

## Estudio R&R para inspección de poleas de parte defectuosas

ACOSTA-GONZÁLEZ, Yanid\*†, MUÑOZ-DÍAZ, Ismael, DELGADO-GÓMEZ, Gilberto y GARCÍA-RUIZ, Cecilia Edith

Recibido Enero 4, 2016; Aceptado Marzo 16, 2016

### Resumen

Este proyecto nace de la necesidad de garantizar el sistema de medición para el proceso de maquinados de poleas y fue realizado en la empresa SACIA que se dedica a proporcionar servicios de aseguramiento de calidad en empresas de la industria automotriz, se llevó a cabo en el cuatrimestre Septiembre-Diciembre del 2015. El proyecto consta de un estudio de R&R con el personal que está involucrado en el proceso de inspección. En este proyecto se aplicó el sistema de medición de repetitividad y reproducibilidad (R&R), para detectar las posibles causas de fugas de piezas en la inspección del maquinado secundario, además se evaluó la capacidad del operador, para determinar si el método es el adecuado para el trabajo; el estudio por atributos considera operadores y líderes de línea, muestreo y patrón de clasificación (aceptable "P" y no aceptable "NP"), para determinar si el sistema de medición está controlado; de ser así se documenta; de lo contrario se dará la pauta para corregirlo.

**Sistema de medición, Repetibilidad y Reproducibilidad, variables de proceso**

### Abstract

This project stems from the need to ensure that the measuring system for the process of machining of pulleys and was made in the company SACIA dedicated to supply services of quality assurance for companies of automotive industry; it was held in the four months from September to December 2015. The project consists of a study of R & R with the personnel involved in the inspection process. In this project the measurement system repeatability and reproducibility (R & R) was applied to detect the possible causes of leaks parts inspection of secondary machining, plus the operator's ability was evaluated to determine if the method is right for the job; The study attributes considered by operators and line leaders, sampling and pattern classification (acceptable "P" not acceptable "NP"), to determine whether the measurement process is controlled; If so documented; otherwise it will set the tone for correcting the measurement system.

**Measurement system, repeatability and reproducibility, process variables**

**Citación:** ACOSTA-GONZÁLEZ, Yanid, MUÑOZ-DÍAZ, Ismael, DELGADO-GÓMEZ, Gilberto y GARCÍA-RUIZ, Cecilia Edith. Estudio R&R para inspección de poleas de parte defectuosas. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-3: 26-32

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: yanida@utags.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La empresa donde se realizó el proyecto, es líder en los servicios y aseguramiento de calidad en empresas de la industria automotriz (SACIA), actualmente cuenta con más de 14 sucursales alrededor de la República Mexicana; está enfocada en apoyar a los clientes mediante soluciones flexibles para sus problemas de calidad.

## Objetivo

Los Servicios que ofrece SACIA son: 1) Inspección y selección de partes defectuosas; 2) Re-trabajo de partes defectuosas; 3) Control Shipping I; 4) Control Shipping II; 5) Assessment; 6) Campañas de aseguramiento de calidad; 7) Residentes de Calidad; 8) Servicios de Representación; 9) Outsourcing de área de Inspección Recibo; 10) Outsourcing de área de Inspección Final.

## Proceso de inspección

Para la realización de las inspecciones y selección de partes, se utiliza la normativa que aplica la empresa-cliente, en la cual define el método de inspección, selección y/o re-trabajos con actividades secuenciadas, a través de una hoja de inspección estándar, liberación del servicio, y de la capacitación del personal, quienes deben estar habilitados para detectar defectivos como: exceso y/o falta de material, golpe, oxidación, desprendimiento de material, fisura y excentricidad. SACIA, cuenta con más de 30 servicios de inspección para la empresa-cliente donde se realiza este estudio. Para fines de este estudio se considera dos tipos de evaluación de medición, por atributo y por variables, y cuando sus tolerancias y especificaciones no cumplen con los requerimientos del cliente, SACIA recibe la tarea de inspeccionar el material y separar el defectuoso; debe evaluar con precisión lo que desea el cliente y desarrollar un método operativo de la calidad.

## Lay-out donde inspecciona SACIA

El área donde se realizó el proyecto es en el área de A3 y ensamble; además de identificar cada una de las áreas de inspección de SACIA. En el lay-out se identifica los servicios antes mencionados que están distribuidos en las líneas de engranes, pilot, válvula, almacenes, patios, área de inspección, poleas A3 y A5 (Ver figura 1).

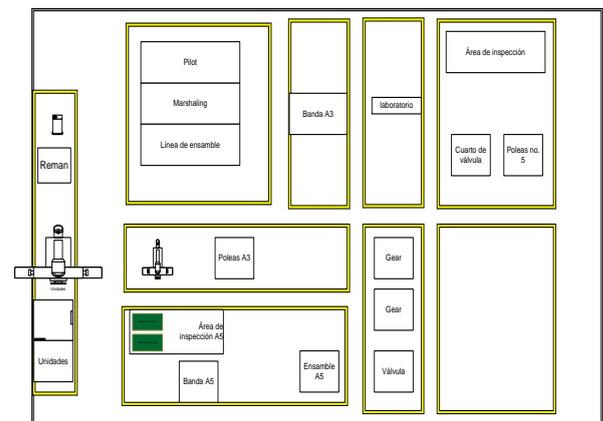


Figura 1 Lay out del área de estudio

## Objetivo

Analizar el sistema de medición utilizando la herramienta gage R y R en la línea G3 y ensamble, para reducir los reclamos que hay con el cliente.

## Delimitación del problema

En el mes de mayo del año 2015, SACIA recibió reclamos, que afecta en el 70% de los paros de línea generados y en la inspección de la línea de A3.

## Justificación

Cómo resultado de este estudio, se pretende evitar los paros de línea del 70% ya mencionado, lo cual mantendrá satisfecho al cliente, evitando conflictos, pérdidas económicas, imagen y la posibilidad de perder el contrato de prestación del servicio.

### Resultados esperados del proyecto

Garantizarle al cliente la prestación del servicio, para lo cual se generarán estándares de medición que han sido desarrollados para cumplir la calidad de las inspecciones, a través del análisis detallado y de posibles mejoras. En el caso del estudio se concentra en evaluar todas las personas involucradas en la inspección de partes defectuosas para encontrar un índice de comportamiento de las inspecciones que apoyen en la toma de decisiones.

### Investigación y metodología a utilizar

Este proyecto se desarrolló con la metodología del Seis Sigma, solo las fases de definir y medir.

En la fase de Definir, se determinó las Y's desde quienes son los clientes externos e internos es decir las entradas, el proceso y la salida. En la fase de medición fue tomar en cuenta la opinión del cliente, para poder determinar la medición con una decisión de pasa-no pasa por medio de un gage R y R, que por sus características de la pieza hacen necesaria un análisis de defectivos por atributos. El procedimiento para el Sistema de Medición (MSE) fue el siguiente (Acosta González, Muñoz Díaz, Estrada Navarrete, & Udave Díaz, 2014):

Tomar 15 piezas (poleas) de forma aleatoria (buenas o defectuosas) de la operación de maquinado, crudo y acabado en la línea de A3.

1. Retirar las piezas del proceso para hacer analizadas.
2. Numerar las piezas con modo de falla y las piezas sin defectivo.
3. Se eligen a trabajadores que intervienen en la inspección de la pieza.

4. Entregar las piezas de forma aleatoria al operador para que realice la inspección.
5. Anotar los resultados obtenidos por operador, con una "p" las piezas buenas (pasa) y con una "NP" las piezas defectuosas (no pasa).
6. Se realiza 10 veces cada medición tres pruebas por cada operador.
7. Analizar los resultados que se tuvo por cada operador considerando que si el operador muestra la pieza como buena o defectuosa.

Si los resultados obtenidos tienen un porcentaje de Efectividad mayor o igual al 90% el sistema es aceptable, si está entre 90% y 80% el resultado es aceptado con reservas y si es menor al 80% el sistema es rechazado (Acosta González, Muñoz Díaz, Estrada Navarrete, & Udave Díaz, 2014).

De acuerdo a Gutierrez Pulido y Román de la Vara (2009) el sistema R&R "*es un estudio que sirve para evaluar si un sistema de medición es el más adecuado para el fin que se usa*" para este proyecto se identifica la variable que afecta al servicio de inspección al cliente, cuando se tiene un problema en una línea de producción los estudios de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) tratan de analizar la variación entre el método de medición y las distintas personas que pueden realizar estas mediciones, la metodología R&R permite identificar el comportamiento, causas y factores críticos relacionadas con los instrumentos de medición y con los operadores. De esta manera se puede identificar en que parte del proceso es donde se tiene que trabajar para reducir la variabilidad.

En SACIA, donde el proceso de medición está basado en evaluaciones subjetivas o atributos, ya que son realizadas por inspectores que clasifican las piezas de aceptar o rechazar con base a los sentidos (vista, oído, olfato, gusto tacto), los defectos más comunes son: fisura, desprendimiento de material, oxidación, exceso de material, falta de material y rebaba, son defectos que se pueden detectar a simple vista sin necesidad de usar un instrumento de medición (Acosta González, Muñoz Díaz, Estrada Navarrete, & Udave Díaz, 2014), el estudio R&R por atributos, es un método que se ajusta a los servicios que ofrece SACIA ya que de esta manera podemos identificar qué es lo que ocasiona el problema. En particular las fuentes principales que contribuye al error del proceso de medición son el equipo de medición (calibración, estabilidad, linealidad y repetitividad) los operadores (reproducibilidad) y la variación dentro de la muestra, ósea que el estudio R&R determina el posible error y de esta manera se puede detectar que es lo que ocasiona la variación.

**Desarrollo del proyecto**

**Documentación**

Para identificar la causa raíz del problema, primero se analiza el proceso de inspección de partes defectuosas de una manera general, donde el cliente aporta recursos al proceso, y se llevan a cabo las actividades para la transformación del producto. Dentro del área de inspección se identificaron 12 variables, que se debe cubrir en el sistema de inspección (Ver figura 2)



**Figura 2** Diagrama SIPOC de la empresa SACIA

El segundo punto para el análisis, es definir cuáles son las características críticas para la calidad de la inspección y cuyos estándares deben satisfacer al cliente, para esto se realizó un mapeo de proceso para identificar aquellas actividades relacionadas con la inspección de partes defectuosas.

Para identificar las causas de las fugas de material defectuosos (X's), que afecta la variable "Y", fue necesario realizar la matriz de causa efecto donde se tuvo como resultado las X's más importantes, de acuerdo a la evaluación realizada por los departamentos de compras, recursos humanos, operaciones, calidad, información y cobranza en el proceso, que dan con mayor puntaje las variables de: inspección, capacitación e identificación del material (Ver Tabla 1).

		Nivel de importancia para el cliente					
		10	9	8	7	6	
		1 Buena inspección	2 Buena capacitación	3 Buena supervisión	4 Buen Personal	5 Buen método	
ETAPAS DEL PROCESO	ENTRADA DEL PROCESO						Total
1	Compras	Herramienta y material de trabajo	9	0	0	0	90
2	Recursos Humanos	Personal contratado	0	0	0	9	63
3		Orden de servicio	0	0	0	0	6
4		Preparar área de trabajo para inspeccionar	3	0	3	3	75
5		Definir el método	3	3	3	0	135
6		Determinar al inspector	1	1	1	1	34
7	Inspección	Capacitación	9	3	1	9	368
8		Inspeccionar de acuerdo a la HIE	9	9	9	9	360
9		Identificar el material	9	9	0	9	252
8		Supervisión	0	9	9	0	153
9	Calidad	Auditar	9	0	9	0	162
10		Inspección terminada	Inspección terminada efectiva	9	0	9	0
11	Información	Información enviada en tiempo y forma	1	0	1	0	18
12		Cobranza	Cobrar	1	0	0	0
		TOTAL	63	34	45	40	31

**Tabla 1** Matriz de causa efecto

**Pruebas de campo**

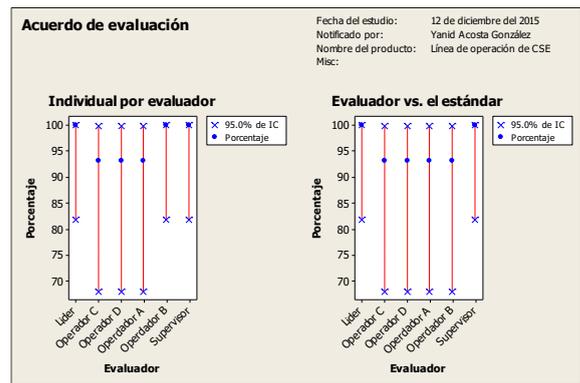
Para realizar un MSA R y R la línea de operación de inspección, primeramente se designaron los equipos de operadores que en este caso son cuatro, mas el líder y el supervisor; posteriormente se preparó el formato a utilizar y poner los atributos de la línea de inspección, los que más se utilizan son los Gage R&R ATRIBUTOS Y BIAS (Ver Tabla 2).

Este método lo que hace, es que el inspector esté capacitado para detectar una pieza NG antes de pasar a un siguiente proceso y que sea capaz de reaccionar rápidamente. En este estudio se analizaran inspecciones visuales como fisura, oxido, mancha en diente, etc. que son defectos que se pueden detectar con simple vista “Pasa y no pasa”, que no es necesaria la utilización de instrumentos de medición (Ver tabla 2 estudio R&R).  
Para realizar un Sistema de medición gage R&R, fue del producto de poleas (redondo con la variable pin).

**Resultados**

En base al estudio realizado de la medición de atributos, para observar la capacidad de los operadores y poder detectar los defectivos que se tienen en la pieza, se les mostró los modos de falla, y que sean capaces de observar lo mismo.

Se obtuvo como resultado que el porcentaje de coincidencia entre el evaluador y el estándar es de 93.33% por lo que es aceptable ya que está por arriba del 90% y el sistema de medición es confiable. Solamente uno no coincide con respecto al sistema (Ver Gráfico 1 y Tabla 2).



**Gráfico 1** Estudio de R y R

Todos los evaluadores vs. el estándar			
Acuerdo de evaluación			
No. de inspeccionados	No. de coincidencias	Porcentaje	IC de 95%
15	14	93.33 (68.05, 99.83)	
No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden con el estándar conocido.			

**Tabla 2** Resultados de los Evaluadores con el estándar

En lo que se refiere a evaluar de manera individual, solamente tres coinciden con ellos mismos, presentando el 100%; pero con el estándar solamente dos concuerdan con el estándar.

Análisis de concordancia de atributos para Lectura		
Individual por evaluador		
Acuerdo de evaluación		
Evaluador	No. de inspeccionados	No. de coincidencias
Porcentaje		
Lider	15	15
100.00		
Operador C	15	14
93.33		
Operador D	15	14
93.33		
Operador A	15	14
93.33		
Operador B	15	15
100.00		
Supervisor	15	15

100.00				
Evaluador	IC de 95%			
Lider	(81.90, 100.00)			
Operador C	(68.05, 99.83)			
Operador D	(68.05, 99.83)			
Operador A	(68.05, 99.83)			
Operador B	(81.90, 100.00)			
Supervisor	(81.90, 100.00)			
No. de coincidencias: El evaluador coincide consigo a través de las pruebas.				
<b>Cada evaluador vs. el estándar</b>				
Acuerdo de evaluación				
Evaluador	No. de inspeccionados			
	No. de coincidencias	Porcentaje		
Lider	15	15	100.00	
Operador C	15	14	93.33	
Operador D	15	14	93.33	
Operador A	15	14	93.33	
Operador B	15	14	93.33	
Supervisor	15	15	100.00	
Evaluador IC de 95%				
Lider	(81.90, 100.00)			
Operador C	(68.05, 99.83)			
Operador D	(68.05, 99.83)			
Operador A	(68.05, 99.83)			
Operador B	(68.05, 99.83)			
Supervisor	(81.90, 100.00)			
No. de coincidencias: La estimación del evaluador a través las pruebas coincide con el estándar conocido.				
Discrepancia en la evaluación				
Evaluador	# P / NP	Porcentaje	# NP / P	Porcentaje
	No. de combinados			
Lider	0	0.00	0	0.00
0				
Operador C	0	0.00	0	0.00

1				
Operador D	0	0.00	0	0.00
1				
Operador A	0	0.00	0	0.00
1				
Operador B	1	7.69	0	0.00
0				
Supervisor	0	0.00	0	0.00
0				
Evaluador	Porcentaje			
Lider	0.00			
Operador C	6.67			
Operador D	6.67			
Operador A	6.67			
Operador B	0.00			
Supervisor	0.00			
# P / NP: Evaluaciones a través de ensayos = P / estándar = NP.				
# NP / P: Evaluaciones a través de ensayos = NP / estándar = P.				
No. de combinados: Las evaluaciones de los ensayos no son idénticas.				
<b>Entre evaluadores</b>				
Acuerdo de evaluación				
No. de inspeccionados	No. de coincidencias			
Porcentaje				IC de
95%	15	14	93.33	(68.05, 99.83)
No. de coincidencias: Todas las estimaciones de los evaluadores coinciden				

Tabla 3

## Conclusiones

En base a los resultados obtenidos de la línea A3, se recomienda que el sistema se esté monitoreando por lo menos cada mes, esto para reducir los reclamos que hay con el cliente, tomar decisiones inmediatas para mejorar el entrenamiento del personal nuevo y certificar al personal para el manejo de instrumentos de medición.

Un segundo estudio se realizará mediante el sistema de medición con variables continuas.

### Referencias

Acosta González, Y., Muñoz Díaz, I., & Estrada Navarrete, J. (5 al 7 de noviembre de 2014). Reducción en el número de piezas que presentan desviaciones en las condiciones de defecto (Pieza incompleta, Deforme, Rebaba). *Cica2015*, 33, 5284-5288.

E. Meyers, F. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos* (Segunda Edición ed.). Distrito Federal, México: Pearson Educación .

García Criollo, R. (2005). *Estudio del Trabajo, Ingeniería de Métodos y Mediciones del Trabajo*. Puebla, México: Mc Graw Hill.