



# REDUCTION OF PROCESS DEFECTS THROUGH THE APPLICATION OF QUALITY TOOLS

## REDUCCIÓN DE DEFECTOS EN PROCESO MEDIANTE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD

Jorge V. Pérez<sup>1</sup>✉, Cristóbal V. Contreras<sup>1</sup>, María A. Mosqueda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato, Guanajuato/México

✉ [jvarela@itesg.edu.mx](mailto:jvarela@itesg.edu.mx)

Recebido: 25 janeiro 2021 / Aceito: 11 fevereiro 2021/ Publicado: 28 junho 2021

### ABSTRACT

The quality of the products is extremely important in the business world; we might say that it is the fundamental foundation where the pending pillars will unite. In the following paper, statistical tools were used for supporting the enterprise, which served as the case study. These statistical tools additionally, helped to minimize product flaws for the reason that due to current records, it is shown that the probability in which a product turns out as a non-compliant product, is of 1.05%. The objective was to implement the p graph, the Pareto chart and the 5-Why analysis, enabling the development of an action plan for each one of the 3 defects with higher severity level. Because of the prevention program, an average reduction of the 50.74% was accomplished. The results obtained demonstrate, that the probability of manufacturing a non-compliant product was diminished to a 0.86%.

**KEY WORDS:** Quality, Estadistic, Process, Analysis.

### RESUMEN

La calidad de los productos es de una importancia tremenda en el mundo de los negocios, digamos que es el pilar fundamental donde se unirán todos los demás. En la presente investigación se recurrió al apoyo de herramientas estadísticas que ayudaron a la empresa que sirvió como objeto de estudio, que ayudaron en la reducción de defectos que presentaban sus productos y que gracias a los registros que se tenían se sabe que la probabilidad de que un producto resulte no conforme es del 1.05%. El objetivo fue aplicar el gráfico p, el diagrama de Pareto, y el análisis 5 POR QUÉ, posibilitando la creación de un plan de acción para cada uno de los 3 defectos que presentaron mayor nivel de severidad. Con el programa de prevención se logró en promedio, la reducción del 50.74%. Los resultados obtenidos demuestran que se redujo la probabilidad de fabricar un producto no conforme al 0.86%.

**PALABRAS CLAVE:** Calidad, Estadística, Proceso, Análisis.



## 1. INTRODUCCIÓN

La tasa de defectos para cualquier organización, repercute de manera negativa en la calidad de los productos que fabrica y por ende perjudica directamente en la satisfacción del cliente, quien es la parte externa interesada en una organización.

Sin embargo, la generación de defectos no solo tiene impacto externamente, también afecta internamente, debido a que un defecto contribuye a la elevación de costos, a consecuencia de las correcciones a las que se debe someter el producto defectuoso. Además, el tiempo invertido en dichas correcciones es considerado como un desperdicio.

En caso de que el producto no conforme no pueda rescatarse mediante el re trabajo, las pérdidas se miden en material y costo por el scrap generado.

La empresa que sirvió como objeto de estudio para esta investigación tiene menos de cien personas laborando, se dedica a la fabricación de cables y arneses eléctricos utilizados en los equipos de maquinaria pesada y de construcción que van desde brazos de oruga, elevadores de tijera eléctricos, verticales o telescopios y otros equipos; hasta grúas, montacargas y remolques de plataforma.

Esta empresa ofrece a sus clientes gran variedad de cables, sumando entre su gama más de 1000 productos, abarcando, corte, pelado, terminación y conectorización para que el cable pueda someterse a los procesos necesarios para su uso. Estos productos pueden fungir como cables de batería, cables de seguridad, cables de alimentación industrial y cables de alimentación para equipos de construcción todo terreno donde se debe soportar la exposición a flexión y torsión extremas.

Se ha solicitado la reducción de defectos que son detectados en la inspección final en los procesos de las 12 familias de productos que se fabrican en dicha empresa, para lo cual fue necesario llevar un registro de los mismos que el área de calidad identifica por mes en el área de producción, durante tres meses; por medio de herramientas estadísticas se pudo observar el comportamiento del proceso y conocer el porcentaje que representa cada defecto y así identificar los más significativos, obteniendo con ello una mejor perspectiva de la situación.

A través de las herramientas de análisis fue posible identificar las causas que los originan, esto ayudó a proponer soluciones coherentes con resultados directos sobre la problemática, mediante planes de acción que implican mejoras en el proceso para el control de los defectos encontrados.

Posteriormente se monitorearon los resultados, comparando y verificando mes por mes que no haya reincidencias en los defectos atacados, para demostrar la eficacia de las propuestas de mejora sobre la solución a la problemática.

## 2. MARCO TEÓRICO

La necesidad de las empresas manufactureras de ser competitivas, las ha orillado a adoptar una serie de técnicas, herramientas y metodologías para alcanzar la calidad total, asegurando que el producto final cumpla con sus expectativas del cliente. Puesto que según Peresson (2007) las empresas cuyo enfoque es la orientación al cliente están siendo presionadas por estos, con una serie de exigencias que van desde mayor rapidez en los tiempos de entrega, hasta la producción bajo el principio de cero defectos. El compromiso que adquieren las empresas con la mejora continua en sus operaciones y los esfuerzos que se hacen para alcanzar la calidad total, no van en relación únicamente de satisfacer al cliente, sino también de evitar despilfarros de los recursos y costos innecesarios. Este mismo autor, asume que existen doce categorías de derroche:



- Sobreproducción.
- Existencias.
- Manipulación excesiva de los materiales.
- Esperas.
- Pérdidas de tiempo.
- Movimiento excesivo.
- Piezas defectuosas.
- Equipamiento defectuoso.
- Equilibrio en la carga de trabajo.
- Utilización incongruente de recursos.
- Diseño deficiente.
- Supervisión.

Esta investigación se centra en un despilfarro en particular, piezas defectuosas. Se conoce como defecto a aquel producto que es fabricado fuera de las especificaciones, por debajo o encima de las tolerancias fijadas por el cliente. Gutiérrez y De la Vara (2013) define un artículo defectuoso como todo aquel producto que al no cumplir con los criterios deseados, debe ser reprocesado o eliminado.

Arango (2009) resalta que estos errores cuestan dinero y el costo por problemas de calidad repercute directamente con los costos operacionales de cualquier empresa, costos que son clasificados en externos e internos. Se dice que el producto genera un costo externo de mala calidad al suministrar productos o servicios inaceptables al cliente. Mientras que se incurre en un costo interno al fabricar productos no conformes, sin embargo, los errores son detectados antes de que el producto sea distribuido al cliente.

Hirano (2017) sostiene que cualquier tipo de defectos puede evitarse, reducirse y eliminarse. Para el autor, los defectos en orden de importancia son:

- Operación defectuosa.
- Errores de montaje de piezas.
- Error de ajuste de máquina.
- Equipo no montado apropiadamente.
- Piezas omitidas.
- Piezas equivocadas.
- Útiles y plantillas mal preparados.

El proceso para alcanzar la reducción de los defectos implica el uso de herramientas estadísticas y de análisis apropiadas.

### **Gráficos de control**

Pérez, La Rotta y Parra (2011) propone que el gráfico de control por atributos como una herramienta apropiada, cuando lo que se desea es hacer un muestreo de aceptación para un producto.

Según Gutiérrez y De la Vara (2013) el gráfico de control por atributos o carta p, tiene un propósito fundamental, este es detectar oportunamente las causas especiales de variación en una muestra o subgrupo, dado que estas causas especiales podrían incrementar la proporción de unidades defectuosas en un proceso.

Para Gutiérrez (2006) es deseable que el tamaño de un subgrupo para la carta p sea de tamaño constante, sin embargo, ante la falta de uniformidad en los volúmenes de producción, los tamaños de la muestra suelen ser



variables, por lo que, en estos casos, para poder medir un número de éxitos y de fracasos en una serie de eventos, es necesario emplear el gráfico p con subgrupos de tamaño variable.

Una empresa conseguirá la estabilidad de sus procesos, reducirá la variabilidad de estos y garantizará un producto competitivo si aplica el control estadístico de procesos (Hernández y Da Silva, 2016), ya que es imposible que se fabriquen dos productos exactamente iguales, debido a que los procesos industriales varían porque son sometidos a factores de tipo aleatorio que impiden que los productos fabricados sean completamente uniformes. Los factores de tipo aleatorio que intervienen en el proceso pueden ser las oscilaciones de las características del material utilizado, variaciones ambientales (humedad y temperatura, repetibilidad de la maquinaria y la propia variabilidad del operador) (Ruiz y Rojas, 2006).

Existen dos tipos de causas de variación: las comunes y las especiales, de acuerdo con Lara-Hernández, Melo-González, Herrera-Ruiz, & Valdez-Gómez, j. a. (2011) las especiales, también pueden denominarse asignables. Según Saucedo y López (2016) las causas especiales de variación, son aquellas controlables en el proceso, y citan como ejemplo a los operadores nuevos, a los cambios en el material usado, una máquina en particular o la herramienta. Se le conoce como causa común si la variabilidad se encuentra todo el tiempo en el proceso, ejemplo de este tipo de causa puede ser el cambio de una máquina por otra, de un proveedor a otro, o el cambio en el diseño del proceso.

Mantener un proceso controlado es posible mediante el control estadístico de procesos, sin embargo los más importante de la aplicación de esta herramienta estadística a criterio de estos autores es analizar los resultados obtenidos, que pueden ser excepcionales, como el aumento de la calidad del producto, reducciones en costos de producción e interrupciones en áreas productivas, incluso puede influir en el incremento de la satisfacción del personal que labora.

De forma general, para aplicar el control estadístico de procesos, primero debe establecerse la característica que quiere monitorearse, posteriormente se realiza la recolección de muestras en un tiempo determinado y se establecen los límites de control (inferior y superior) del gráfico, se grafican los datos, se interpreta el control del proceso y se investigan las causas de variación para tomar acciones, se dice que cuando una gráfica está bajo control, no hay causas que investigar, debido a que no hay nada extraño, sin embargo en caso contrario se procederá a investigar las causas de variación.

Existen particularidades en las gráficas de control que demuestran si existen o no causas especiales de variación y estas se encuentran enlistadas en “*Los pasos para el análisis de resultados obtenidos del control estadístico de procesos propuesto por Crhysler*” (Ford Motor Company & General Motors Company, 2005). Por lo que al analizar un gráfico, hay que prestar atención en las siguientes características:

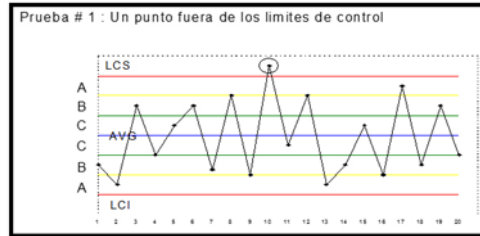
1. Los puntos están variados al azar, no siguen un orden establecido, van zigzag.
2. Los puntos tienden a ubicarse a uno y otro lado del promedio con una extensión de  $\pm 3$  SIGMA (dentro de los límites de control).
3. Los puntos se distribuyen simétricamente.
4. La mayoría de los puntos está cerca del promedio.
5. Hay pocos puntos cerca de los límites de control.
6. Ningún punto o en un raras ocasiones está fuera de control.

Mientras que las características de una gráfica fuera de control son, que tienden a variar demasiado de un lado a otro del promedio, o en caso contrario, tienden a tener muchos puntos cercanos al promedio con muy poca variación, y en otros casos tienen uno o varios puntos fuera de los límites de control.

Para comprobar que las gráficas está fuera de control existen las siguientes pruebas (Ford Motor Company & General Motors Company, 2005).



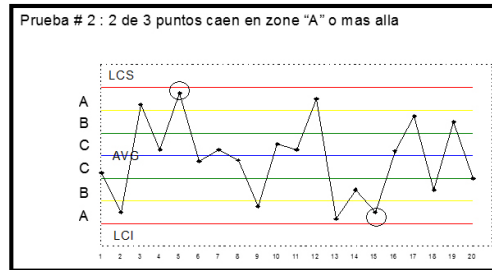
FIGURA 1 – PRUEBA UNO. PUNTOS FUERA DE LOS LÍMITES DE CONTROL.



FUENTE: Saucedo y López (2016)

Esta prueba puede indicar un mal cálculo en los límites de control, que se graficaron mal los puntos, o hubo mezcla entre los datos, en otros casos puede ser señal de que la variación ha empeorado en la producción de una a otra pieza o que el sistema de medición ha cambiado.

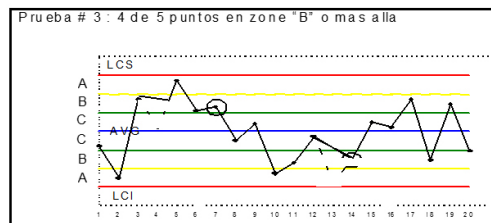
FIGURA 2 – PRUEBA DOS. PUNTOS CERCA DE LA ZONA A.



FUENTE: Saucedo y López (2016)

En esta prueba muestra dos de tres puntos que se aproximan a los límites de control, lo que representa una anomalía en el proceso productivo.

FIGURA 3- PRUEBA TRES. CUATRO DE CINCO PUNTOS EN LA ZONA B.

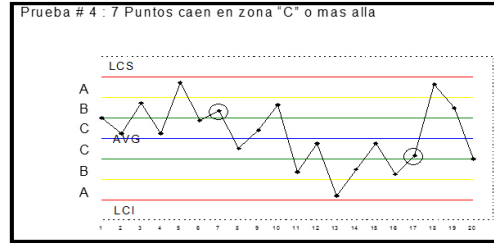


FUENTE: Saucedo y López (2016)

El espacio comprendido entre la línea central y los límites se divide en 6 partes iguales y se puede observar si la gráfica muestra este patrón cuando los puntos se concentran dentro de los dos tercios por encima o debajo del límite central, esta es también una señal para catalogar como anormal el proceso.



FIGURA 4 – SIETE PUNTOS

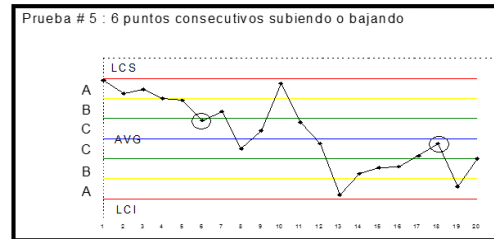


FUENTE: Saucedo y López (2016)

Se juzgara como un proceso anormal a aquel grafico que presente siete puntos consecutivos arriba o debajo de la línea central, simulando una corrida.

Según Rodríguez (2009) cuando la corrida se presenta por encima del promedio de rango, es señal de que existe mayor dispersión o se presentó un cambio en el sistema de medición, si la corrida la detectamos debajo del promedio de rangos, indica lo contrario (hay menor dispersión o el cambio en el sistema de medición trajo consigo cambios reales).

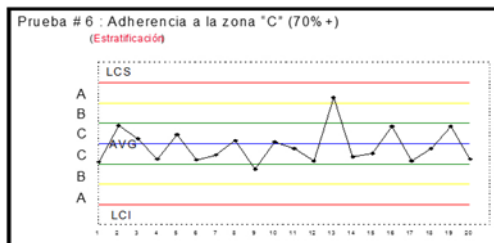
FIGURA 5 – SEIS PUNTOS CONSECUTIVOS SUBIENDO O BAJANDO.



FUENTE: Saucedo y López (2016)

Cuando un gráfico denote en sus puntos tendencia ascendente o descendente, esta tendencia seguramente continuara y en algún momento los puntos caerán fuera de los límites de control, por esta razón este tipo de gráficos se asocian con un proceso fuera de control.

FIGURA 6 – ADHERENCIA A LA LÍNEA CENTRAL.

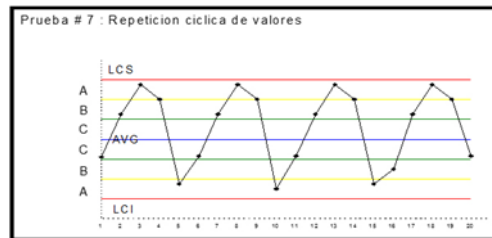


FUENTE: Saucedo y López (2016)



De acuerdo a Rodríguez (2019) esta característica aplica para corridas de 25 subgrupos o más. Si gran proporción o todos los puntos se concentran en esta área del gráfico, se considera que existe adhesión a la línea central y por lo tanto el proceso presenta irregularidades.

FIGURA 7 – REPETICIÓN CÍCLICA DE VALORES.



FUENTE: Saucedo y López (2016)

Si el aspecto de la gráfica demuestra periodicidad y es notable que los puntos graficados se encuentran distribuidos en intervalos de distancia similares, el comportamiento del proceso es anormal.

### Diagrama de Pareto

Una herramienta eficaz para la atención de los defectos en los procesos industriales, es sin duda el Diagrama de Pareto, su aplicación permite identificar los problemas que representan mayor relevancia, pues la base de este tipo de principio se fundamenta en que existen muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves.

Ante la regla de este principio que sustenta que el 80% de los problemas están producidos por un 20% de las causas, para Ruiz y Falcó (2009) resulta lógico localizar y eliminar ese porcentaje mínimo que origina la mayoría de los problemas.

De acuerdo con este autor, con el uso del diagrama de Pareto, se evita malgastar esfuerzos, debido a que el análisis que arroja el diagrama, permite detectar rápidamente y en una sola revisión los problemas triviales, descartándolos automáticamente y centrando la atención en eliminar aquellos problemas que sí resultan ser vitales.

Carro y González (2012) en su libro “Administración de la Calidad Total” enlistan el diagrama de Pareto como una de las herramientas para la total organización de la mejora de la calidad, y asume que es una de las técnicas frecuentemente incorporadas en sistemas de gran escala para procesos de control estadístico, además de ser utilizadas para analizar la realidad y presentar los resultados de la mayoría de sus problemas.

Según Besterfield (1995) el diagrama de Pareto es una herramienta sencilla diseñada para conseguir resultados poderosos, cuyos principales usos son: identificar oportunidades de mejora, analizar las diferentes agrupaciones de datos, buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones, comparación de resultados de antes y después de los cambios efectuados, y para comunicar conclusiones sobre causas, efectos y costes de error.

De acuerdo con este autor, con el uso del diagrama de Pareto, se evita malgastar esfuerzos, debido a que el análisis que arroja el diagrama, permite detectar rápidamente y en una sola revisión los problemas triviales, descartándolos automáticamente y centrando la atención en eliminar aquellos problemas que sí resultan ser vitales.

Los pasos que propone el autor para elaborar un diagrama de Pareto son:



1. Definir la clasificación que se utilizará para organizar los datos (por problema, por causa, por área, etc.).
2. Definir la unidad de medición (defectos, dinero, frecuencia, etc.).
3. Reunir los datos correspondientes a determinado periodo.
4. Sintetizar y ordenar la información por categoría (de mayor a menor) de acuerdo al número de unidades con defecto.
5. Calcular el porcentaje acumulativo
6. Construir el diagrama y determinar la minoría vital.

En el siguiente paso se emplea el formato para la recogida de datos, previamente elaborado y diseñado en función de la clasificación y periodicidad determinados en los pasos anteriores.

1. Dibujar los ejes de las coordenadas.
2. En el eje vertical se coloca el valor de las frecuencias, y en el horizontal las causas de mayor a menor frecuencia.
3. Dibujar el diagrama.
4. Mediante las barras se traza cada dato, ubicando la causa en el eje horizontal y elevando la barra en el eje vertical hasta el valor de la frecuencia con la que ocurrió la causa.
5. Construir una línea de frecuencia acumulada.
6. Se coloca una línea, cuyo objetivo es graficar los porcentajes acumulados, donde podrá identificarse visualmente la llamada ley 80/20.
7. Análisis del diagrama de Pareto.
8. El diagrama muestra los problemas no críticos y críticos. Al actuar sobre estos últimos, se habrá eliminado la mayoría de los defectos.

### **Análisis 5 ¿Por qué?**

También conocido como 5W, según Hirano (2019) un defecto no demanda mayor cantidad de inspectores, sugiere como medida más óptima intervenir directamente desde la raíz del problema. Contribuyendo así a asegurar la aplicación de contramedidas que repercutan en soluciones reales. La metodología para aplicar esta herramienta consiste en cuestionar ¿Por qué ha ocurrido el defecto? Y ante la primera respuesta pregunte ¿Por qué? de nuevo, para obtener otra respuesta que conduzca a la verdadera causa. Recomienda este autor, “no darse por satisfecho con las causas que le vengan a la mente con facilidad” e insistir preguntando ¿Por qué? al menos cinco veces para descubrir las raíces del problema.

El siguiente paso, después de descubrir la causa raíz del problema es plantear una serie de mejoras, que conlleven al control del problema, para ello se fijan medidas de contención, preventivas y correctivas, La ANECA (Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación) propone para este paso, la utilización de técnicas que permitan elegir las alternativas más adecuadas, sugiriendo la tormenta de ideas o la técnica del grupo nominal, como herramientas apropiadas para seleccionar las acciones de mejora. Posteriormente debe realizarse una planificación, para establecer el mejor orden de prioridad para la implantación de mejoras, deben considerarse las limitaciones que conllevan las mejoras, entre las que se encuentran: la dificultad para llevarse a cabo, el plazo en el que se alcanzaría la mejora y el impacto que representa para la organización.





Como último paso se debe elaborar un cronograma que enuncie las mejoras en función de las prioridades establecidas y su plazo de implementación. Según la ISO (2001:2015), una acción correctiva, permite eliminar la recurrencia de una no conformidad.

Por otro lado la ISO, define como acción preventiva a la “acción tomada para eliminar una causa de una potencial no conformidad o una potencial situación indeseable” A diferencia de una acción correctiva, la preventiva evita que suceda el problema por primera vez, la correctiva, evita que suceda de nuevo.

Una acción de contención, se distingue de las anteriores por ser una acción inmediata que surge en respuesta de manera oportuna al problema. Albán y Bedoya (2013) recomiendan que para elegir la medida inmediata se considere aquella que produzca los resultados esperados, en el menor tiempo, al menor costo y con la calidad deseada.

### **3. MÉTODO**

#### **Planteamiento del problema**

En la empresa que se analizó la corrección en el producto no conforme ha sido un problema severo, que en una ocasión llevó a la organización a contratar los servicios de una empresa externa para el re trabajo de 1000 piezas defectuosas, debido al mal conectizado de los cables, elevando los costos de la empresa.

Los defectos que han sido el motivo de re trabajo en los cables y arneses manufacturados por la empresa se asocian a la colocación errónea o ausencia de componentes, materiales y elementos, y al mal proceso en la operación principalmente en los procesos de remache, corte y despoje.

Son 11 los defectos críticos identificados durante el trimestre que abarcó la investigación, clasificados en tres tipos de errores: la inclusión de ítems erróneos, errores de proceso y errores de medición.

Específicamente los problemas a resolver en el presente proyecto son:

- Remache de terminales incorrectas.
- Falta de etiqueta.
- Falta de bolsa.
- Error de longitud en la operación de corte.
- Falta de un ensamble/componente kits.
- Colocación de etiquetas equivocadas.
- Daño de los filamentos de cobre del cable por operación de despoje.
- Remache de terminales fuera de especificaciones.

#### **Objetivo**

El objetivo de esta investigación fue reducir la cantidad de defectos mediante el uso de herramientas de calidad, identificando la causa raíz del problema para proponer un plan de acción que vaya en función de solucionarlo.

#### **Conducción del estudio**

Lo primero que se realizó fue la recolección de datos recurriendo a los registros de defectos del departamento de calidad y vaciar los datos correspondientes al mes en el formato de defectos de la empresa, después se elaboraron los gráficos de control por atributos “gráfico p con subgrupos de tamaño variable”, posteriormente



se elabora, se elaboró el gráfico de Pareto, el análisis de 5 ¿Por qué?, se elaboró el programa de prevención y se presentaron los resultados.

## **Desarrollo**

### **Defectos del mes.**

#### **1. Recolección de datos.**

El área de calidad se encarga de registrar los defectos encontrados durante las inspecciones finales diarias, estos datos se recaban durante un mes para su análisis y tratamiento. La información a recopilar es:

- Fecha de inspección.
- Número de parte del producto afectado (defectuoso)
- Nombre del inspector
- Tipo de inspección
- Familia a la que corresponde el producto no conforme.
- Nombre del supervisor responsable de la línea o familia del producto defectuoso.
- Cantidad inspeccionada
- Defecto.
- Cantidad de defecto.

Los datos recolectados son concentrados para su análisis y control en un formato interno.

A partir de esta información es posible agruparla en subgrupos, donde cada día inspeccionado represente un subgrupo y se indique la cantidad de observaciones realizadas y la cantidad de producto defectuoso encontrada.

La cantidad de observaciones es variable, debido a que tal cantidad corresponde al número de piezas fabricadas en cada día.

Se considero la totalidad de las piezas en cada observación porque la inspección final en la empresa, consiste en liberar la totalidad de los productos, inspeccionados uno por uno.

El vaciado de los datos recolectados puede apreciarse en la **Tabla 1**.



TABLA 1 - RECOLECCIÓN DE DATOS DE PRODUCTO NO CONFORME EN INSPECCIÓN FINAL DE PRODUCTO TERMINADO.

MARZO				
FECHA	SUBGRUPO	OBSERVACIONES	UNIDADES DEFECTUOSAS	
01-mar	1	1177	4	
04-mar	2	630	40	
05-mar	3	801	132	
06-mar	4	910	11	
07-mar	5	640	13	
08-mar	6	1034	20	
11-mar	7	1035	20	
12-mar	8	907	10	
13-mar	9	731	11	
14-mar	10	1671	15	
15-mar	11	1421	24	
19-mar	12	1474	21	
20-mar	13	1643	18	
21-mar	14	1265	15	
22-mar	15	1067	24	
25-mar	16	1148	5	
26-mar	17	1522	3	
27-mar	18	1848	9	
28-mar	19	1379	4	
29-mar	20	1341	32	
		23644	431	

FUENTE: El autor (2016)

2. Grafico de control por atributo “Grafico P con subgrupos de tamaño variable”.

Una vez que los datos son presentados en subgrupos, se cuenta con los datos necesarios para la elaboración del grafico de control por atributos (grafico p) que permita identificar la proporción y numero de producto no conforme en el proceso de fabricación en Paige Electric.

Al tener observaciones de distinto tamaño, el grafico a utilizar es el grafico p con subgrupos de tamaño variable.

Los cálculos a realizar para obtener la proporción defectuosa y los límites de control son los siguientes:

Proporcion defectuosa pi = Unidades defectuosas / Número de observaciones

Limite central:

p-hat = sum(np) / sum(n)

Limite de control inferior:

LCLp = p-hat - 3 \* sqrt(p-hat(1-p-hat)/n)



*Limite de control superior:*

$$LCS_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

Donde:

n: numero de observaciones del subgrupo.

$\bar{p}$ : proporción promedio de no conformidad, la cual se calcula al dividir el total de no conformidades (np) entre el total de observaciones

La siguiente tabla (**Tabla 2**) muestra los resultados obtenidos, que serán útiles para la elaboración de los límites de control del grafico p con subgrupos de tamaño variable.



TABLA 2 - TABLA DE PROPORCIÓN DEFECTUOSA.

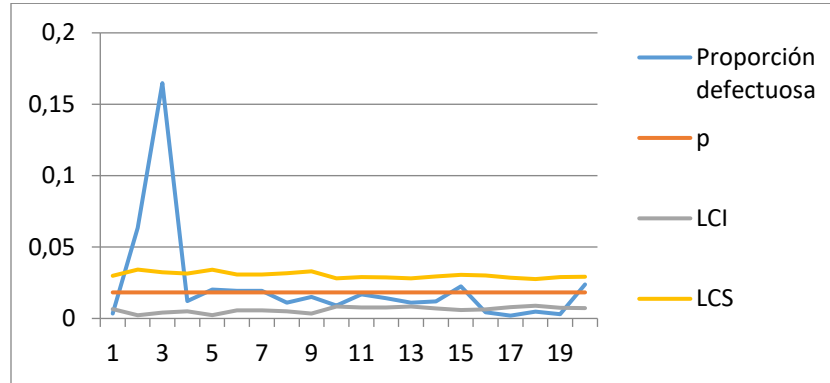
SUBGRUPO	OBSERVACIONES	UNIDADES DEFECTUOSAS	Proporción defectuosa	p	LCI	LCS
1	1177	4	0.003398	0.0182	0.007	0.030
2	630	40	0.063492	0.0182	0.002	0.034
3	801	132	0.164794	0.0182	0.004	0.032
4	910	11	0.012087	0.0182	0.005	0.032
5	640	13	0.020312	0.0182	0.002	0.034
6	1034	20	0.019342	0.0182	0.006	0.031
7	1035	20	0.019323	0.0182	0.006	0.031
8	907	10	0.011025	0.0182	0.005	0.032
9	731	11	0.015047	0.0182	0.003	0.033
10	1671	15	0.008976	0.0182	0.008	0.028
11	1421	24	0.01688951	0.0182	0.008	0.029
12	1474	21	0.01424694	0.0182	0.008	0.029
13	1643	18	0.01095556	0.0182	0.008	0.028
14	1265	15	0.01185770	0.0182	0.007	0.030
15	1067	24	0.02249297	0.0182	0.006	0.031
16	1148	5	0.00435540	0.0182	0.006	0.030
17	1522	3	0.00197109	0.0182	0.008	0.029
18	1848	9	0.00487013	0.0182	0.009	0.028
19	1379	4	0.00290065	0.0182	0.007	0.029
20	1341	32	0.02386278	0.0182	0.007	0.029
	23644	431				

FUENTE: El autor (2016)

El grafico correspondiente a los datos obtenidos en la tabla de proporción defectuosa, es el siguiente:



GRAFICA 1. GRAFICO P. PROPORCIÓN DE NO CONFORMIDADES.



FUENTE: El autor (2016)

### 3. Grafica p normalizada.

Gutiérrez, Vara (2009) sugieren en su libro “Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma” que en casos como este donde se tienen diferentes límites de control se puede usar una carta p normalizada o estandarizada, donde se grafica la proporción estandarizada y no la muestral.

Donde se establece la siguiente fórmula para obtener la proporción estandarizada:

$$z_i = \frac{p_i - \bar{p}}{\sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n_i}}}$$

Donde:

$p_i$ : proporción defectuosa.

$n$ : numero de observaciones del subgrupo.

$\bar{p}$ : proporción promedio de no conformidad

Mientras que la línea central será igual a 0 y los límites de control inferior y superior serán -3 y 3 respectivamente.

Con la modificación en los límites de control se obtiene la **Tabla 3** de proporción estandarizada.



Al graficar los datos de la tabla, se obtiene la grafica p normalizada. Donde a diferencia de la grafica p con subgrupos de tamaño variable, en la grafica estandarizada los limites de control superior e inferior son constantes.

Por esta razón se propone que los límites a usar a futuro sean los de la carta normalizada:

$$LC = 0$$

$$LCI = -3$$

$$LCS = 3$$

Obteniendo la siguiente tabla de proporción estandarizada:

**TABLA 3.**  
**PROPORCIÓN DEFECTUOSA ESTANDARIZADA**

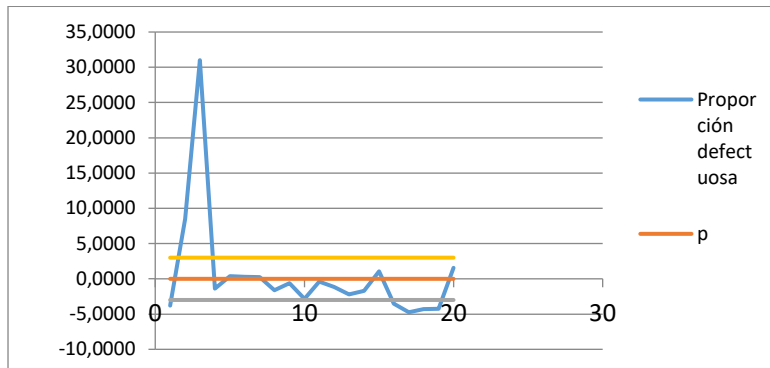
<b>SUBGRUPO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>UNIDADES DEFECTUOSAS</b>	<b>Proporción defectuosa</b>	<b>p</b>	<b>LCI</b>	<b>LCS</b>
1	1177	4	-3.8032	0	-3	3
2	630	40	8.4925	0	-3	3
3	801	132	31.0073	0	-3	3
4	910	11	-1.3847	0	-3	3
5	640	13	0.3941	0	-3	3
6	1034	20	0.2677	0	-3	3
7	1035	20	0.2633	0	-3	3
8	907	10	-1.6216	0	-3	3
9	731	11	-0.6429	0	-3	3
10	1671	15	-2.8271	0	-3	3
11	1421	24	-0.3774	0	-3	3
12	1474	21	-1.1427	0	-3	3
13	1643	18	-2.2037	0	-3	3
14	1265	15	-1.6938	0	-3	3
15	1067	24	1.0412	0	-3	3
16	1148	5	-3.5137	0	-3	3
17	1522	3	-4.7411	0	-3	3
18	1848	9	-4.2927	0	-3	3
19	1379	4	-4.2549	0	-3	3
20	1341	32	1.5422	0	-3	3
	23644	431				

FUENTE: El autor (2016)



La **gráfica 2**, corresponde a los datos obtenidos con el cálculo de la proporción estandarizada para cada subgrupo:

GRÁFICA 2 - GRÁFICA P NORMALIZADA. PROPORCIÓN DE NO CONFORMIDADES.



FUENTE: El autor (2016)

Al analizar el gráfico, se determina que el proceso de fabricación de cables y arneses en el mes es anormal, esta afirmación se fundamenta en la publicación que hace Rodríguez (2019) donde indica que es señal de que un proceso está fuera de control cuando los puntos graficados presentan una tendencia de “corrida”, es decir, cuando se identifican 7 o más puntos consecutivos formando un grupo arriba o debajo de la línea central.

Se puede observar que la longitud de la corrida para este caso es de 7 puntos, desde el subgrupo 8 hasta el 14.

Además hay 7 subgrupos fuera de los límites de control, que sustentan la afirmación anterior.

El comportamiento de los subgrupos 1, 2, 3, 16, 17,18 y 19 dejan ver que existieron causas especiales de variación que empeoraron el proceso o contribuyeron en la mejora del desempeño del proceso.

Después de los hallazgos encontrados en el gráfico p, se recurre a la construcción del diagrama de Pareto para identificar los defectos principales del mes para darle una posible solución. Para ello, es necesario utilizar los registros de las inspecciones de calidad.

#### 4. DIAGRAMA DE PARETO

Una vez obtenida el gráfico p, se elabora el gráfico Pareto, para conocer cuáles son los defectos y darle tratamiento de forma individual a aquellos más representativos.





El diagrama permitirá identificar la relación entre los subgrupos fuera de control y los defectos de mayor relevancia, es decir, si es que los subgrupos fuera de control pertenecen al día en el que se fabricaron los productos no conformes encontrados dentro de la minoría vital.

En la **Tabla 4** se muestra el defecto encontrado y la cantidad de piezas no conformes, detectadas en el mes, la cual es la información necesaria para la elaboración del diagrama de Pareto.

El motivo por el cual nos apoyaremos en este tipo de diagrama es que este, a menudo se utiliza para identificar las causas más comunes de defectos del producto o quejas de los clientes.

Seguiremos los pasos que según Besterfield (1995) deben llevarse a cabo para desarrollar un diagrama de Pareto.

7. Definir la clasificación que se utilizará para organizar los datos (por problema, por causa, por área, etc.).
8. Definir la unidad de medición (defectos, dinero, frecuencia, etc.).
9. Reunir los datos correspondientes a determinado periodo.

Los defectos están enlistados por problema independientemente del área en las que ocurrieron, aunque si se tienen los registros de cuantos se presentaron por familia de productos. Así que nos concentraremos en el tipo de defecto y en la cantidad de estos.

La unidad de medición seleccionada es por medio de la cantidad de defectos encontrados.

El periodo elegido para el tratamiento de los datos es por mes.

10. Sintetizar y ordenar la información por categoría (de mayor a menor) de acuerdo al número de unidades con defecto. Para la realización de esta tabla se tomaron en cuenta los 10 principales defectos identificados durante el mes. (**Ver Tabla 4**).



TABLA 4 - TOP TEN DE DEFECTOS DEL MES.

<b>Defectos encontrados</b>	<b>Cantidad de defectos</b>
2 piezas de 3749234283 son requeridas y solo fue instalada 1	95
Falta de etiqueta	32
Número de parte incorrecto en etiqueta	27
Instalación de conector incorrecto	24
Pin bajo	23
Hilos dañados por proceso de despoje	17
Proceso de despoje defectuoso	16
Etiquetas invertidas	15
Prueba de destello fallida	15
Clamp suelto	11

275

FUENTE: El autor (2016)

11. Calcular el porcentaje acumulativo

Para calcular el porcentaje acumulativo es necesario obtener el total de defectos, posteriormente estimar la cantidad de defectos acumulados y por último, dividir los defectos acumulados entre el total de defectos. (**Ver Tabla 5**).



TABLA 5 - PORCENTAJE ACUMULATIVO DE DEFECTOS.

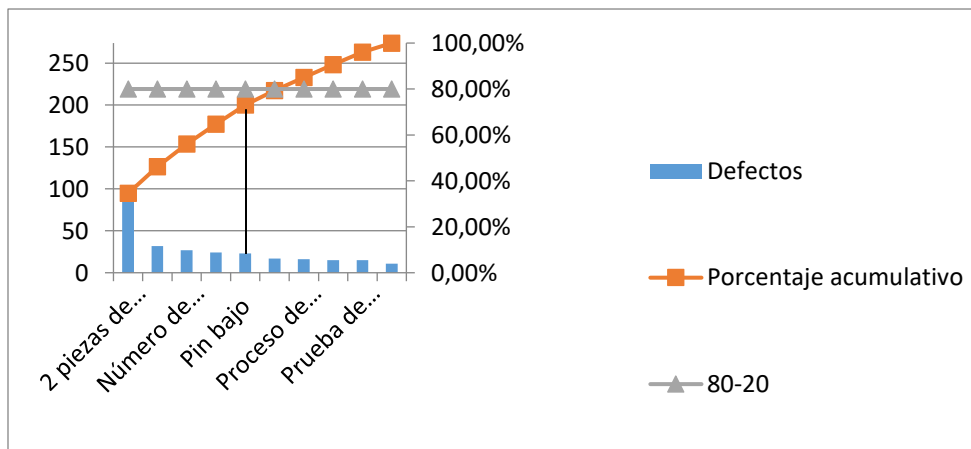
Defectos encontrados	Defectos	Defectos acumulados	Porcentaje acumulativo
Falta de un componente	95	95	34.55%
Falta de etiqueta	32	127	46.18%
Número de parte incorrecto en etiqueta	27	154	56.00%
Instalación de conector incorrecto	24	178	64.73%
Pin bajo	23	201	73.09%
Hilos dañados por proceso de despoje	17	218	79.27%
Proceso de remache defectuoso	16	234	85.09%
Etiquetas invertidas	15	249	90.55%
Prueba de destello fallida	15	264	96.00%
Clamp suelto	11	275	100.00%
	275		

FUENTE: El autor (2016)

12. Construir el diagrama y determinar la minoría vital.

Con la información anterior se realiza el diagrama de Pareto. (Ver Figura 7).

FIGURA 7. DIAGRAMA DE PARETO.



FUENTE: El autor (2016)

El diagrama de Pareto nos demuestra que eliminando los 6 primeros defectos, erradicaríamos el 80% del top ten de defectos de Paige Electric.



Sin embargo, siguiendo el objetivo reducir el 50% de los defectos por mes, se dará atención a los 3 más significativos los que representan el 56% de los defectos, los cuales consisten en la falta de un componente, falta de etiqueta y el tercer defecto hace referencia a la colocación errónea de etiqueta en el producto.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Una vez que es fácil visualizar los defectos con mayor relevancia, se acude a los registros de defectos encontrados por el departamento de calidad, para buscar la fecha en la que tuvieron presencia los defectos y verificar si se trata de la misma fecha de los subgrupos fuera de control, localizados en el grafico p.

Se filtra la información por cada uno de los cuatro defectos hallados. Se obtienen los hallazgos de la **Tabla 6**.

TABLA 6 - RELACIÓN ENTRE SUBGRUPOS FUERA DE CONTROL EN LA GRAFICA P Y DEFECTOS VITALES ENCONTRADOS EN DIAGRAMA PARETO.

Inspection Date	Subgrupo	Defectos	Defect Found
04-mar	2	1	Falta de etiqueta,
05-mar	3	122	NP etiqueta incorrecto y Faltante de pieza en kit
07-mar	5	2	Falta de etiqueta
08-mar	6	9	Falta de etiqueta
11-mar	7	1	Falta de etiqueta
12-mar	8	3	Falta de etiqueta
13-mar	9	2	Falta de etiqueta
19-mar	12	4	Falta de etiqueta
20-mar	13	2	Falta de etiqueta
22-mar	15	3	Falta de etiqueta
25-mar	16	1	Falta de etiqueta
26-mar	17	1	Falta de etiqueta
27-mar	18	1	Falta de etiqueta
28-mar	19	2	Falta de etiqueta

FUENTE: El autor (2016)

Puede apreciarse que de los 7 subgrupos encontrados fuera de control en la grafica p, uno de ellos pertenece a la fecha en la que se presentaron 2 de los 3 defectos prioritarios.



Se trata del subgrupo 3, en el que se cayó en el defecto de colocación de número de parte incorrecto en etiqueta y faltante de una pieza en kit.

Para demostrar que los defectos mencionados ocasionaron que los puntos cayeran fuera de control en el gráfico p anterior, se realiza nuevamente la gráfica p estandarizada, excluyendo los defectos triviales y graficando únicamente los principales tres vitales. Previo a la gráfica, se calcula la proporción defectuosa estandarizada de los 3 principales defectos. (Ver tabla 7).

TABLA 7 - TABLA DE PROPORCIÓN DEFECTUOSA ESTANDARIZADA DE LOS 3 PRINCIPALES DEFECTOS.

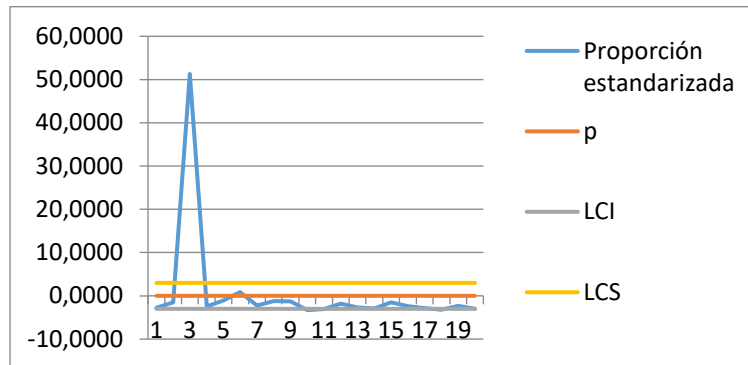
FECHA	SUBGRUPO	OBSERVACION	UNIDADES DEFECTUOSAS	Proporción estandarizada	p	LCI	LCS
01-mar	1	1177	0	-2.7778	0	-3	3
04-mar	2	630	1	-1.5370	0	-3	3
05-mar	3	801	122	51.2958	0	-3	3
06-mar	4	910	0	-2.4425	0	-3	3
07-mar	5	640	2	-1.0656	0	-3	3
08-mar	6	1034	9	0.8757	0	-3	3
11-mar	7	1035	1	-2.2185	0	-3	3
12-mar	8	907	3	-1.2002	0	-3	3
13-mar	9	731	2	-1.2696	0	-3	3
14-mar	10	1671	0	-3.3098	0	-3	3
15-mar	11	1421	0	-3.0522	0	-3	3
19-mar	12	1474	4	-1.8134	0	-3	3
20-mar	13	1643	2	-2.6686	0	-3	3
21-mar	14	1265	0	-2.8798	0	-3	3
22-mar	15	1067	3	-1.5031	0	-3	3
25-mar	16	1148	1	-2.3765	0	-3	3
26-mar	17	1522	1	-2.8402	0	-3	3
27-mar	18	1848	1	-3.1915	0	-3	3
28-mar	19	1379	2	-2.3373	0	-3	3
29-mar	20	1341	0	-2.9651	0	-3	3
		23644	154				

FUENTE: El autor (2016)

La nueva información se representa en la **Figura 8**:



FIGURA 9. GRÁFICA P ESTANDARIZADA, DE LOS 3 PRINCIPALES DEFECTOS.



FUENTE: El autor (2016)

La gráfica comprueba que 1 de los 7 puntos fuera de control se asocia al subgrupo 3 donde se presentaron los defectos del faltante de una pieza en kit y etiqueta incorrecta.

## 6. PRIORIZACIÓN DE DEFECTOS.

Para controlar la variación que existe en el proceso, a causa de los 3 principales defectos encontrados, reflejada en el punto fuera de control de la gráfica, correspondiente al subgrupo 3, es necesario identificar las causas que la propician.

Para continuar, es necesario analizar cada defecto, e identificar el número de parte y la familia de productos a la que pertenecen las piezas defectuosas y por motivos de delimitación, hacer frente a aquellas que representen la mayor cantidad.

Se encuentra que los 95 defectos encontrados a causa de un faltante en un kit, se presentaron en el mismo kit de la familia de productos. Por esta razón, la atención de este defecto se enfocara en el producto afectado.

Para el caso de los productos con etiqueta faltante, de los 32 defectos encontrados, 19 se originaron en una sola familia de productos. Por lo que la reducción de este defecto se centrara en esta familia de productos.

Se encuentra un solo registro del defecto correspondiente al número de parte incorrecto en etiqueta, así que se atenderá el producto afectado.

El análisis de datos y delimitación anterior, permiten recalculer el porcentaje de defectos a atender del total de los defectos mensuales. El porcentaje de defectos a atacar, se aprecia en la **Tabla 8**.



TABLA 8 - PORCENTAJE ACUMULATIVO DE DEFECTOS A ATENDER.

Defectos encontrados	Defectos	Porcentaje	Defectos acumulados	Porcentaje acumulativo
2 piezas de 3749234283 son requeridas y solo fue instalada 1	95	34.55%	34.55%	34.55%
Falta de etiqueta en P2P	19	6.91%	41.46%	41.45%
Falta de etiqueta en otras familias	13	4.73%	46.19%	46.18%
Número de parte incorrecto en etiqueta	27	9.82%	56.00%	56.00%
Instalación de conector incorrecto	24	8.73%	64.73%	64.73%
Pin bajo	23	8.36%	73.10%	73.09%
Hilos dañados por proceso de despoje	17	6.18%	79.28%	79.27%
Proceso de remache defectuoso	16	5.82%	85.10%	85.09%
Etiquetas invertidas	15	5.45%	90.55%	90.55%
Prueba de destello fallida	15	5.45%	96.00%	96.00%
Clamp suelto	11	4.00%	100.00%	100.00%
	275	100.00%		

FUENTE: El autor (2016)

Los defectos en color azul, son aquellos que se atenderán mediante el análisis 5 porque y el programa de prevención. Del 56% que representan los principales 3 defectos, con la delimitación realizada, se atacará el 51.28% del total de defectos del mes.

Dado que este porcentaje se encuentra en el rango del objetivo principal que es reducir el 50% de los defectos principales del proceso, se procede con el análisis 5 por qué para cada defecto.

## 7. WHY ANALYSIS.

### *Defecto: Falta de un componente.*

Para los tres casos, para cada defecto se elaboro el diagrama de análisis 5 Por qué y apoyándonos de la herramienta dimos con la causa raíz.

Para hacerle frente al principal defecto detectado donde 95 kits con faltante de un componente llegaron hasta manos del cliente, se elaboro el diagrama de análisis 5 por qué, (**Ver Tabla 9**)



TABLA 9 - 5- WHY ANALYSIS.

<b>Problema:</b>	Falta de una pieza en kit	
<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>
¿Por qué en el reporte mensual de defectos de calidad se tiene un 35% de defectos por falta de piezas en los kits? Debido a que a la hora de liberar los kits se basa en el peso de estos y no en la inspección del contenido. Y por ello ni el operador ni el inspector de calidad se percataron del faltante.	¿Por qué para liberar los kits ni el operador ni el inspector de calidad se percataron del faltante? Debido a que las tolerancias por kit fueron mal asignadas y las cajas con faltante estaban dentro de las tolerancias.	¿Por qué fueron mal calculadas las tolerancias del kit? Debido que no existen pesos fijos para las tolerancias máximas y mínimas.

FUENTE: El autor (2016)

La herramienta empleada permitió conocer que la causa raíz que originó el defecto fue la falta pesos fijos en los números de parte de la familia de productos.

**8. PROGRAMA DE PREVENCIÓN.**

La **Tabla 10** muestra el programa de prevención creado ante la falta de un componente en producto.



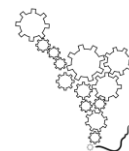


TABLA 10 - PROGRAMA DE PREVENCIÓN DEL DEFECTO.

<b>Problema</b>	Falta de una pieza en kit.			
<b>Causa raíz.</b>	Falta de estandarización en los pesos de los productos.			
<b>Medidas de contención y corrección.</b>				
<b>Acción de contención</b>		<b>Acción correctiva.</b>		
- Entrega de faltantes al cliente.		- Fijar tolerancias para el producto afectado.		
<b>Medidas preventivas</b>				
No.	Acción.	Actividad	Responsable	Plazo
1.	Generar un listado maestro con todos los números de parte de la familia de productos, promediando las tolerancias. Y fijar especificaciones ( <b>Ver figura 2</b> )	<p>Recabar los registros de los pesos de todos los kits tomando como base los 4 libros de registro más recientes.</p> <p>Capturar en una base de Excel las tolerancias de los pesos registrados, omitiendo las especificaciones con las que se liberaron las cajas con defecto</p> <p>Agrupar los datos por número de parte y analizar las tolerancias, sin tomar en cuenta aquellos con diferencia considerable, dejando únicamente los datos cuyas tolerancias posean rangos muy similares.</p> <p>Promediar las tolerancias de los pesos y generar las nuevas especificaciones.</p>	Practicante de Planeación de la Producción.	3 días.
2.	Entrenar a los operadores para la utilización del listado, donde cada que pese un kit, identifique si el peso esta dentro de las tolerancias, de no ser así, indique al superviso y al gerente de calidad.		Supervisor de Battery.	4 días.



3.	Abrir el kit, cuando se encuentren irregularidades en el peso, para revisar que este contenga los componentes descritos en el plano y en el Bill of materials (BOM).		Supervisor de Battery y Gerente de Producción.	3 días.
4.	Liberar productos con la lista creada.		Operadores de Producción e Inspectores de Calidad.	3 días.

**Defecto: Falta de etiqueta.**

FUENTE: El autor (2016)

El análisis para dar con la causa raíz que origino el defecto, se muestra en la **Tabla 11**.

TABLA 11 - 5-WHY ANALYSIS

<b>Problema: Falta de etiqueta</b>				
<b>Why 1</b>	<b>Why 2</b>	<b>Why 3</b>	<b>Why 4</b>	<b>Why 5</b>
¿Por qué el 10% de los defectos se asocian a la falta la etiqueta en productos Point to point?	¿Por qué el operador no la colocó?	¿Por qué se le olvido colocarla?	¿Por qué no verifico la colocación de la etiqueta antes de pasar la pieza al siguiente proceso?	¿Por qué no se tiene proceso de auto inspección de colocación de etiqueta?
El operador no la colocó	Se le olvido colocarla	No verificó la colocación de le etiqueta al pasar la pieza al siguiente proceso	No se tiene proceso de auto inspección de etiqueta establecido	No se consideraba necesario

FUENTE: El autor (2016)

La causa raíz de este defecto establece la falta de auto inspección en esta operación.

**Programa de prevención.**

El programa de prevención de este defecto se muestra en la **Tabla 12**, y establece:



TABLA 12 - PROGRAMA DE PREVENCIÓN DEL DEFECTO.

<b>Problema.</b>	Falta de etiqueta			
<b>Causa raíz.</b>	Falta de auto inspección en esta operación.			
<b>Medidas de contención y corrección.</b>				
<b>Acción de contención</b>			<b>Acción correctiva.</b>	
- Se colocaron las etiquetas faltantes a los productos.			- Establecer auto inspección en el procesos de colocación de etiquetas de los productos Point to point.	
<b>Medidas preventivas</b>				
<b>No.</b>	<b>Acción.</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plazo</b>
1.	Establecer un método para auto inspección de colocación de etiqueta.	<p>La estación anterior a la colocación de etiqueta, colocara los productos en un contenedor.</p> <p>El operador encargado de colocar la etiqueta, tomara del contenedor el cable y colocara las etiquetas correspondientes.</p> <p>Cada cable al que le haya colocado la etiqueta, lo depositara en otro contenedor (de un color diferente).</p> <p>Los contenedores deberán estar debidamente identificados, para evitar que el operador se equivoque de contenedor.</p>	Supervisor y Operador.	1 día.
2.	Entrenar al operador en este cambio al proceso de colocación de etiquetas.		Gerente de Producción.	1 día.



FUENTE: El autor (2016)

**Defecto: Colocación de etiqueta errónea en producto.**

El defecto consistió en el que se colocó la etiqueta del cliente y no el de la empresa, el análisis para encontrar la causa raíz del defecto es el siguiente.

Como causa raíz se identificó que la desactualización en planos orilla a los supervisores a chequear plano del cliente, y por esa razón se imprimieron las etiquetas del cliente y no de la empresa. (Ver **Tabla 13**).

TABLA 13 - 5-WHY ANALYSIS.

<b>Problema: Colocación de etiqueta errónea en producto.</b>			
Why 1	Why 2	Why 3	Why 4
¿Por qué se colocó en el producto la etiqueta del cliente y no la de la empresa?	¿Por qué el supervisor imprimió las etiquetas del cliente y no las de la empresa?	¿Por qué se equivocó?	¿Por qué verificó el plano del cliente y no el de la empresa?
Porque el supervisor imprimió las etiquetas del cliente y no las de la empresa.	Porque se equivocó	Porque verificó el plano del cliente y no el de la empresa.	Porque debe verificarlo ya que algunos planos de Paige tienen la revisión desactualizada

FUENTE: El autor (2016)

**Programa de prevención.**

La **Tabla 14** describe las medidas tomadas para atender la problemática que causó el defecto.



TABLA 14 - PROGRAMA DE PREVENCIÓN DEL DEFECTO.

<b>Problema.</b>	Colocación de etiqueta errónea en un producto.			
<b>Causa raíz.</b>	Se verifico plano de cliente y no de la empresa para fabricación.			
<b>Medidas de contención y corrección.</b>				
<b>Acción de contención</b>			<b>Acción correctiva.</b>	
- Se colocaron las etiquetas faltantes a los productos.			- Actualizar las revisiones en los planos.	
<b>Medidas preventivas</b>				
<b>No.</b>	<b>Acción.</b>	<b>Actividad</b>	<b>Responsable</b>	<b>Plazo</b>
1.	Asignar un responsable de verificar la congruencia entre el plano del producto, el plano del cliente y el sistema AS400.	<p>El gerente de producción enviara por correo el MRP (Planificación de requerimientos de Materiales) al responsable asignado.</p> <p>Validara en cada producto programado en el MRP; el número de revisión en ambos planos y en el sistema coincidan, para tener la certeza de que se fabricara un producto con información actualizada.</p> <p>Se asegurara de revisar los primeros 10 números de parte del MRP de cada familia de productos, implementando esta rutina diariamente.</p>	Ingeniero de Manufactura.	1 día.
2.	Entrenar al responsable para la verificación de revisiones.		Gerente de Producción.	1 día.
4.	En caso de encontrar desactualizaciones, el responsable, notificará a departamento de diseño para hacer los cambios correspondientes.		Departamento de Diseño.	1 día,

FUENTE: El autor (2016)



## Resultados

### Reducción del 50% del top ten de defectos.

Se verifica y compara si hubo o no reincidencia en los defectos atacados en el mes anterior.

Se filtra por familia y por defecto atendido y se obtiene que ocurrió nuevamente el defecto falta de etiqueta aunque en cantidad menor. Ahora 3 defectos en lugar de 19, y únicamente un defecto en uno de los números de parte atendidos anteriormente, sin embargo, dado que la solución para este problema en esta familia de productos, fue la auto inspección en todos los productos fabricados, aunque hubo un control, este defecto si se toma como reincidencia.

La **Tabla 15** muestra la proporción defectuosa estandarizada de los defectos presentes referentes a la falta de etiqueta.

TABLA 15 - PROPORCIÓN DEFECTUOSA ESTANDARIZADA DE LOS DEFECTOS REINCIDENTES.

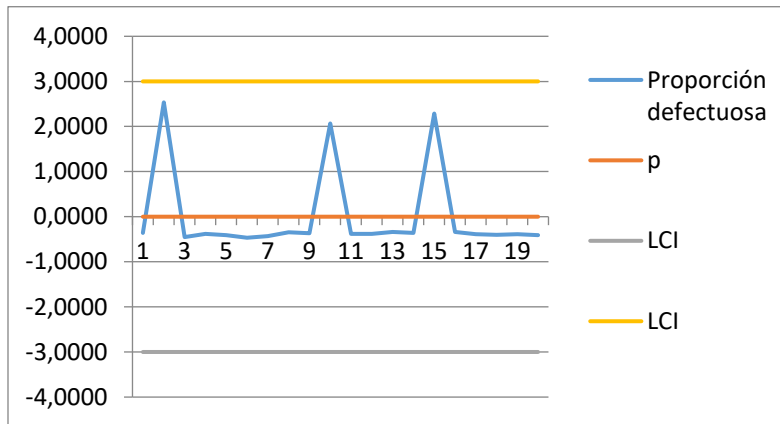
FECHA	SUBGRUPO	OBSERVACION	UNIDAD DEFECTUOSA	Proporción defectuosa	p	LCI	LCI
01-abr	1	1148	0	-0.3578	0	-3	3
02-abr	2	1080	1	2.5347	0	-3	3
03-abr	3	1848	0	-0.4540	0	-3	3
04-abr	4	1280	0	-0.3778	0	-3	3
05-abr	5	1485	0	-0.4070	0	-3	3
08-abr	6	1952	0	-0.4666	0	-3	3
09-abr	7	1675	0	-0.4322	0	-3	3
10-abr	8	1064	0	-0.3445	0	-3	3
11-abr	9	1225	0	-0.3696	0	-3	3
12-abr	10	1466	1	2.0691	0	-3	3
15-abr	11	1281	0	-0.3780	0	-3	3
16-abr	12	1310	0	-0.3822	0	-3	3
17-abr	13	1015	0	-0.3364	0	-3	3
22-abr	14	1144	0	-0.3572	0	-3	3
23-abr	15	1268	1	2.2835	0	-3	3
24-abr	16	1027	0	-0.3384	0	-3	3
25-abr	17	1354	0	-0.3886	0	-3	3
26-abr	18	1428	0	-0.3991	0	-3	3
29-abr	19	1342	0	-0.3869	0	-3	3
30-abr	20	1511	0	-0.4105	0	-3	3
		26903	3				

FUENTE: El autor (2016)

La **Figura 10**, se obtiene de la tabla anterior.



FIGURA 10. GRÁFICA P ESTANDARIZADA DE LOS DEFECTOS REINCIDENTES.



FUENTE: El autor (2016)

Se puede observar que con las medidas adoptadas se logro eliminar los puntos fuera de control a causa de los 3 principales defectos en el mes. Para demostrarlo, se puede observar la grafica 10 correspondiente a estos 3 defectos antes de ser atendidos.

Sin embargo la reincidencia ocasiona que no se obtenga reducción del 51.28% sino del 50.74% del top ten de defectos.

La **Tabla 16** y **Figura 11** muestran la reincidencia de defectos, comparando la cantidad de defectos antes de ser atendidos, y la cantidad de defectos encontrados, después de las medidas implementadas.

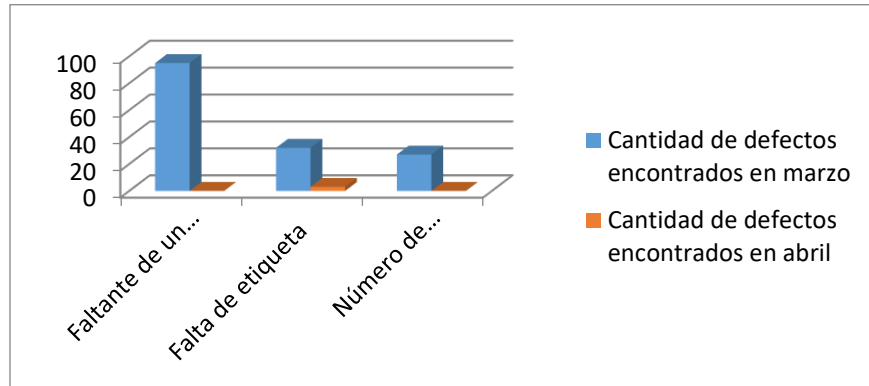
TABLA 16 - TABLA COMPARATIVA DE DEFECTOS DESPUÉS DE LAS CONTRAMEDIDAS IMPLEMENTADAS.

Defecto	Cantidad de defectos encontrados en el mes anterior	Cantidad de defectos encontrados en el mes siguiente
Faltante de un componente en kit	95	0
Falta de etiqueta	32	3
Número de parte incorrecto en etiqueta	27	0

FUENTE: El autor (2016)



FIGURA 10. GRÁFICA DE BARRAS DE DEFECTOS EN EL MES ATENDIDO Y EL MES SIGUIENTE.



FUENTE: El autor (2016)

Se demuestra que las medidas implementadas en el primer y tercer defecto fueron efectivas, reduciéndose en cantidad significativa, dos de ellos a cero.

De acuerdo a la siguiente fórmula:

$y=e^{-DPU}$  puede calcularse la probabilidad de que una unidad esté libre de defecto.

Donde:

$$DPU = \frac{\text{cantidad de defectos}}{\text{cantidad inspeccionada}}$$

Para comprobar la reducción de la probabilidad de que un producto resulte no conforme, se emplea la formula, utilizando los datos del mes atendido frente al mes siguiente:

Mes atendido:

$$DPU = \frac{275}{25952} = 0.01059$$

$$y=e^{-0.01059}$$

$$= 0.9899$$

Así que la probabilidad de que una unidad esté libre de defecto es del 98.99%, mientras existe el 1.05% de probabilidad de que un producto resulte no conforme.

Después de las medidas implementadas, en el mes se registran los siguientes datos:

$$DPU = \frac{234}{26903} = 0.0086979$$

$$y=e^{-0.00869} = 0.9913$$





Aumentando la probabilidad de que una unidad se encuentre libre de defecto al 99.13% y reduciendo al 0.86% la probabilidad de fabricar un producto no conforme.

#### **Discusión de resultados.**

Las herramientas aplicadas fungieron como guía hacia la disminución del 50.74%. de los defectos. El diagrama de Pareto, de manera grafica, nos indico cuales eran los principales defectos que deberían ser atendidos para la reducción del 80% del total de defectos.

La herramienta de análisis 5 por qué, fue útil para determinar rápidamente a que se debía la incidencia de cada defecto. La sencillez en la aplicación de esta herramienta nos permitió identificar que era la apropiada, para fijar las contramedidas a la brevedad.

El grafico p, demostró que existían causas especiales en la variabilidad del proceso y nos ayudo a controlarlas mediante el análisis de datos en los registros de calidad.

El programa de prevención permitió la disminución de la probabilidad de fabricar un producto no conforme, del 1.05% al 0.86%.

#### **9. CONCLUSIONES**

Al descubrir con esta investigación que el defecto con menor control está relacionado con la etiqueta, ya sea por faltante de esta, mala colocación o error en su contenido, se recomienda monitorear la operación por separado en cada línea, haciendo observaciones por línea o familia de productos, y emplear un análisis exclusivamente para este defecto a través del grafico p, fortaleciendo la búsqueda de la causa raíz con una herramienta más completa de análisis como el Ishikawa que pueda evaluar los 6 tipos de causas existentes.

Y establecer estrategias para que el operador no olvide colocarla.

Durante uno de los cursos sobre re trabajo, los operadores hicieron la mención de que en ocasiones no se trata de descuido si no que estas se desprenden, por lo que las estrategias podrían inclinarse hacia esta causa.

Existen acciones que se pueden implementar a través del un proyecto PDCA, donde se experimente en cada línea lo siguiente y medir resultados, si funciona hacer los cambios en el proceso:

En la línea en la que se fabrica un mayor número de piezas, se recomienda establecer inspección, ya que en ninguna de las líneas se cuenta con esta estación, es el departamento de calidad el encargado de hacer las inspecciones, sin embargo se requiere que también producción se involucre con estas revisiones.



En la línea en la que hay productos que deben llevar hasta 35 o más etiquetas, el operador se basa en el plano para colocarlas pero no tiene la certeza de la exactitud del número de etiquetas que le corresponde a los productos que fabrican, por lo que para liberación de primera pieza se puede establecer que en el tablero (fixture) se establezca la cantidad de etiquetas a colocar, el operador cuente las que ha colocado y compare el número con las establecidas en el tablero, para asegurarse de que no olvido colocar alguna.

En la línea en la que se colocan dos etiquetas en una misma operación; se pueden separar las etiquetas, de manera que una se coloque durante otra de las operaciones y en la estación de etiqueta ya solo se coloque una, en lugar de dos. Así habrá un responsable por etiqueta y menor margen de error.

En la última línea se plantea que haya certificación de operadores en la operación, donde se aíslen las operaciones que requieren de mayor atención, porque se puede caer en posibles defectos como es la prueba eléctrica y la colocación de etiqueta.

Con estas acciones se estima que se tenga mayor control del problema y se abarque a toda la planta pero con atención particular en el proceso de cada familia de productos.

Durante la realización de este proyecto se trabajó en conjunto con supervisores, acción que permitió la ampliación de ideas y el establecimiento de posibles soluciones.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación. (s.f). **Plan de Mejoras**. Recuperado de <https://utc.ua.es/es>

Arango, L. J. (diciembre de 2009). Importancia de los costos de la calidad y no calidad en las empresas de salud como herramienta de gestión para la competitividad. [ *Revista EAN*, (67), 75-94]. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-81602009000300006&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602009000300006&lng=en&tlng=es).

Besterfield, D.H.(1995) **Control de la Calidad**. 4ª. ed. en español; R. Bautista, Trad.). México: Prentice Hall Hispanoamericana.

Carro, R., y González D. (2012). **Control estadístico de procesos**. [archivo PDF] Recuperado de <http://nulan.mdp.edu.ar/>



- Gutiérrez, Humberto (2006) Cartas de control Bayesianas para atributos y el tamaño de subgrupo grande en la carta p. Recuperado de *Revista Colombiana de Estadística*, vol. 29, núm. 2.
- Gutiérrez Pulido, H., y Salazar, V. (2004). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Recuperado de <http://iindustrialtp.com.mx/>
- Gutiérrez Pulido, H., y Salazar, V. (2013). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Recuperado de <http://iindustrialtp.com.mx/>
- Hirano, H. (2017, octubre 6). **Poka-yoke** (Spanish): *Mejorando la Calidad del Producto Evitando los Defectos*. Recuperado de <https://www.routledge.com/>
- Hernández-Pedrerá, Carlos, & Da Silva-Portofilipe, Filipe (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *Tecnología Química*, XXXVI(1),130-145.[fecha de Consulta 10 de Diciembre de 2020]. ISSN: 0041-8420. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4455/445543786011>
- Hernández Pedrerá, F. D. (Enero-Abril de 2016). *scielo*. Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852016000100010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852016000100010)
- International Organization for Standardization (ISO).org(2015).*iso.org.Sistemas de Gestión de Calidad – Requisitos*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5v1:es>
- Lara-Hernández, C., Melo-González, R., Herrera-Ruiz, D. A., & Valdez-Gómez, J. A. (2011). “Control estadístico de procesos en tiempo real de un sistema de endulzamiento de gas amargo. Metodología de Resultados”. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 26 (2), 57-74. Recuperado de : <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48221175002>
- Molina, J. M. (2013). Identificación y Analisis de Causa Raíz de problemas de calidad de naturaleza compleja aplicado al campo automotriz. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/>. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8065/4/CD-5246.pdf>
- Pérez, J., La Rotta, D., Sánchez, K., Madera, Y., Restrepo, G., Rodríguez, M., ... & Parra, C. (2011). Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/>



www.relainep.ufpr.br



Peresson, L. (Enero de 2007). Sistemas de gestión de calidad con enfoque al cliente [archivo PDF]. Recuperado de [ucipfg.com/](http://ucipfg.com/).

Rodríguez, Pierdant, A., (2009) Control estadístico de la calidad de un servicio mediante Gráficas X y R. *Política y Cultura*. 32, pp. 151-169. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/polcul/n32/n32a9.pdf>

Rojas, F. Ruíz. A. (2006, marzo). *Control estadístico de procesos*. [archivo PDF]. Recuperado de <https://web.cortland.edu/>

Ruiz-Falcó, Rojas Arturo (2009) **“Herramientas de calidad”** Universidad Pontificia Comillas, Madrid.

Saucedo y López (2016) Ilustración de la pruebas 1, 2 ,3 ,4 ,5 ,6 y 7 [Gráfico] Recuperado de <http://www.cienciacierta.uadec.mx/>

Saucedo A.I, y Lopez J. C. (2019, septiembre 26). Control Estadístico del Proceso. *CienciAcierta Revista de divulgación científica, tecnologica y humanistica*. Recuperado de <http://www.cienciacierta.uadec.mx>