceptacion

% de contribucion	%Tolerancia	NDC	Resultado
< 1	< 10	> 10	Excelente
1 to 5	10 to 20	5 to 9	Buen gage
5 to 15	20 to 30	2 to 4	Marginalmente aceptable
> 15	> 30	< 2	Rechazado

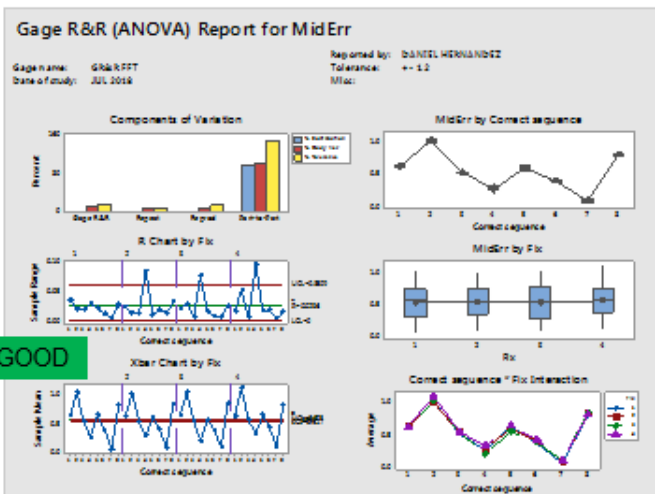
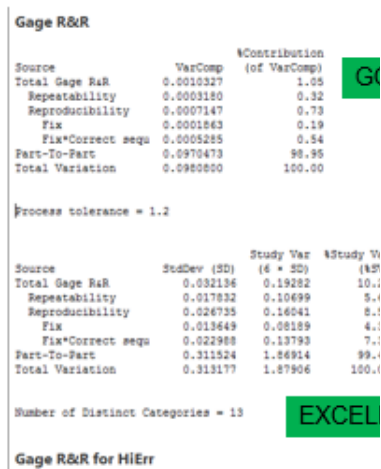


Figura 4.1.5 Datos R&R Minitab mid error

- GR&R CAL 10A
- Hi Error



Criterio de aceptacion

% de contribucion	%Tolerancia	NDC
< 1	< 10	> 10
1 to 5	10 to 20	5 to 9
5 to 15	20 to 30	2 to 4
> 15	> 30	< 2

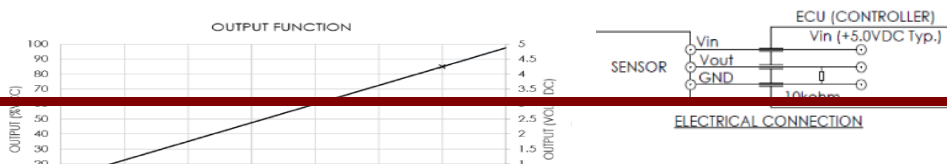
Figura 4.1.6 Datos R&R Minitab hi error

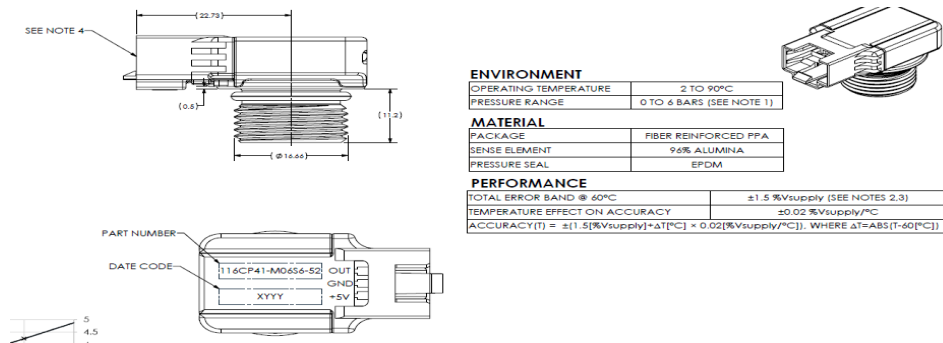
Revisando los resultados de este estudio podemos concluir que la maquina está trabajando correctamente y a continuación consideraremos la estandarización de herramientas que no dependen tanto de la habilidad del operario, considerando para esto el documento de referencia que tenemos por parte del cliente.

En conjunto con los departamentos de manufactura, calidad y con apoyo del departamento de proyectos de la empresa, se realizaron una serie de corridas de prueba con los herramientas estándar en la celda 10A, del departamento de APT, durante el periodo que comprendió los meses de septiembre y octubre del año 2018.

A continuación, veremos Las características en el dibujo del cliente en el cuál apoyarnos para considerar la estandarización en la realización del proyecto, ya que es el documento operativo y de referencia con que contamos en el proceso para dicho modelo. (Ver Figura 4.8)

Boiler pressure transducer (BPT) (116CP)





ENVIRONMENT	
OPERATING TEMPERATURE	-2 TO 90°C
PRESSURE RANGE	0 TO 6 BARS (SEE NOTE 1)
MATERIAL	
PACKAGE	FIBER REINFORCED PPA
SENSE ELEMENT	98% ALUMINA
PRESSURE SEAL	EPDM
PERFORMANCE	
TOTAL ERROR BAND @ 40°C	±1.5 %Vsupply (SEE NOTES 2,3)
TEMPERATURE EFFECT ON ACCURACY	±0.02 %Vsupply/°C
ACCURACY(T) =	±[1.5[%Vsupply]*ΔT[°C] + 0.02[%Vsupply/°C]]. WHERE ΔT=ABS(T-40[°C])

NOTES:

1. BARS DENOTES SEALED GAUGE. PRESSURE REFERENCE IS 14.7 PSIA (ATMOSPHERIC PRESSURE AT SEA LEVEL). 0 TO 6 BARS IS EQUIVALENT TO 14.7 TO 101.7 PSIA
2. FS (PRESSURE) = P_{MAX.} - P_{MIN.} = 6 BAR
FS (VOLTAGE) = V_{OUTMAX.} - V_{OUTMIN.} = 3.75VDC
3. TOTAL ERROR BAND INCLUDES NONLINEARITY, HYSTERESIS AND REPEATABILITY.
4. DESIGNED TO RAST 2.5 REV 05 CONNECTOR SYSTEM.
5. DEVICE MEETS THE REQUIREMENTS OF DIRECTIVE 2011/65/EU FOR RoHS COMPLIANCE.
6. MAXIMUM INSTALL TORQUE OF 2 N-m.

Figura 4.1.7
Dibujo del cliente

Equipo actual en el proceso de calibración de transductor de presión (BPT)(116CP).

Considerando las características físicas establecidas en las especificaciones del cliente y basado en el dibujo que este mismo nos ha proporcionado como empresa, y considerando que nuestro objetivo principal es minimizar en lo posible el modo de falla que nos representa mayor problema en el proceso, analizamos los factores que intervienen y propician de una u otra forma esta condición, por lo que centramos nuestros esfuerzos en el método y equipo que utilizamos actualmente mientras analizamos que relación pudiera tener con nuestro modo de falla que nos ocupa en este trabajo.

4.2 Evaluación de desempeño del equipo

Herramental inferior de Calibración. (actual)

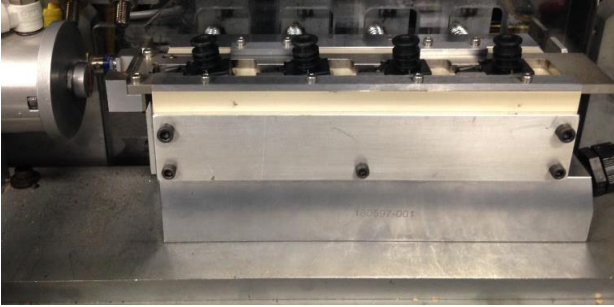


Figura 4.2.1
Herramental inferior.

El herramental utilizado en el proceso de calibración nos provee de un buen soporte para las unidades en proceso de producción, normalmente para cada sensor de presión, se utiliza herramental superior e inferior sujetando y manteniendo en posición estos para lograr un buen sellado, evitando daños tanto al equipo como al producto. (ver figura 4.2.1)

Herramental de calibración superior. (Actual)



Figura 4.2.2
Herramental superior.

Para el sensor BPT se utilizan sellos con una punta de presión interna, que nos permite aplicar la presión requerida para el proceso, mientras nos provee de un sellado mediante un sello interno o ring manteniendo la presión estable durante el proceso, el problema es que la constante fricción de estos, con las paredes internas del puerto del transductor ocasionan un desgaste, siendo esta la causa raíz de los constantes tiempos muertos para reemplazar duchos o ring. (ver figura 4.2.2).

Pre disposición del equipo



Figura 4.11
Pre-disposición del equipo.

En base al previo análisis de características del producto consideraremos la factibilidad para el cambio de sellos internos (O ring), por un herramental superior estándar, para así tener una estandarización del equipo en el proceso de calibración de transductor de presión.

4.3 Análisis de proceso.

Se observó que el producto cuenta con un puerto de superficie plana, con respecto a la colocación en el herramental de soporte para el proceso de calibración, lo que permite en teoría, el cambio de la punta de inserción con sello interno por un sello externo plano, mismo que se utiliza en los diversos transductores de presión que se elaboran en la celda 10A de las áreas de producción de APT (Pressure Transducer Automotive), pudiéndose considerar una posible estandarización de estos para dicho proceso en los modelos (116CP), condición que agilizará el método de cambio de modelo, así como una mayor eficiencia debido al mayor tiempo de vida de estos últimos, que no tendrían la desventaja de ser reemplazados en el inter de la producción, así como una reducción en nuestro modo de falla principal en el proceso de calibración, como sucede con el equipo actual. (Ver figura 4,3.1).

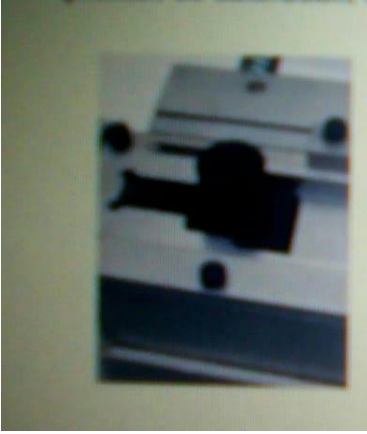


Figura 4.3.1
Análisis del equipo

Una vez que se consideró una posible área de mejora en el proceso, basado en la estandarización de equipo, se procedió a buscar el herramental superior adecuado para tener el mejor desempeño en el sensor cuidando la integridad del sensor evitando daños y garantizando el nivel de calidad en el producto.

Se hizo una Prueba con diferente herramental superior para el proceso de calibración en los diversos números (BPT) que se fabrican en la línea de producción 10A, se usó un herramental superior de uso común en el departamento de APT celda 10A. (Ver imagen 4.3.2).

Al finalizar esta prueba se verifico el sensor para descartar algún daño físico o funcional, arrojándonos resultados aceptables, procediendo a realizar el análisis de tiempos y movimientos para los diferentes sellos (actuales y propuestos) utilizados en las calibradoras de la celda 10A perteneciente a las áreas de producción de APT (Pressure Transducer Automotive).



4.3.2 Herramental estándar
Celda 10A

4.4 Análisis de tiempos y movimientos

En la siguiente tabla se muestran los datos que se tomaron de los cambios de Sellos actuales (O ring) en corridas de BPT, así como el tiempo de cambio de sellos propuestos para este proyecto. (ver tabla 4.4.1).

Muestra	Sellos actuales (Tiempo Seg.)	Sellos propuestos (Tiempo Seg.)
1	121.85	42.09
2	125.23	40.98
3	145.75	40.05
4	155.26	42.70
5	138.08	43.25
6	128.43	41.45
7	120.98	40.56
8	139.56	39.80
9	125.73	40.70
10	122.65	41,65
Promedio	132.42	41.32

Tabla 4.4.1
Tabla de
tiempos

Después de tener esta información se coloca en Minitab y se obtuvieron los Histogramas para ver la tendencia del cual se muestra en la siguiente gráfica. (Ver figura 4.4.1).

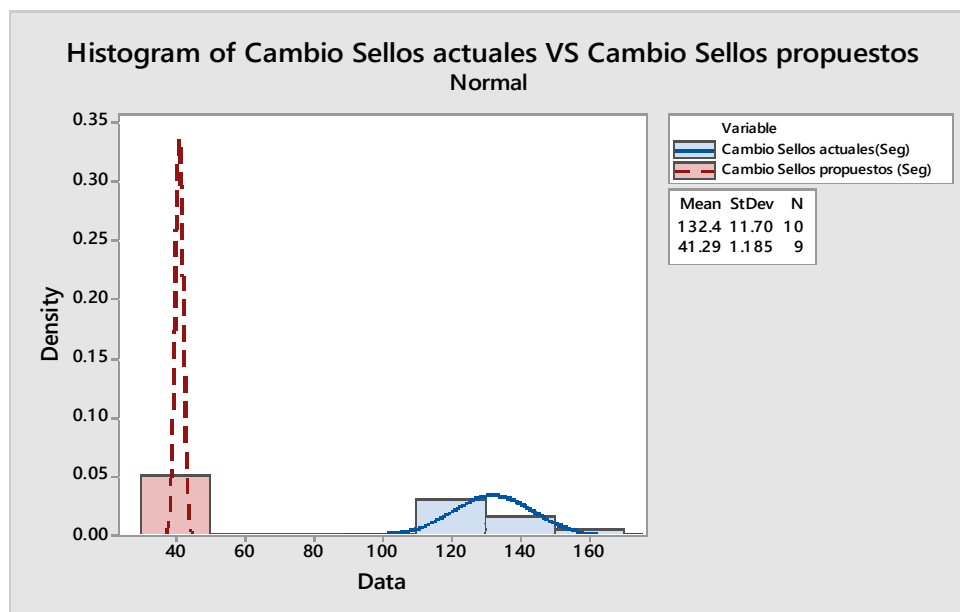


Figura 4.4.1
Grafico de tiempos

Claramente se puede Observar que, con el cambio de O ring actuales toma el triple de tiempo que, con el cambio de sellos Propuestos, además de que hay mucha más

variación de tiempo con el cambio de O ring actuales, esto es porque depende totalmente de la habilidad del operador, mientras que con el cambio de sellos propuestos es mucho más estable y más sencillo de realizar. (ver tiempos en tabla 4.2)

Sellos propuestos (tiempos y movimientos)

Actividad	Tiempo	Total tiempo en cambio de sellos
Remoción de porta sellos	20.02	41.32
Reemplazo de sellos	21.30	

Tabla 4.4.2 Tabla tiempos & movimientos.

4.5 Generación de estadísticas

Para continuar con la generación de estadísticas y tener un punto de partida, es necesario tener un histograma de los diversos modos de falla y así poder observar el comportamiento del proceso antes y durante las corridas de pilotaje con los herramientas propuestos, pudiendo así contrastarlos entre sí.

En este entendido mi tutor externo el Ingeniero Daniel Hernández, ingeniero de proyectos en la empresa Sensata Technologies ha tenido a bien proporcionarme datos de los últimos meses, bajados de la base de datos de los equipos de calibración utilizados en la celda 10A, área en la cual se producen los números de parte 116CP2(Ver figura 4.5.1).

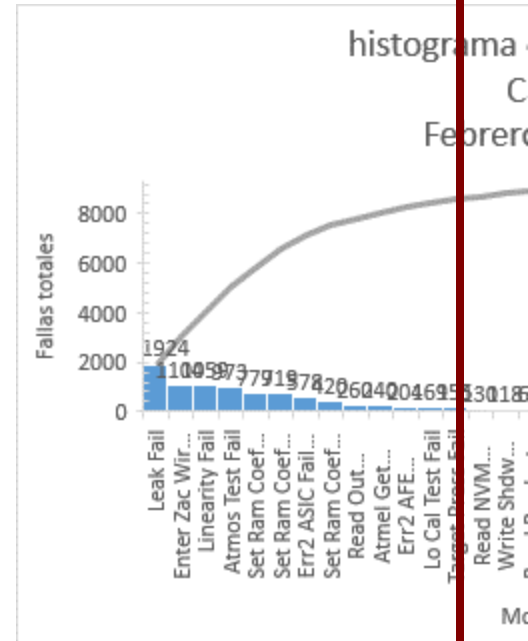


Figura 4.5.1 Histograma modos de falla Enero/Mayo.

Una vez que cuento con la información necesaria procedí a filtrar dicha información por mes y posterior mente a grafiqué los resultados para tener una mejor apreciación del status del proceso actual, en cuanto a modos de falla recurrentes en el mismo. Para observar dicha información se agregaron las tablas y los gráficos al reporte, los cuales veremos a continuación por mes.

Histórico de fallas del mes de febrero de 2018

Device_ID	116CP22-M04S1-1
LotID	(Todas)

Etiquetas de fila	Count Status	of
Bias Fail	10	
Dyn Gain	3	
Dyn Linear	38	
Dyn Marginal	4	
Gain Fail	2	
Leak Fail	148	
Marginal	18	
Out of Spec	35	
Pressure	8	
Total general	266	

Tabla 4.5.1 Histórico del mes de febrero.

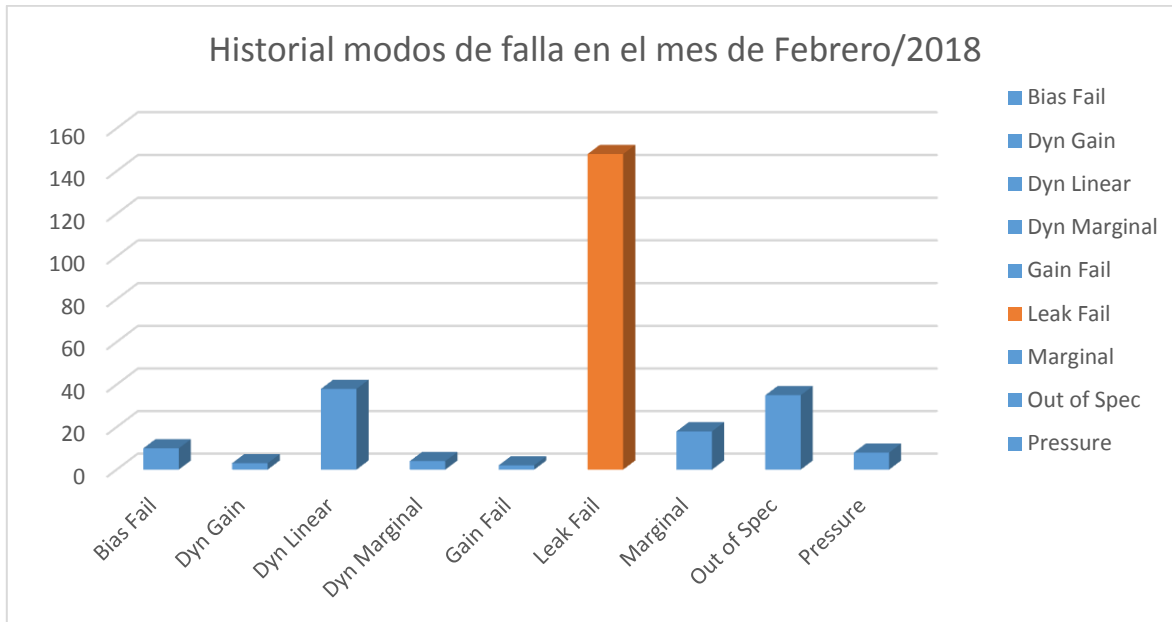


Figura 4.5.2 Grafico del mes de febrero.

Histórico de fallas del mes de Marzo de 2018

Device_ID	116CP22-M04S1-1
LotID	(Todas)

Etiquetas de fila	Count of Status
Bias Fail	26
Dyn Bias	3
Dyn Gain	7
Dyn Linear	112
Dyn Marginal	20
ESD Fail	2
Gain Fail	29
Leak Fail	615
Lin Fail	2
Lock Fail	65
Marginal	56
No Cal	11
Out of Spec	80
Pre Blow	67
Pressure	22
Total general	1117

Tabla 4.5.2 Histórico del mes de marzo

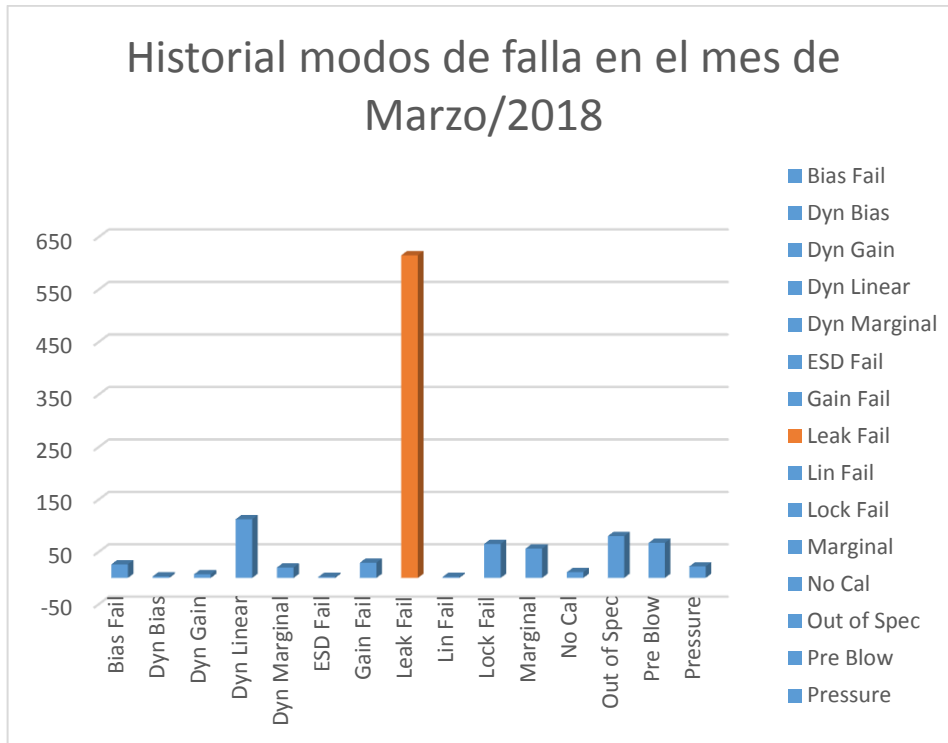


Figura 4.5.3 Grafico del mes de marzo

Histórico de fallas del mes de abril de 2018

Device_ID (Todas)
LotID (Todas)

Etiquetas de fila	Count of Status
Bias Fail	35
Dyn Gain	5
Dyn Linear	96
Dyn Marginal	15
EEPROM Fail	1
Gain Fail	20
Leak Fail	175
Lock Fail	2
Mach Fail	7
Marginal	43
No Cal	3
Out of Spec	37
Pre Blow	15
Pressure	68
Seal Force	8
Short Lo	4

Tabla 4.5.3 Histórico del mes de abril.

Total general 534

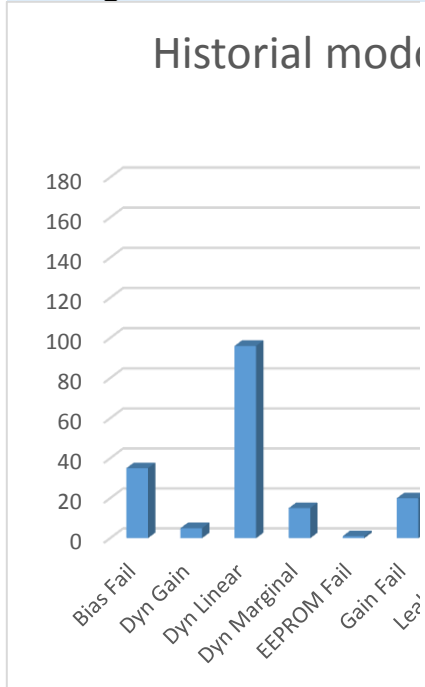


Figura 4.5.4 Grafico del mes de abril

Histórico de fallas del mes de mayo de 2018

Etiquetas de fila	Suma de AtmosPress
Bias Fail	401.159
Dyn Bias	35.581
Dyn Gain	70.771
Dyn Linear	1641.933
Dyn Marginal	271.596
Gain Fail	401.648
Leak Fail	1812.947
Lin Fail	35.515
Mach Fail	11.81
Marginal	671.607
Out of Spec	590.544
Pre Blow	508.042
Pressure	908.116
Total general	7361.269

Tabla 4.5.4 Histórico del mes de mayo.

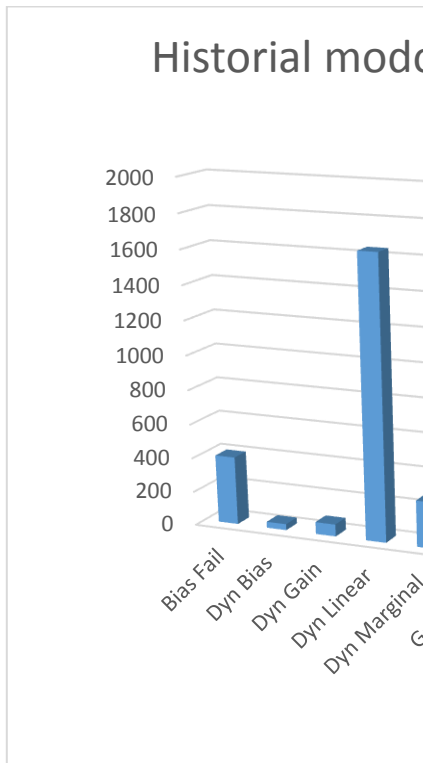


Figura 4.5.5 Grafico del mes de mayo

Una vez que extraje los datos históricos y fueron filtrados por mes, tenemos un punto de partida de cómo se encuentra el proceso, y podemos observar que el principal modo de falla que nos pega en el proceso tiene relación directa con el sellado de las unidades en el proceso de calibración.

Uno de los objetivos específicos, es precisamente elevar la productividad de la celda y pues si logramos minimizar el principal modo de falla en el proceso, sin duda que tendremos un gran avance en materia de productividad, en lo sucesivo, continuaremos con las corridas de prueba con los instrumentales que fueron seleccionados para tal propósito y continuar generando las estadísticas que estaremos viendo y comparando en el apartado de validación de resultados, y que es lo siguiente en nuestro cronograma de actividades.

Cronograma de actividades

Actividades	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Validación de características de dibujo	■					
Estudio de tiempos y movimientos		■				
Evaluación de desempeño			■	■		
Generación de estadísticas			■	■		
Validación de resultados					■	
Propuesta de mejora						■
Reporte técnico	■	■	■	■	■	■

Tabla 4.3 Cronograma de actividades.

Capítulo 5

Resultados

Validación de resultados del periodo de prueba

Durante el periodo de pruebas con los herramientas propuestos para el proceso, se fue recolectando información el comportamiento así mismo en cuanto a los modos de falla y así poder contrastarlos con los datos históricos presentados previamente.

Las estadísticas generadas durante el periodo de pruebas con los herramientas propuestos se muestran en la tabla 5.1.

DeviceID	116CP22-M04S1-1
Row Labels	Count of TestStatus
AFETrimming Fail	8
ASICFailLogReg Fail	47
AtmosOut Fail	23
EnterZacWire Fail	91
ESDCurrHigh Fail	16
HighPressOut Fail	1
LeakRate Fail	33
Linear Fail	15
LowPressOut Fail	2
MidPressOut Fail	1
ReadNVM Fail	2
ReadOutputMemory Fail	1
SetGainCoef Fail	4
SetOffCoef Fail	51
SetRamCoefNonlinFail	17
StartMeas Fail	2
WriteShadow Fail	2
Grand Total	316

Tabla 5.1 Histórico mes de septiembre

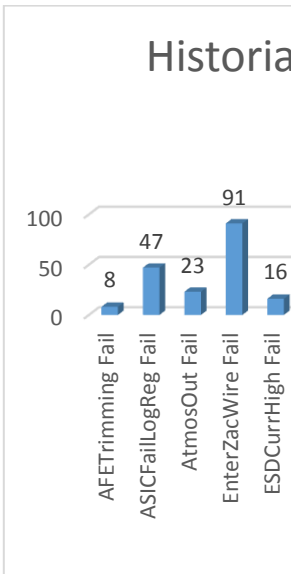


Figura 5.1 Grafico del mes de septiembre

DeviceID		116CP21-M04S1-1
Row Labels	Count of TestStatus	
AFETrimming Fail	24	
AsicCseMeasuring Fail	3	
ASICFailLogReg Fail	307	
AtmelBypass Fail	1	
AtmelGetCurrent Fail	1	
AtmelPowerUp Fail	1	
AtmosOut Fail	87	
ClrNVMFailLog Fail	2	
CpyShadowNVM Fail	4	
DSPPowerUp Fail	1	
EnterZacWire Fail	332	
GetWrAuth Fail	1	
HighPressOut Fail	10	
LeakRate Fail	30	
Linear Fail	59	
LowPressOut Fail	29	
MidPressOut Fail	1	
ReadAsicResp Fail	4	
ReadNVM Fail	10	
ReadOutputMemory Fail	20	
ReadProdVer Fail	4	
RunCdCAj Fail	1	
SetGainCoef Fail	184	
SetOffCoef Fail	117	
SetRamCoefNonlinFail	123	
StartMeas Fail	5	
TargetPressure Fail	25	
WriteNVM Fail	1	
WriteShadow Fail	16	
Grand Total	1403	

Tabla 5.2 Histórico mes de octubre

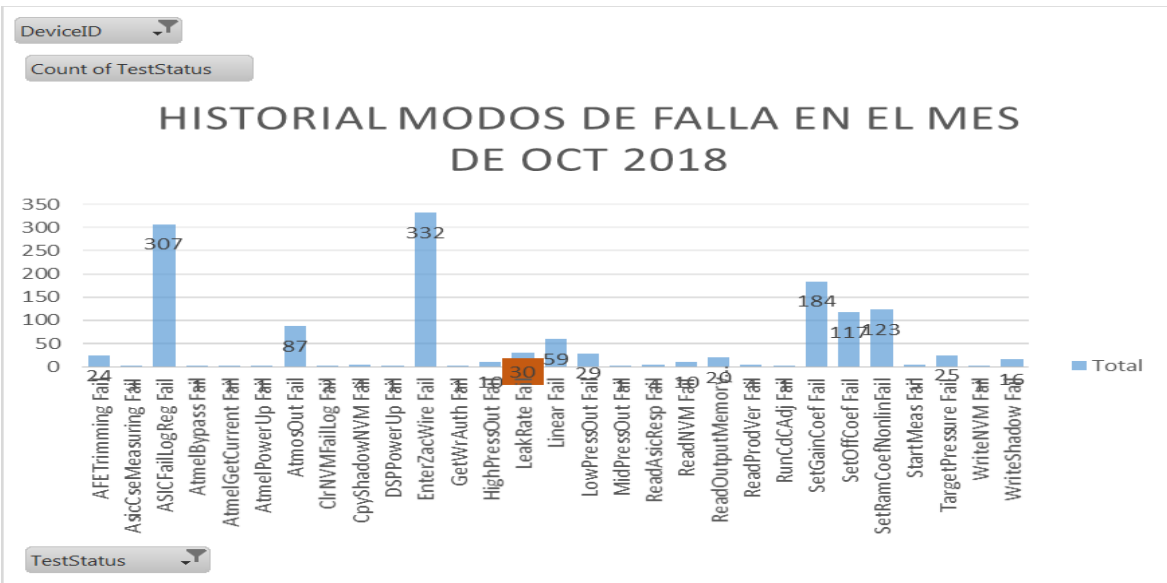


Figura 5.2 Grafico del mes de octubre

Por último, y después de tener los resultados del periodo de prueba, se procedió a evaluar la capacidad del proceso actual y la capacidad mostrada durante el periodo de pruebas con las corridas piloto obteniendo el siguiente el CP y CPK.

Capacidad del proceso actual

Part Number	116CP22-M04S1-1
CAL LIMITS T1	-1.2 / +1.2
CPK ATM T1	0.94
CPK LOW T1	0.93
CPK MID T1	1.22
CPK HI T1	1.28

Figura 5.3 CPK actual

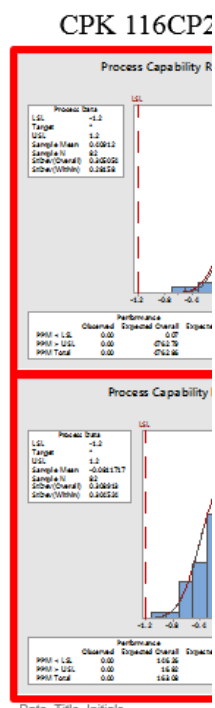


Figura 6.1 Grafico CPK actual

Capacidad del proceso en el periodo de prueba

Part Number	116CP22-M04S1-1
CAL LIMITS T1	-1.2 / +1.2
CPK ATM T1	1.88
CPK LOW T1	2.25
CPK MID T1	3.28
CPK HI T1	3.69

Figura 6.1 CPK
Periodo de prueba

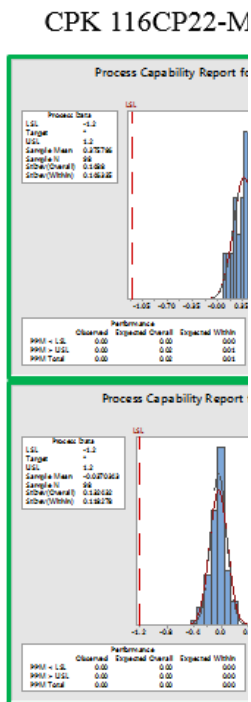


Figura 6.1 Grafico CPK
Periodo de prueba

Capítulo 6

Conclusiones

Una vez obtenidos los resultados de las actividades realizadas antes, durante y posterior al periodo de pruebas, pudimos observar que, el tiempo de cambio de herramientas se redujo en un 68.8 %, también pudimos ver que el modo de falla que nos representaba un mayor porcentaje y tiene una relación directa con los sellos por tratarse de una fuga de presiones en el proceso, ha mostrado un decremento significativo, además de que conseguimos mantener un mejor control del proceso en dicho modo de falla, consiguiendo ir de un CPK de 0.94 hasta un 1.88, superando el 1.33 sugerido para un proceso existente y también al 1.50 sugerido para un proceso nuevo.

Otro de los objetivos planteados fue medir el impacto que se tendría en costos de producción al implementar la propuesta, y pues en este sentido y basado en los datos que nos fueron facilitados podemos decir que se dejarían de utilizar 3,200 orín anualmente con un costo unitario promedio de 0.03 dólares y considerando el tipo de cambio actual, estaríamos hablando de \$ 1,919.04 pesos mexicanos, y serian restados al costo de producción anual de dicho producto.(Ver cotización en apartado de anexos).

Por todo lo anterior, se puede concluir, que la teoría y /o hipótesis manejada en el pre-proyecto fueron acertadas y en efecto no solo se alcanzó el objetivo, sino que ahora pudimos observar un proceso más estable, no teniendo tanta variación en las presiones durante el proceso, lo que nos es favorable para el control de los diferentes modos de falla, por lo que considero que se cuenta con los argumentos suficientes para realizar una propuesta de mejora para el proceso de calibración de transductores de presión en la celda 10A.

6.1 Propuesta de mejora.

Dicho lo anterior, la propuesta para de mejora es la siguiente:

Utilizar porta sellos con número 170901, de uso común en la celda 10A, del departamento de APT, reemplazando a los herramientas actuales, para evitar cambios innecesarios en los herramientas superiores para el cambio de modelos, logrando así una estandarización en el proceso.

Utilizar sellos 151202-68, reemplazando a los actuales, minimizando así los constantes tiempos muertos por concepto de cambios de O-ring debido a su desgaste por uso, considerando una vida mayor de los sellos propuestos, mismos que además nos corrigen el modo de falla que nos representa un mayor impacto en el proceso de calibración, en las celdas 10.



Figura 6.1 Porta
sello 170901



Figura 6.2 Sello
151202-68

En este sentido el herramnetal inferior se queda tal como esta, debido a que la geometria del modelo no nos permitio estandarizar estos.

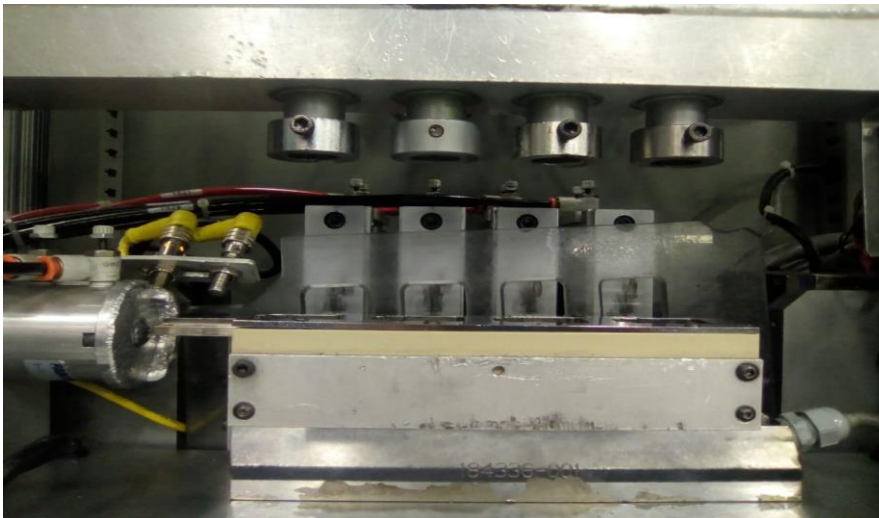


Figura 6.1.1 Equipo propuesto
para calibración de BPT

Competencias desarrolladas

- ✓ Apliqué métodos, técnicas y herramientas para la solución de problemas en la gestión empresarial con una visión estratégica, en la búsqueda de la optimización de los procesos y recursos de la empresa.
- ✓ Apliqué métodos cuantitativos y cualitativos en el análisis e interpretación de datos en el análisis de datos históricos del proceso y generación de estos para comprobar efectividad de la mejora.
- ✓ Gestione eficientemente los recursos de la organización, con el fin de optimizar los recursos y procesos de la organización en la búsqueda de la mejora continua.

BIBLIOGRAFÍA

[1] NTC-ISO-17025 Requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayos y calibración.

[2] Norma NTC-2194 Vocabulario de términos básicos y generales en metrología.

[3] Engineered Software, Inc. (www.engineeredsoftware.com/pepers/msa_rr.pdf). Copyright 1999.

[4] Tecnológico de Monterrey. (http://academia.gda.itesm.mx/~mdeluna/control/ryr_metodo.pdf).

[5] De Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). *An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving*. International Journal of Production Economics.

[6] Escalante E. (2008). *Seis-Sigma Metodologia y Tecnicas*. Mexico, D.F.: Editorial Limusa.

[7] <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-se-desarrolla/>

ANEXOS



DICHTOMATIK DE MÉXICO S.A. DE C.V.
AV. DE LAS MISIONES #1 INT. 5
PARQUE INDUSTRIAL BERNARDO QUINTANA C.P. 76246
EL MARQUÉS, QUERÉTARO, MÉXICO
TEL.: 4422216303 EMAIL: ventas@dichtomatik.mx
R.F.C. ISM891030RL1 http://www.dichtomatik.mx

COTIZACIÓN

SENSATA TECHNOLOGIES DE MEXICO S DE RL DE CV
AV. AGUASCALIENTES SUR No. 401 Int. 0
EX-EJIDO OJOCALIENTE
AGUASCALIENTES - AGUASCALIENTES - MEXICO
20190

Fecha: 26/03/2018
Folio Cotización: 74728 N
Fecha Vencimiento: 10/04/2018
Días Vencimiento: 015
Cliente: 0231

Part	Cant	Producto	Descripción	Fch.LAB.	% Desc	Long	Unidad	TE	PrecioUnitario	MontoPartida
1	12	MN70-2-6	O-RING MILIMETRICO NBR70 DE 6X10X2 MM		0	0	PZ	0	0.5460	6.5520
2	12	MN70-1-2	O-RING MILIMETRICO NBR70 DE 2X4X1 MM		0	0	PZ	0	0.4620	5.5440
3	12	N70R-006	O-RING NBR70 AS568A-006 DE 0.125X0.250XD .070 PULG		0	0	PZ	0	0.2166	2.5992
4	12	N70R-007	O-RING NBR70 AS568A-007 DE 0.156X0.281XD .070 PULG		0	0	PZ	0	1.0545	12.6540

Importe con letra: TREINTA Y UN PESOS 72/100 M.N.

Sub-total: 27.35

Observaciones: CJ

Descuento: 0.00

IVA 16%: 4.38

TOTAL: 31.72

Si tienes algún... RECLAMO • SUGERENCIA • FELICITACIÓN
SOMOS TODO OÍDOS, QUEREMOS ESCUCHARTE
tel. 01 800 000 20 20 | atencionclientes@dichtomatik.mx | www.dichtomatik.mx
Horario de atención: 9:00 a 18:00 hrs.

Esta Cotización tiene vigencia hasta 10/04/2018

Los tiempos de entrega pueden variar sin previo aviso

Cualquier inconformidad respecto a esta cotización, favor de reportarla a ventas@dichtomatik.mx, o bien llamar al 01 800 000 2020

Pág: 1 de 1



Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V.
Av. Aguascalientes Sur # 401
Ex Ejido de Cjccaliente
Aguascalientes, Ags.
20190, México
(449) 910-55-00
www.sensata.com

Aguascalientes, Ags. A 16 de Julio 2018

Asunto: Carta de aceptación de residencias profesionales

A la atención de:

A quien corresponda

PRESENTE,

Por éste conducto hago constar que el (la) Estudiante:

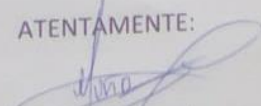
Nombre: **Alvaro Carrizales Oliva**
Número de matrícula: **14900218**
Especialidad: **Ing. Gestión empresarial**
Semestre: **9no semestre**

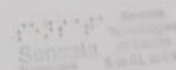
Fue **aceptado(a)** en esta empresa para realizar sus residencias profesionales en:

Departamento: **Proyectos**
Con la asesoría de: **Ing. Daniel Hernandez Camacho**
Fecha de Inicio: **16 de Julio de 2018**
Fecha de término: **16 de Diciembre de 2018**
Con un horario: **de las 9:30 a las 14:30 hrs.**
Frecuencia: **lunes a viernes.**
Horas realizadas: **500 horas**

Siendo su representante legal el Ing. Rafael Gonzalez Romo
Se extiende la presente para los fines que al interesado(a) convengan.

ATENTAMENTE:


Lic. Lilitana Muñoz Chavez
Reclutamiento y selección



16 JUL 2018

RECLUTAMIENTO



Sensata Technologies de México, S. de R.L. de C.V.
Av. Aguascalientes Sur # 401
Ea Ejido de Copaliente
Aguascalientes, Ags.
20190, México
(449) 910-55-00
www.sensata.com

Aguascalientes, Ags. A 3 de Diciembre 2018

Asunto: Carta de termino de residencias profesionales

A la atención de:

A quien corresponda

PRESENTE,

Por éste conducto hago constar que el (la) Estudiante:

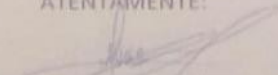
Nombre: Alvaro Carrizales Oliva
Número de matrícula: 14900218
Especialidad: Ing. Gestión empresarial
Semestre: 9no semestre

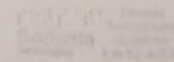
Permaneció en esta empresa para realizar sus residencias profesionales en:

Departamento: Proyectos
Con la asesoría de: Ing. Daniel Hernandez Camacho
Fecha de inicio: 16 de Julio de 2018
Fecha de término: 16 de Diciembre de 2018
Con un horario: de las 9:30 a las 14:30 hrs.
Frecuencia: lunes a viernes.
Horas realizadas: 500 horas

Siendo su representante legal el Ing. Rafael Gonzalez Romo
Se extiende la presente para los fines que al interesado(a) convengan.

ATENTAMENTE:


Lic. Liliana Muñoz Chavez
Reclutamiento y selección


Sensata Technologies
Aguascalientes, A.G.S.

03 DIC 2018

RECLUTAMIENTO

Vo. Bo.

Nombre y Firma del Representante de la empresa
Cargo



Dictamen (Para ser llenado por el ITPA)

Observaciones	Autorización	Vo. Bo. Presidente de Academia	Asesor Interno
	Sí ____ No ____	Nombre y firma	