

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Industrial

Propuesta de mejora a línea de producción BR3P a través de un evento kaizen de reducción de variación.
Empresa EATON Corp. Haina, R.D



Trabajo de Grado Presentado por:

Ramón Antonio Rodríguez Florentino

Ana Yudelka Mariñez Carmona

Para la obtención del grado de Ingeniero Industrial

Santo Domingo, D.N.

2018

Agradecimiento

Doy gracias a Dios todo poderoso por darme la fuerza y la fortaleza de continuar con este proyecto de vida, porque me ha guiado en mi camino y no me ha dejado en el suelo en momentos en que todo estaba perdido.

Agradezco enormemente a mi madre Isabel Florentino, quien nunca dejó de apoyarme a cada momento de mi trascorrir como estudiante universitario, por el apoyo sentimental y por ser una luz a seguir como ejemplo de superación.

A mi esposa Dariana Nina porque a pesar de las responsabilidades del hogar nunca dejo de alentarme y apoyarme, aun dejando de dedicarle un gran número de horas a la familia para dedicarme a estudios, siempre fue comprensiva y estuvo a mi lado a cada momento, acompañándome en aquellos momentos de luces y también de sombras.

A mis compañeros de trabajo, Annerys Luna, Wascar Montero, Julio Feliz, Aniel Feliz, Luis Rivero, Alberto Pérez, Héctor Pérez, Ramón Valdez, y antigua supervisora María T. Hernández, quienes siempre han tenido un consejo apropiado para mí cuando lo necesité.

A todos ustedes, gracias.

Ramón Antonio Rodríguez Florentino

Agradecimiento

En primer lugar le doy las gracias a Dios, por permitirme estar con vida y salud para poder llevar a cabo este proyecto, dándome la oportunidad de haber concluido con esta gran meta de mi vida, porque a pesar de todas las dificultades y experiencias difíciles mi fe ha sido un motor de inspiración en cada una de las decisiones tomadas en mi vida.

Agradezco grandemente a mis padres Ernestina Carmona y Nelson Mariñez, mi hijo Yadiel Soriano, mi esposo Michael Soriano y mis hermanos, los cuales fueron motor de impulso, por su apoyo incondicional, por su alto sentido de optimismo valoración y motivación depositada sobre mí.

A mi asesor, Marcelino Paniagua, por haber tenido esa gran paciencia para explicarme cada detalle, logrando así que yo emprenda para dar lo mejor de mí en cada día buscando la perfección para que mi trabajo hable por mí.

A mi compañero de proyecto Ramón Rodríguez, quien desde los inicios aportó sus grandes ideas para que el proyecto quede excelente.

Gracias por todo

Ana Yudelka Mariñez Carmona

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mi madre quien siempre ha estado allí dando el apoyo necesario para poder completar este camino y seguir avanzando a nuevos retos. A mis hijos, Isael e Ivanna, para que esto les sirva de ejemplo de superación, para que puedan alcanzar sus metas sin importar los obstáculos que puedan aparecer en el camino. También lo dedico a mi esposa, quien siempre estuvo y estará a mi lado para acompañarme en cada meta que me trace en la vida.

Ramón Antonio Rodríguez Florentino

Dedicatoria

Dedico este logro mis padres, quienes con cariño y esfuerzo me han acompañado en este proceso sin dudar en ningún instante de ver realizados mis sueños, que también son sus sueños, a mi hijo quien ha sido ente motivador para seguir adelante, a mi esposo y mis hermanos quien han creído en mí y nunca me han dejado sola en la toma de decisiones.

Ana Yudelka Mariñez Carmona

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| Agradecimiento | I |
| Dedicatoria | IV |
| CAPÍTULO I – ASPECTOS GENERALES | 2 |
| 1.1 Antecedentes..... | 2 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 3 |
| 1.2.1 Contextualización | 4 |
| 1.2.2 Formulación y Sistematización del Problema | 6 |
| 1.3 Justificación..... | 7 |
| 1.4 Objetivos | 1 |
| 1.4.1 Objetivo general | 1 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 1 |
| 1.5 Hipótesis..... | 2 |
| 1.6 Delimitación de la investigación..... | 3 |
| 1.6.1 Alcance | 3 |
| 1.6.2 Enfoque | 3 |
| 1.6.3 Límites..... | 4 |
| CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1 La empresa | 5 |
| 2.1.1 Conceptualización de la empresa | 5 |
| 2.1.2 Historia..... | 6 |
| 2.1.3 Misión, visión y valores corporativos..... | 8 |
| 2.2 Seis sigma:..... | 9 |
| 2.2.1 Cálculos del nivel del DPMO y nivel Sigma..... | 10 |
| 2.3 Kaizen reducción de variaciones (VRK)..... | 12 |
| 2.4 DMAIC 6 Sigma..... | 14 |
| 2.5 Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing):..... | 18 |
| 2.6 Proceso: | 19 |
| 2.7 Celda de manufactura:..... | 19 |
| 2.8 Línea de ensamble: | 19 |
| 2.9 Número de polos:..... | 20 |
| 2.10 Productividad:..... | 20 |

| | |
|---|----|
| 2.11 QC (Quality Control): | 20 |
| 2.12 Breaker: | 20 |
| 2.13 Breaker hembra:..... | 21 |
| 2.14 Breaker macho:..... | 21 |
| 2.15 Base:..... | 21 |
| 2.16 Tapa: | 21 |
| 2.17 Remache:..... | 21 |
| 2.18 Breaker sin enganche: | 22 |
| 2.19 Línea de producción BR3P:..... | 22 |
| 2.19.1 Estructura organizacional de la línea:..... | 23 |
| 2.19.2 Distribución de la línea..... | 24 |
| 2.19.3 Procesos y operaciones de la línea | 25 |
| 2.19.4 Diagrama de proceso de las operaciones | 26 |
| 2.19.5 Lista y descripción de las operaciones | 28 |
| 2.19.6 Las principales fallas en la línea | 30 |
| 2.20 Los 5 Porqués | 37 |
| 2.21 Diagrama de cola de pescado | 38 |
| CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO | 39 |
| 3.1 Diseño de la investigación..... | 39 |
| 3.2 Método de estudio..... | 39 |
| 3.3 Observación..... | 39 |
| 3.4 Análisis..... | 40 |
| 3.5 Investigación bibliográfica | 40 |
| 3.6 Instrumentos de investigación | 40 |
| 3.7 Metodología de la investigación | 41 |
| SEGUNDA PARTE | 42 |
| DESARROLLO DEL PROYECTO..... | 42 |
| CAPÍTULO III PROPUESTA DE MEJORA..... | 43 |
| 4.1 Introducción..... | 43 |
| 4.2.1 Situación Actual..... | 44 |
| 4.2.2 Análisis de 5 por qué..... | 46 |
| 4.2.3 Diagrama SIPOC..... | 48 |
| 4.3 Medir..... | 49 |

| | | |
|--|--|----|
| 4.4 | Analizar | 55 |
| 4.5 | Mejorar | 59 |
| 4.5.1 | Nuevas guías en máquinas remachadoras..... | 59 |
| 4.5.2 | Sistema de inspección por visión artificial..... | 61 |
| 4.5.3 | Plan de entrenamiento | 62 |
| 4.6 | Controlar..... | 63 |
| CAPÍTULO V. CONSIDERACIONES FINALES | | 64 |
| 5.1 | Conclusión..... | 64 |
| 5.2 | Recomendaciones | 66 |
| BIBLIOGRAFIA..... | | 68 |
| ANEXOS | | 70 |
| Anexo A: Tabla de conversión de rendimiento y DPMO al nivel sigma..... | | 70 |
| Anexo C: Imágenes de roturas por mal colación de extintores | | 72 |
| Anexo D: cotización sistema de inspección por visión artificial..... | | 73 |
| Anexo E: Formulario TPM | | 73 |
| HOJA DE EVALUACIÓN..... | | 74 |

PRIMERA PARTE
ASPECTOS GENERALES

CAPÍTULO I – ASPECTOS GENERALES

1.1 Antecedentes

Los niveles desperdicios en la planta de MCB se han acelerado considerablemente en los primeros 6 meses del año 2017, varias líneas de producción agotaron en un lapso de solo 6 meses el presupuesto asumido para desperdicios, entre ellas la línea de producción de breaker residenciales BR3P. Esta problemática ha llevado a tomar acciones en pro de reducir y frenar dicho aumento de desperdicios.

Visto esto, en BR3P el detractor número uno son las roturas de plásticos representando el 60.83% del monto total de desperdicios para un periodo de 6 meses. Estos altos índices de roturas han dado la alarma a los equipos de ingeniería, calidad y mantenimiento para la búsqueda de soluciones (TPM, revisión de control plan, plan continuo de mantenimiento) que logren estabilizar y reducir los niveles de roturas de plásticos en la línea de producción sin obtener al momento logros significativos en la reducción de roturas de plásticos.

1.2 Planteamiento del problema

En un periodo no mayor a seis meses los indicadores de desperdicios han incrementado en un 62% por encima de los límites establecidos en el año 2017, perjudicando negativamente las métricas operacionales del área bajo estudio.

En virtud de lo antes planteado la línea se ha visto afectada con un alto nivel de desperdicios a causa de las variaciones del rendimiento del proceso siendo los principales detractores, roturas de plásticos (bases y tapas) y variaciones en las pruebas termales, generando problemas de garantía, quejas de clientes y paradas no deseadas en la producción.

1.2.1 Contextualización

Desde los tiempos de la revolución industrial, las industrias han tratado día a día de mejorar sus procesos productivos buscando mejores maneras de hacer las cosas mitigando las variaciones al mínimo. Según James Harrington (1993), mejorar un proceso, significa cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable, qué cambiar y cómo cambiar depende del enfoque específico del empresario y del proceso.

En los últimos 6 meses (periodo enero – julio, 2017) la línea de producción BR3P se estuvo viendo afectada por diversas variaciones en el proceso. Estas variaciones han llevado a acumular un monto en desperdicios del proceso de US\$ 29,165 atribuidos a diversos tipos de defectos, entre los que podemos mencionar las roturas de plásticos (bases y tapas), siendo estos los más representativos en la cantidad de dinero antes citada. Estos defectos incrementaron sustancialmente las métricas de desperdicios hasta en un 68% sobre el objetivo mensual de US\$ 3,000 para la línea de producción y ocasionaron alteraciones en los tiempos de producción, retrasos en la entrega de órdenes a clientes, la calidad del producto, la eficiencia de empaque y una disminución promedio de un 10% del rendimiento del proceso.

Estas variaciones antes mencionadas pueden relucir en el proceso por distintos factores, tales como: maquinarias, materiales fuera de especificaciones, factores ergonómicos y medio ambientales, recurso humano y herramientas, que relucen a raíz de desajustes o desgastes de dichas maquinarias y herramientas, errores, descuidos o fallas.

Múltiples son las consecuencias que traen consigo las variaciones pues a raíz de un mayor número de estas se incrementa también la utilización de recursos y más tiempo se tarda para completar una tarea. Las roturas de plásticos y los breakers sin enganche han representado a lo largo del tiempo de vida de los productos que se producen en la línea BR3P una amenaza potencial no solo para la calidad del producto sino también de los índices de rendimiento y la estabilidad de las métricas de producción. Son causantes de incrementos en los costos de producción y alteran de igual manera los beneficios y resultados extendiendo el tiempo en alcanzar las metas.

Por medio de diferentes tipos de análisis de ingeniería, tales como: rendimiento de maquinarias, análisis de procesos y reducción de variaciones, todos englobados en un evento Kaizen pretendemos hacer propuestas de mejoras enfocadas a reducción de variaciones en equipos, maquinarias y procesos de producción, a fin de lograr reducciones significativas de costos y desperdicios que aumenten la eficiencia, el rendimiento en los procesos y la calidad en la línea bajo estudio. Con esta metodología pretendemos aumentar las métricas de servicio y satisfacción al cliente, para de una vez por todas reducir la brecha existente entre los objetivos ya establecidos y el desempeño real del proceso.

1.2.2 Formulación y Sistematización del Problema

En virtud de que las roturas de bases y tapas en la línea de producción son un problema que amerita atención y que despierta un gran número de interrogantes en busca de soluciones que frenen este tipo de variación en el proceso, nos hemos formulado las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuáles son las maquinarias y dimensiones críticas en materiales que representan riesgo de rotura de bases y tapas en la línea de producción?
2. ¿Qué mejoras podrían implementarse en maquinarias, métodos y materiales para lograr una reducción de roturas de bases y tapas y un incremento en la eficiencia de empaque?
3. ¿Qué mejoras podrían implementarse en maquinarias, métodos y materiales para lograr una reducción de roturas de bases y tapas?
4. ¿Cómo podríamos mantener estable los objetivos de desperdicios relacionados a roturas de plásticos generados en la línea?

1.3 Justificación

Este trabajo de investigación ha sido orientado a estudiar y presentar soluciones a los principales problemas que atacan en línea de producción BR3P de dispositivos eléctricos, centrándonos específicamente en las roturas de plásticos, pues este fue el factor número uno en cuanto a las métricas de desperdicios para dicho negocio.

Para el año 2017, el monto límite de desperdicios permitido en la línea de producción BR3P fue de US\$ 3,000 es decir US\$ 18,000 en desperdicios para esta sección del negocio de la planta en un periodo de 6 meses y los montos a causa de roturas de plásticos en el periodo Febrero – Julio ascienden a un monto de US\$ 19,019, es decir un 5.66% por encima del objetivo del monto permitido, esto representa un costo promedio mensual de roturas de US\$ 3,169.83 (por encima de los límites de desperdicios de la línea), dejando muy poco presupuesto para otros modos de fallas que también intervienen generando desperdicios en el proceso. Esto provocó que las métricas de desperdicios queden mes tras mes por encima del límite asumido.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Reducir en un 30% mensual el porcentaje de desperdicios por roturas de bases y tapas a través de un evento Kaizen en la línea de producción de breakers BR3P.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar y analizar las medidas y maquinarias que intervienen en el incremento de desperdicios
2. Sugerir mejorar en los procesos, maquinarias y métodos que nos permitan obtener un incremento de más de un 4% en la eficiencia de empaque.
3. Plantear las propuestas de mejoras al proceso que nos permitan reducir los niveles de desperdicios de plásticos del proceso.
4. Definir planes de control efectivos que permitan reaccionar y corregir de inmediato situaciones de roturas de plásticos.

1.5 Hipótesis

La optimización de procesos en el área de ensamble y las mejoras mecánicas en maquinarias que interactúen con bases y tapas en el proceso de ensamble de un breaker en la línea de producción BR3P dará como resultado la disminución de los niveles de desperdicios y traerá como consecuencia el aumento de la eficiencia del proceso.

1.6 Delimitación de la investigación

1.6.1 Alcance

El proyecto “Propuesta de mejora a línea de producción a través de un evento kaizen” es un proyecto industrial aplicado de tipo descriptivo, donde en el periodo que comprende enero – junio 2017 se han analizado los procesos productivos de la línea de producción BR3P en busca de mejoras que estarán orientadas a:

- Reducción de desperdicios
- Reducción de costos
- Aumento del rendimiento del proceso
- Apoyo a la Filosofía de Lean Manufacturing
- Reducción de defectos de Calidad
- Proponer mejoras a maquinarias y herramientas

1.6.2 Enfoque

Este trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo, pues por medio de que se recolectaron datos que permitieron probar la hipótesis en base a estudios de tiempos que nos permitieron comprender la situación actual de la línea de producción bajo análisis.

1.6.3 Límites

La investigación estuvo orientada a la mejora de la línea para los estilos de breakers más demandados por los clientes, a pesar de que allí se producen estilos que tienen un volumen de demanda no muy elevados e incluirlos en el plan de mejora no hubiese representado un peso significativo en el aumento de las métricas que hemos perseguido elevar.

Aunque este proyecto no es un evento seis sigma con todo lo que conlleva su dinámica de ejecución, para este tipo de Investigación, el “Kaizen de reducción de variaciones” plantea seguir los pasos y la metodología de un proyecto de seis sigma y las ventajas que nos puede ofrecer el trabajo multidisciplinario de un evento Kaizen en corto tiempo logrando al menos el 80% de lo que podríamos alcanzar con un evento de la magnitud seis sigma.

Se ha limitamos solo a los problemas de roturas de plásticos en máquinas remachadoras ya que estos representan más de un 50% entre los detractores de roturas y no a procesos externos de departamentos tales como materiales, almacenes, finanzas y soldadura, ya que estos ameritan de un involucramiento más extenso a nivel gerencial y de un equipo de trabajo multidisciplinario de nivel internacional.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 La empresa

2.1.1 Conceptualización de la empresa

EATON Corporation Inc. es una compañía multinacional de origen estadounidense vinculada a la gestión de energía eléctrica, hidráulica y mecánica, que vende productos a clientes en 175 países con su sede corporativa en Dublín, Irlanda, y posee una nómina corporativa de más de 95,000 empleados. Es un proveedor líder de componentes y sistemas eléctricos para la calidad, distribución y control de energía; componentes, sistemas y servicios hidráulicos de equipos industriales y móviles; sistemas aeroespaciales de combustible, hidráulicos y neumáticos de uso comercial y militar; sistemas de transmisión de camiones y automotores; y sistemas de propulsión para rendimiento, economía de combustible y seguridad.

Para la elaboración del presente proyecto, nos limitaremos a una de las línea de producción de su cede en República Dominicana, la cual tiene sus instalaciones en el parque industrial de PIISA del municipio de Haina, San Cristóbal.

2.1.2 Historia

Fue fundada en 1911 por Joseph O. Eaton, Henning O. Taube y Viggo V. Torbensen, en Bloomfield, Nueva Jersey incursionando para dicha época en el mercado de transmisión de camiones.

A través del tiempo la Corporación EATON ha venido incursionando en distintos tipos de negocios en todo el mundo abriéndose camino por primera vez fuera del territorio Estado Unidos en 1937 con la apertura de una planta de fabricación en Canadá.

Para 1985 EATON Electrical inicia sus operaciones por primera vez en República Dominicana con la producción de breakers residenciales y fue la primera empresa que se estableció en el Parque Industria Itabo S.A. (PIISA). En 1998 la firma inicia la operación de breakers industriales y en 2007 decide cerrar su fábrica manufacturera de Puerto Rico y consolidar ese tipo de producción en República Dominicana con una inversión aproximada de US\$8 millones, solo dejando en la hermana isla las plantas que suplen de materia prima a las nuevas instalaciones de Rep. Dom.

Eaton Electrical produce en República Dominicana controles electrónicos y breakers residenciales, con una capacidad de 200,000 unidades diarias, además de que tiene en el país su única división de producción de breakers industriales, que es la única fábrica de ese tipo de producto en el país, en la que se producen alrededor de 13,000 unidades por día y se han generado 1,200 puestos de trabajo. El 100% de su producción es para exportación y se reimporta una proporción de aproximadamente 3% para satisfacer la demanda nacional.

La empresa es el mayor proveedor de breakers para Estados Unidos y Canadá y el tercero del mundo. Sus exportaciones se dirigen a Estados Unidos, Canadá, Europa, Asia, Australia, Centro y Sur América, donde Costa Rica y Brasil son sus principales mercados. PIISA del municipio de Haina, San Cristóbal.

Eaton ofrece entre sus breakers residencial diversos tipos de productos de acuerdo a la necesidad del cliente, estos son:

- Breakers Tipo CH, evitan molestos disparos en sobrecargas leves y reacciona casi instantáneamente a condiciones severas de cortocircuito
- Breakers Tipo BR, posee 10 años de garantía y es utilizado en centros de carga o dispositivos similares
- Circuito de breaker de falla de interrupción de arco eléctrico, es un disyuntor de arco-falla con un procesador integrado que reconoce las firmas únicas de corriente y / o voltaje asociadas con fallas de arco
- Interruptor de circuito de falla a tierra, son interruptores de circuito de falla a tierra diseñados para proteger a personas y equipos del choque eléctrico.
- Breakers de protección a sobretensiones. Los interruptores de sobretensión sincronizan un interruptor de 2 polos en funcionamiento con protección contra sobretensiones de la casa. Los interruptores automáticos de sobretensión brindan protección contra sobretensiones sin ceder dos posiciones en el centro de carga esto los hace ideales para aplicaciones donde hay un número limitado de espacios en el panel.

2.1.3 Misión, visión y valores corporativos

- Misión: Brindar soluciones de administración de la energía segura, confiable, eficiente y sostenible a los clientes a nivel mundial.
- Visión: Ser una de las compañías más admirada del mercado.

- Valores de Eaton: Comprendemos que nuestra capacidad de lograr nuestros objetivos de desempeño depende de que cada uno de nosotros adopte nuestros valores fundamentales:
 - Orientación al cliente: Nuestro cliente es la razón de todo lo que hacemos.
 - Personas: Reconocemos a nuestras personas como nuestro recurso más valioso.
 - Confianza: Confiamos en la fiabilidad de otros para hacer lo correcto.
 - Respeto: Nos tratamos con respeto y consideración.
 - Dignidad: Respetamos el orgullo y la autoestima de los demás.
 - Integridad: Somos honestos y éticos.

Creemos que logramos “Excelencia a través de las personas” creando y manteniendo un lugar de trabajo de alto desempeño (Eaton Corp., 2011).

2.2 Seis sigma:

Concepto creado por Motorola en la década de los 80. Este concepto puede ser definido como una metodología de calidad que es aplicada para ofrecer un mejor producto o servicio, en menor tiempo y al menor costo posible, basándose en la eliminación de defectos y la satisfacción del cliente. Este concepto fue impulsado por Bob Galvin quien para ese entonces fue el presidente de la compañía Motorola, este anuncio el objetivo más famoso de los programas encaminados a la calidad para los Estados Unidos: Lograr un nivel de calidad Seis sigma en nuestros productos y servicios equivalente a 3.4 defectos por millón para el año 1992” (Barba, Boix y Cuatrecasas: 2000 pp 12).

Seis sigma es la metodología que ayuda de manera consistente a las organizaciones a cumplir con las exigencias de sus clientes y mejorar continuamente enfocándose en los procesos.

Algo muy importante es destacar que la metodología seis sigma busca plenamente la satisfacción al cliente; persigue conocer la voz del cliente (VOC) para así definir puntos críticos para su satisfacción (CTS). El cliente define la VOC que son traducidos en requerimientos críticos para el cliente (CCR), críticos para la calidad (CTQ), críticos para entrega a tiempo (CTD) y críticos para el costo (CTC).

Para Seis sigma, entre los límites superiores e inferiores de las especificaciones deben estar contenidos los límites del proceso. En palabras más llanas los límites de las especificaciones representan la voz del cliente mientras que los límites del proceso representan la voz del proceso. Esto podemos notarlo de manera más clara en el siguiente gráfico.

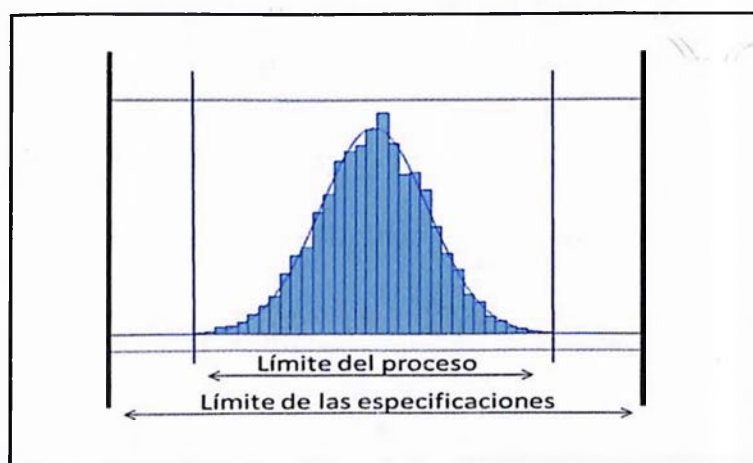


Figura 3. Límites del Proceso. Fuente Elaboración propia.

2.2.1 Cálculos del nivel del DPMO y nivel Sigma

El nivel sigma es un indicador de variación que corresponde a cuantas desviaciones estándar caben entre los límites de especificación del proceso. Pero para su determinación es muy importante obtener la cantidad de defectos por millón de oportunidades término generalmente conocido como DPMO. (www.ingenieriaindustrialonline.com, 2016)

El DPMO se calcula con la siguiente fórmula:

$$DPMO = \frac{1.000.000 \times D}{U \times O}$$

Dónde:

D = Número de defectos observados en la muestra.

U = Número de unidades en la muestra (tamaño de la muestra).

O = Oportunidades de defectos por unidad.

Un proceso seis sigma se busca que el DPMO sea inferior a 3.4 defectos o clientes insatisfechos por cada millón de oportunidades.

Los DPMO son una manera de calcular la llamada “capacidad” de una determinada característica de un proceso. Se aplica cuando esa “característica” es un conteo de defectos de un producto o servicio (no-conformidades de un producto manufacturado o de un servicio otorgado). Es, además, un indicador muy utilizado en Seis Sigma. (Wikipedia, Enciclopedia Libre, n.d.).

Una vez calculado el DPMO es posible calcular el rendimiento del proceso (Process Yield) y el nivel sigma que este representa por medio de las fórmulas a continuación:

$$DPO = \frac{D}{U \times O}$$

$$Yield = (1 - DPO) \times 100$$

Dónde:

DPO = Defectos por oportunidad.

Yield = Desempeño del proceso

D = Número de defectos observados en la muestra.

U = Número de unidades en la muestra (tamaño de la muestra).

O = Oportunidades de defectos por unidad.

2.3 Kaizen reducción de variaciones (VRK)

VRK es una herramienta sistemática que combina la velocidad y la dinámica de equipo de un evento kaizen con probadas técnicas de resolución de problemas, tales como Seis Sigma; 8D; Justo a Tiempo; Mapeo de flujo de valores (VSM); y prueba de errores.

Es un proceso paso a paso, orientado a la acción para identificar y eliminar de forma oportuna las variaciones (desperdicios) en el proceso, diseñado para lograr aproximadamente el 80% de lo que un proyecto Seis Sigma podría lograr.

Entre los resultados y beneficios que arrastra consigo el VRK están:

- Participación y empoderamiento de los empleados.
- Productividad mejorada sin estrés adicional.
- Mejora consistente de la calidad.
- Reducción o eliminación de errores (causas de defectos).
- Estabilidad del proceso de trabajo.
- Aumento de la seguridad de los empleados.
- Mejor gestión de costes a medida que se eliminan los residuos.
- Disponibilidad de una gran herramienta para la capacitación del personal.



Figura 1. Integración de Kaizen, Lean y Seis Sigma

En la figura número 1 representamos de forma gráfica la integración de las técnicas de Manufactura esbelta (Lean Manufacturing) trabajando en conjunto con los métodos y herramientas de resolución de problemas de seis sigma en un evento Kaizen.

2.4 DMAIC 6 Sigma

Esta metodología debe su nombre a las siglas en inglés que traducidas significan definir, medir, analizar, mejorar y controlar (Pyzdek 2003: 238). Consta de 5 Pasos en los cuales se van desarrollando una serie de actividades que permiten optimizar los procesos reduciendo la variación y centrándolos en el valor nominal deseado. (<http://www.caletec.com>, 2014)

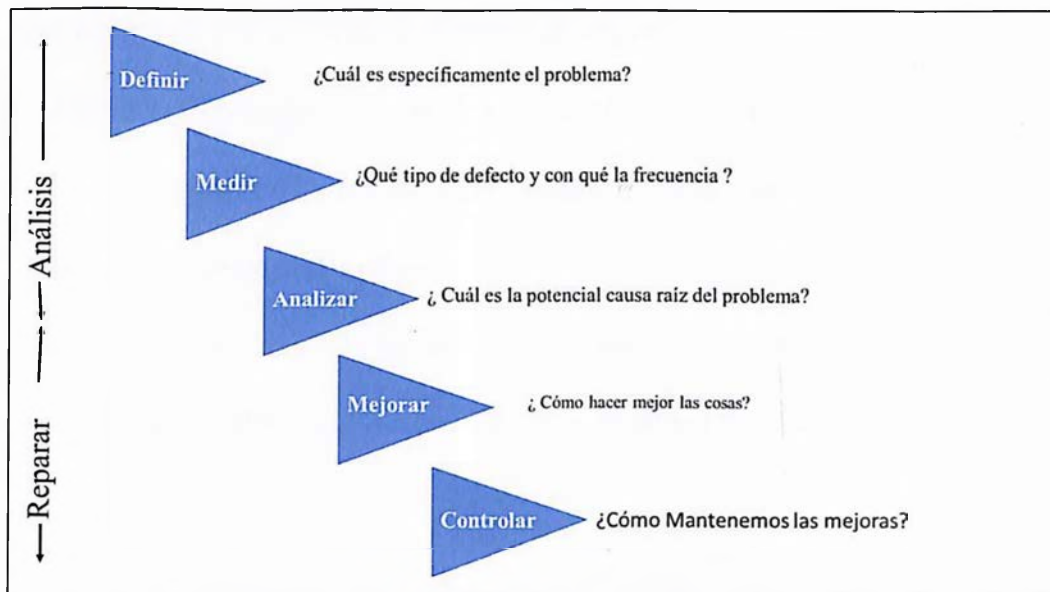


Figura 2. Fases de DMAI.

A continuación citamos cada una de las etapas de la metodología así como también las tareas que han de realizarse en cada etapa de esta metodología:

DEFINIR

Es la etapa del proyecto en donde han de definirse los objetivos de la actividad a mejorar.

Las herramientas utilizadas en esta etapa son las siguientes:

- Cuadro de proyecto (project charter).
- Describir el problema con su orden de magnitud y Planteamiento del problema con datos.
- Calcular el impacto económico del problema.
- Establecer los objetivos del proyecto (ambicioso, datos).
- Estimar los beneficios del proyecto (económicos y otros).
- Alcance del proyecto (perímetro definido) y restricciones.
- Proponer equipo de trabajo (roles y responsabilidades).
- SIPOC: Entender el proceso a alto nivel y las partes implicadas.
- Arbol VOC o árbol CTQ (Critical to Quality): estas herramientas están orientadas a identificar las necesidades del cliente.
- Diagrama de Proceso: una vez identificada el área se procede a elaborar un diagrama de proceso donde se detallan aquellos factores críticos de los procesos.

MEDIR

Esta es una etapa muy importante del proyecto ya que es la que permite la recolección de los datos para evaluar es estado actual del proceso y suministra la informaciones necesarias para las etapas de análisis y mejora del mismo. Se utilizan herramientas como:

- Índice de Capacidad del Proceso: se utiliza para medir el desempeño actual del proceso y verificar si se está cumpliendo con las especificaciones del cliente.
- Estudio Gage R&R: se utiliza para validar el sistema de medición.

ANALIZAR

- Para esta etapa se analiza la situación actual y son identificadas las posibles soluciones para alcanzar los objetivos deseados (Pyzdek 2003 pp 238). Entre las herramientas utilizadas en esta etapa encontramos:
- Diagrama de Pareto
- Análisis Modal Falla Efecto
- Diagrama ISHIKAWA
- Lluvia de ideas

MEJORAR

Para mejorar se deben encontrar nuevas maneras de hacer mejor las cosas y precisamente de esto se trata en esta etapa. Aquí han de utilizarse distintos métodos estadísticos que ayuden a validar las mejoras planteadas. Entre las herramientas utilizadas están:

- Diseño de Experimentos
- Estandarización de Proceso
- Poka Yoke
- 5 S`
- Uso de controles visuales

CONTROLAR

Una vez mejorado se debe controlar el sistema, en virtud de esto deben de incentivarse las mejoras a través de programas, políticas, procedimientos y sistemas de gestión (Pyzdek 2003: 238 pp). Que ayuden a asegurar la sostenibilidad del nuevo sistema. En esta etapa del proyecto se pueden buscar opciones que ayuden a la causa de estandarización, por ejemplo ISO 9001. El proceso debe ser monitoreado a través de las distintas herramientas estadísticas disponibles y así medir la estabilidad de la mejora. Entre las herramientas utilizadas en esta etapa podemos citar:

- Gráficos de control
- Hojas de verificación (Check List)
- Procedimientos

2.5 Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing):

Modelos de organización que surge en la compañía Toyota en la década de los 50 por la necesidad de atender mercados pequeños con una mayor variedad de vehículos. A través de los años ha sido divulgada por todo el planeta y se ha convertido en una filosofía de trabajo en diversos sectores productivos.

Entendemos por Lean Manufacturing (en castellano "producción ajustada"), la búsqueda de una mejora del sistema de fabricación mediante la eliminación del desperdicio, entendiendo como desperdicio o despilfarro todas aquellas acciones que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar. La producción ajustada (también llamada Toyota Production System), puede considerarse como un conjunto de herramientas que se desarrollaron

en Japón inspiradas en parte, en los principios de William Edwards Deming. (Manuel Rajadell Carreras y José Luis Sánchez García: 2010 pp 2).

2.6 Proceso:

Por proceso se entiende cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor y suministre un producto a un cliente externo o interno (Harrington, 1993, p.121). Por otro lado para VALDES, Tatiana (2009) Un proceso es toda aquella actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados.

2.7 Celda de manufactura:

Se refiere a un área dedicada a la fabricación de productos que requieren procesamientos similares. Estas células son diseñadas para desempeñar un conjunto específico de procesos y se dedican a una variedad limitada de productos. (RICHARD B. CHASE, 2009).

2.8 Línea de ensamble:

Se refiere a un lugar donde los procesos de trabajo están ordenados en razón de los pasos sucesivos que sigue la producción de un producto. De hecho, la ruta que sigue cada pieza es una línea recta. Para la fabricación de un producto, las piezas separadas pasan de una estación de trabajo a otra a un ritmo controlado y siguiendo la secuencia necesaria para fabricarlo (RICHARD B. CHASE, 2009).

2.9 Número de polos:

Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor de circuito y representa la unidad de medición para los cálculos de productividad y eficiencia en la planta.

2.10 Productividad:

La productividad es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios.

2.11 QC (Quality Control):

Personal del departamento de calidad encargado de asegurar que los productos cumplan con los estándares de calidad y las exigencias de los clientes.

2.12 Breaker:

Es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos.

2.13 Breaker hembra:

Es el polo del breaker que posee un dispositivo de reinicio con un agujero de acople que permite unirse a otros polos para un funcionamiento en conjunto.

2.14 Breaker macho:

Es el polo del breaker que posee un dispositivo de reinicio con una especie de cuña de acople que permite unirse a otros polos tipo hembra para un funcionamiento en conjunto.

2.15 Base:

Parte plástica prediseñada para el ajuste específico de piezas metálicas para los estilos de breakers tanto electromecánicos como electrónicos.

2.16 Tapa:

Cubierta o tapa plástica que cubre el breaker.

2.17 Remache:

Pieza cilíndrica alargada de material metálico con cabezal plano en uno de los extremos el cual se hace pasar por los agujeros de la base y la tapa para ser compactada a presión contra otro metal en el extremo posterior para formar otra cabeza y sellar el breaker.

2.18 Breaker sin enganche:

Es la condición en donde algunos de los componentes metálicos internos del breaker no funcionan correctamente debido a condiciones de defectos que impiden que la palanca de accionamiento enganche correctamente.

2.19 Línea de producción BR3P:

La línea de producción de breakers BR3P fue creada en el año 2003 con los fines de satisfacer necesidades de clientes interesados por un breaker poco convencional, que tenga capacidad de aguantar amperajes que van desde los 60 a 150 Amperes.

En la línea se trabaja en dos turnos, diurno (llamado turno A) y turno nocturno (llamado turno B), para los dos turnos la línea cuenta con 17 empleados en operaciones de manufactura directa y 14 personas en posiciones de manufactura indirecta, siendo una de las línea más grande de la planta MCB en que está ubicada. Allí se producen alrededor de 51 estilos similares agrupados en 6 familias que difieren entre sí por el amperaje y uno que otro proceso.

2.19.1 Estructura organizacional de la línea:

En esta línea de producción cada empleado cumple una función específica. Existen dos grupos de empleados que afectan su organigrama:

- a) Empleados directos, aquellos que trabajan de forma directa en la manufactura del producto y que agregan valor al proceso (líder de grupo, operadores de máquinas, ensambladores y manejador de materiales).
- b) Empleados indirectos, (gerente de Manufactura, supervisor de producción, ingeniero de manufactura, asistentes de manufactura e ingeniería, supervisor de calidad y técnico de calidad, planificador servicio técnico...) aquellos que no tienen una relación directa en la manufactura de

los productos pero que de una forma u otra sus funciones y acciones afectan el producto y el correcto funcionamiento de la línea.

2.19.2 Distribución de la línea

Con una distribución de flujo del proceso en forma de U permite un aprovechamiento óptimo del espacio disponible en la planta y una mayor interacción entre los empleados.

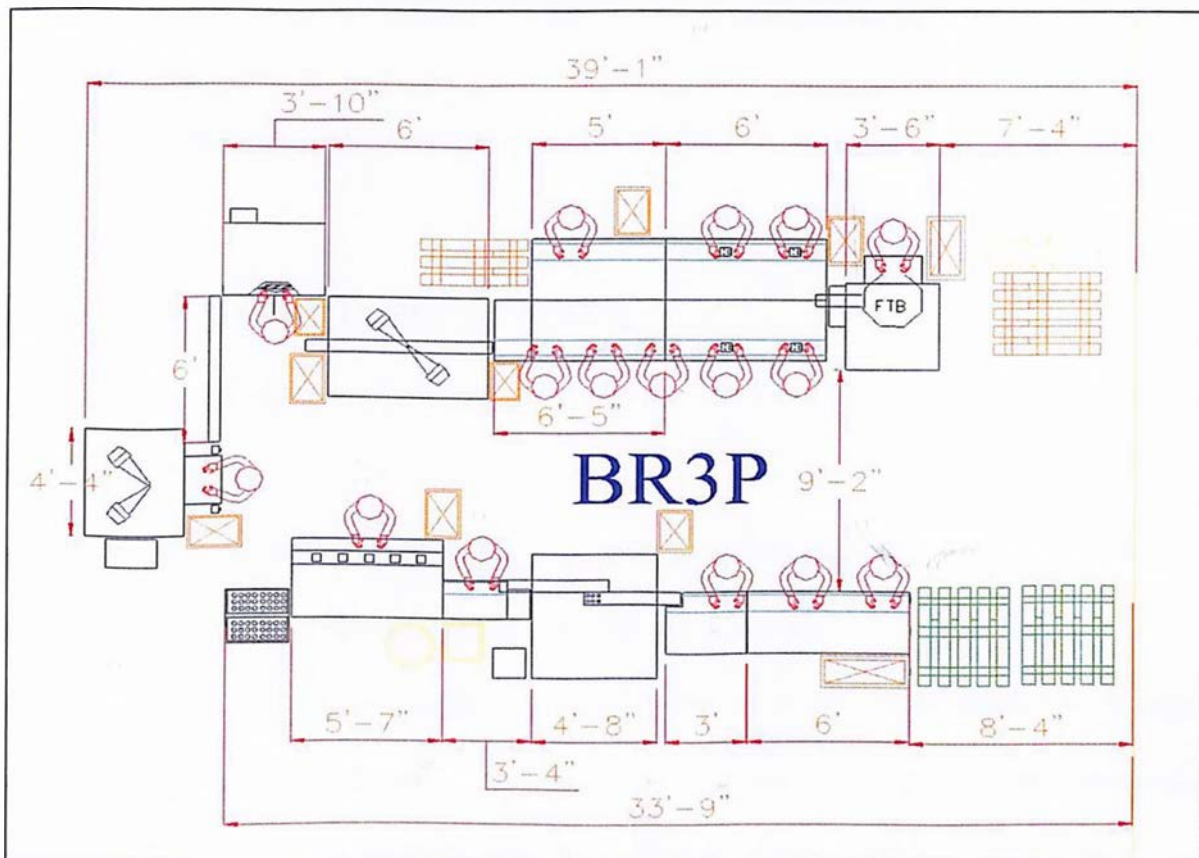


Figura 4. Distribución y dimensiones de las líneas. Fuente elaboración propia.

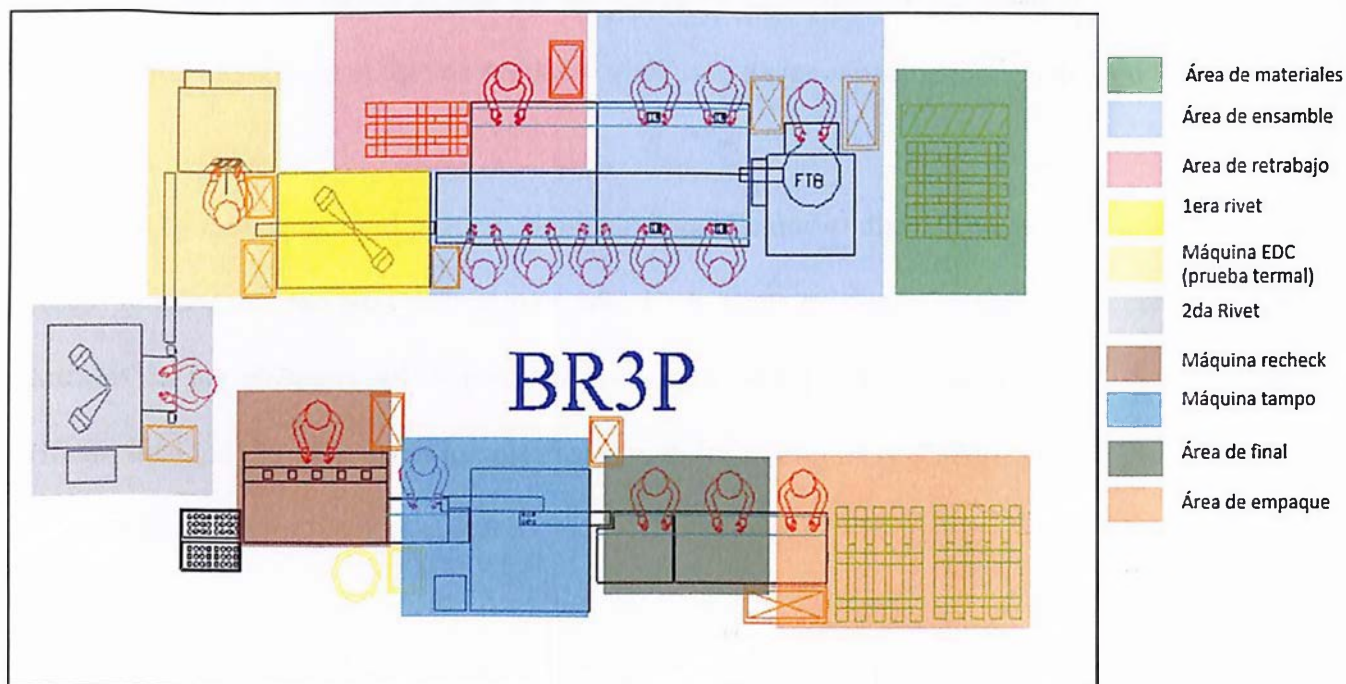


Figura 5. Distribución general por áreas de la línea. Fuente elaboración propia.

2.19.3 Procesos y operaciones de la línea

El proceso de producción de los dispositivos eléctricos en la línea de producción se compone de tres etapas:

- Ensamble: proceso inicial en donde se colocan las partes internas del dispositivo y termina con el cierre del dispositivo en la máquina remachadora.
- Calibración y pruebas: son los procesos de interacción con las máquinas en donde el dispositivo es sometido a pruebas de calidad que garanticen el óptimo funcionamiento del dispositivo para cumplir con los estándares y parámetros preestablecidos.

- **Printeado o tampo:** es el proceso en donde se imprimen en los plásticos del braker las literaturas que identifican el tipo de producto y algunas de las especificaciones del producto.
- **Final y empaque:** es el proceso siguiente luego de que el dispositivo ha sido probado y en correcto funcionamiento para salir al mercado. Es la etapa en donde se colocan impresiones de literaturas en los plásticos del dispositivo necesarias para su identificación como producto, se verifican detalles cosméticos en los plásticos, se colocan etiquetas e instrucciones y finalmente es empacado para salir hacia el cliente.

2.19.4 Diagrama de proceso de las operaciones

El diagrama de operaciones no es más que una representación gráfica del flujo de las operaciones de un proceso, es decir de las inspecciones y operaciones que forman parte del mismo mostrando gráficamente los puntos en donde se introducen materiales y las salidas. Para este diagrama no se visualizan ni las manipulaciones, ni los transportes y tampoco los almacenamientos.

2.19.5 Lista y descripción de las operaciones

Ensamble de soldadura a la base (FTB): Tomar base y colocar el ensamble de soldadura en la superficie de la base. Colocar base con el ensamble de soldadura en el accesorio de la máquina FTB.

2. Ensamble mecánico 1: Tomar base con ensamble de soldadura y colocar Armadura, resorte, palanca de accionamiento con grasa en la punta y ensamblarlo. Si el estilo de breaker lleva barrera de resorte debe colocarse.

3. Ensamble mecánico 2: Tomar breaker, colocar collar al terminal de carga (si aplica), dar forma de "S" al alambre del ensamble de soldadura, pre-calibrar si es necesario y colocar el dispositivo de reseteo (Trip cam) en caso de que sea el breakers de 2 y 3 polos

4. Resorte sujetador + terminal de carga: Colocar el resorte sujetador y el terminal de carga junto a las barreras aislantes al sub ensamble de breaker.

5. Extinguidor y tapar: Ajustar el alambre de cobre del ensamble de soldadura, colocar extinguidor y ponerle la tapa. Si el estilo lo amerita colocar grasa.

6. Primera remachadora: colocar el breaker tapado en la correa deslizadora de la máquina remachadora.

7. Calibración EDC: colocando el breaker con la palanca de accionamiento en posición de encendido el mismo es llevado al accesorio de la máquina para calibración y prueba de chequeo en la máquina EDC Rotary. Aquí el dispositivo es sometido a altas temperaturas de acuerdo a parámetros ya definidos por expertos en el área eléctrica para verificar el comportamiento del mismo y si cumple o no con las especificaciones y estándares establecidos.

8. Segunda remachadora: Cuando sean breakers 2 o 3 polos, estos deben ser pasados por la segunda remachadora para que sean cazados: se colocan los polos a cazar y se ensamblan según el modelo ya sean de 2 polos o 3 polos. Una vez cazados se insertan los remaches y son remachados en la máquina remachadora manual.
9. Prueba en máquina de rechequeo: en esta estación los breaker son sometidos a pruebas de aplicación de calor para certificar que el dispositivo ya ensamblado con dos y tres polos unidos funciona en su conjunto de acuerdo a los estándares y parámetros de calidad ya establecidos.
10. Impresión: Aquí son colocadas las literaturas que especifican las cualidades del breaker, así como también el amperaje y los rangos de voltaje que el dispositivo puede soportar.
11. Final 1: se inspeccionan que no hayan defectos cosméticos, y es realizada la prueba de enganche común, son colocadas parte de las etiquetas según la carpeta de empaque y el remache de enganche común.
12. Final 2: colocar etiquetas de sello de calibración y etiqueta con código de barras según especifique en la carpeta de empaque y verificar que no hayan mezclas de estilos que provoquen quejas de clientes.
13. Prueba de enganche: colocar los breaker en el accesorio de anclaje a la mesa de trabajo y encender y apagar el breaker por 3 ciclos de tres para verificar si el breaker dispara y la palanca de accionamiento se coloca en posición neutras, el dispositivo es rechazado como no conforme, los que pasan la prueba van a la siguiente estación.
14. Empaque: Introducir los breakers en su caja, sellarlas y colocar las etiquetas de empaque en la caja.

15. Retrabajo: proceso de reparación y reintegración de los dispositivos que fallan en el proceso, haciendo uso de herramientas y equipos para los ajustes necesarios para que cumplan con los estándares de calidad.

2.19.6 Las principales fallas en la línea

Las fallas en este tipo de producto se dividen en dos tipos: fallas termales y fallas cosméticas. Las fallas termales son aquellas que se ven presente en los procesos de calibración en la máquina EDC. Son llamadas termales porque aquí los sistemas mecánicos del dispositivo son probados por medio de la aplicación de calor. Por otra parte las fallas cosméticas son aquellas que afectan la envoltura plástica del dispositivo.

A continuación presentamos análisis de modo y efecto de la falla (FMEA) en donde explican los detalles de las principales fallas de la línea, se estima el riesgo de las causas específicas de estas fallas determinando los RPN ($RPN = \text{Severidad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección}$), se evalúa el plan de control para prevenir que ocurran las mismas y se citan las acciones que han de realizarse para solucionar el problema.

| | |
|--------------------------------|---------------------------|
| Nombre del proceso o producto: | BR3P |
| Responsable: | Equipo departamental BR3P |

| | |
|------------------------------|-------------|
| Elaborado por: Ramón Valdez | Page 1 of 1 |
| FMEA Date: 06/26/17 (Rev.) 1 | |

| Paso/entrada de proceso | Modo de falla posible | Efecto posible de la falla | S E V | Causas posibles | O C C | Controles actuales | D E T | R P N | Acciones recomendadas | Resp. | Acción tomada | S E V | O C C | D E T | R P N |
|---|--|---|---|--|--------------------------------------|---|----------------------------------|-------------|---|---|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ¿Cuál es el paso de entrada del proceso bajo investigación? | ¿De que manera sale mal la entrada clave? | ¿Cuál es el impacto en las variables claves de salida (requerimientos de cliente) o en los requerimientos internos? | Que tan severo es el defecto para el cliente? | ¿Por que causa sale mal la entrada clave? | ¿Con que frecuencia ocurre la causa? | ¿Cuáles son los controles y procedimientos existentes (inspección y prueba) que evitan las causas y el modo de falla. | ¿Que tan bien se puede detectar? | | ¿Cuáles son las acciones para reducir la ocurrencia de la causa o para mejorar la detección? Deben ser solo acciones | ¿Quién es el responsable de las acciones recomendadas? | ¿Cuáles son las acciones tomadas con el RPM recalculado? | | | | 0 |
| METODO | Asociados están falta del entrenamiento y capacitación adecuada para manejar el producto | Desperdicios, breakers defectuosos. | 10 | Falta de capacitación, las instrucciones de manufacturas no están bien definidas, por fatiga, distracción, piezas mal puestas o defectuosas, falta de compromiso. | 7 | Procedimientos, instrucciones de manufacturas y ayudas visuales no están claras y no son bien específicas | 7 | 490 | Crear ayudas visuales específicas para cada operación, entrenamiento cruzado, proveer a los empleados entrenamientos enfocados en calidad | Felix Reynoso Yalaira Mariano Patricia Despmidel María T Hernández | Creamos ayudas visuales y entrenamos a los operadores | 10 | 1 | 7 | 70 |
| Calibración (EDC) | Sin contacto | Breaker no funciona por falta de continuidad | 10 | Virtas de plástico, grasa en los puntos de contactos, falta de contactos en el terminal de línea o en el brazo de contacto, Electrodo desgastados o sucios, EDC falta de mantenimiento, Problemas en los alimentadores de corriente. | 5 | Limpieza de bases, TPM, Instrucciones de manufacturas y controles de procesos, programa de mantenimiento | 7 | 350 | Limpia plásticos y entrenar operadores en TPM, analizar datos de mantenimiento preventivo, crear lista de chequeo para registro de TPM del operador, ayudas visuales para el operador, capacitar al personal, aumentar frecuencia | Felix Reynoso, Yalaira Mariano y Alejandro Sánchez | Se asignaron equipos para limpieza de plásticos, fueron creadas las ayudas visuales | 10 | 3 | 5 | 150 |
| Calibración (EDC) | Alta | Breakers altos, el breaker no dispara en la banda correcta, Alto nivel de desperdicios. | 10 | Angulo binetala a la armadura muy alto, ángulo 90° muy bajo parámetros de trabajo en EDC incorrectos. | 7 | Ayudas visuales en el área de soldadura, Controles de procesos, Capability, CP & CPK. | 9 | 630 | Hacer capability por lote y retroalimentar a los suplidores, Crear plan de control para EDC, SPC, ect | Departamentos de calidad | Fueron entrenados todos los implicados en el proceso, están cumpliendo con SPC y fue elaborando el control plan | 10 | 3 | 3 | 90 |
| Calibración (EDC) | Baja | Breakers bajo, el breaker se mantiene disparando constantemente o no engancha por problema mecánico | 5 | Variación en el proceso de ensamble de soldadura, Mano de obra, condiciones de accesorios de soldadura, set up, materiales spc, transporte | 9 | Ayudas visuales en el área de soldadura, controles de procesos, Capability, CP & CPK. | 3 | 135 | Mantener CP & CPK ≥ 1.33, Hacer ajustes del proceso en cada corrida en EDC y analizar datos, crear plan de control en cada operación, Crear plan de control para EDC | Dpto. de calidad, e Ingeniería. | Fueron entrenados los QC en Atlanta, están cumpliendo con especificaciones y estamos elaborando el plan de control | 10 | 3 | 3 | 90 |
| Calibración (EDC) | No engancha | Breaker sin enganche y disparo elevado cuando el gap esta muy bajo, Breaker alto y no engancha si el gap está muy alto (porque se deforma el ojo de calibración cuando la máquina trata de llevarlo a dimensiones correctas) | 7 | Variación en el proceso de ensamble del ensamble de soldadura (soldadura manual & automático) condiciones de accesorios, preparación, materiales fuera de especificaciones, parámetros en EDC | 10 | Visual SPC en soldadura, controles de procesos, capability, CP & CPK, fue tuning | 3 | 210 | Mantener CP & CPK ≥ 1.66, Hacer line tuning de cada corrida en EDC y analizar data, crear plan de control en cada operación, Monitorar procesos, informar al suplidor de cualquier anomalía | Patricia Despmidel, Felix Reynoso, Yalaira Mariano, Las Piedras Tean Carolina Nuñez | Capabilites en welding manual se están haciendo y validando, toda producción es entregada con su documentación, se mantiene una buena comunicación entre suplidor el consumidor | 10 | 1 | 7 | 70 |
| Calibración (EDC) | No engancha o calibración alta | Dimensiones de 0.757 y 0.770 fuera de especificaciones por la parte alta causa NL y por la parte baja causa High no | 10 | Variación en el proceso de ensamble del ensamble de soldadura, mano de obra, mala preparación de máquinas, falta de controles en el área de soldadura. | 3 | Especificaciones visuales en el departamento de soldadura, controles de procesos. | 3 | 90 | Hacer accesorio poka-yoke para monitorear el proceso en el departamento de soldadura | Departamental team de welding tanto en automático como en manual | Creamos accesorio a prueba de tonos para el monitoreo de las dimensiones críticas. | 5 | 3 | 5 | 75 |
| Calibración (EDC) | Alta y baja | Banda muy abierta o muy cerrada en cualquiera de sus extremos. | 9 | Bandas muy abiertas o muy cerradas en cualquiera de sus extremos mala reparación de los parámetros en función de la eficiencia del proceso. | 5 | No Existen | 5 | 225 | Evaluar bandas, verificar y analizar resultados de la EDC en Excel, crear documentos con las diferentes bandas para los diferentes estilos. Capacitar operadores de EDC | Felix Reynoso, Patricia Despmidel, Alejandro Sánchez, Yalaira Mariano, Ramón Valdez | Se evaluaron las bandas de calibración por la parte baja y logramos bajar 3 seg. Fueron entrenados los QCs en manejo de Excel y mintap para el análisis de resultados en EDC | 10 | 3 | 3 | 90 |

Figura 6A. FMEA. Fuente EATON CORP.

| |
|---------------------------|
| BR3P |
| Equipo departamental BR3P |

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Elaborado por: Ramón Vaklez | Page 2 of 2 |
| FMEA Date : 06/26/17 (Rev.) 1 | |

| Modo de falla posible | Efecto posible de la falla | S E V | Causas posibles | O C C | Controles actuales | D E T | R P N | Acciones recomendadas | Resp. | Acción tomada | S E V | O C C | D E T | R P N |
|---|--|---|---|--------------------------------------|--|----------------------------------|-------------|--|--|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ¿De que manera sale mal la entrada clave? | ¿Cual es el impacto en las variables claves de salida(requerimientos de cliente) o en los requerimientos internos? | Que tan severo es el defecto para el cliente? | ¿Por que causa sale mal la entrada clave? | ¿Con que frecuencia ocurre la causa? | ¿Cuales son los controles y procedimientos existentes(inspección y prueba) que evitan las causa y el modo de falla . | ¿Que tan bien se puede detectar? | | ¿Cuales son las acciones para reducir la ocurrencia de la causa o para mejorar la detención? Deben ser solo acciones | ¿Quién es el responsable de las acciones recomendadas? | ¿Cuales son las acciones tomadas con el RPM recalculado? | | | | 0 |
| Rotura de base y cover | Desperdicios de plásticos generados por breaker roto | 9 | Problemas en las válvulas de ajuste de presión | 6 | No Existen | 5 | 270 | Hacer levantamiento y realizar mantenimiento de todo el sistema neumático de la máquina | Alejandro Sánchez | Se inicio un plante de TPM mensual para esta máquinas | 10 | 3 | 3 | 90 |
| Rotura de base y cover | Desperdicios de plásticos generados por breaker roto | 9 | atascamiento de breaker en la correa que alimenta la máquina y el sistema de riel | 7 | No Existen | 7 | 441 | Evaluar mejoras en la máquina que permitan reducir al mínimo los atascamientos | Departamento de Ingeniería y Servicios Técnicos | se contacto una compañía contratista para evaluar las mejoras | 10 | 3 | 3 | 90 |

Figura 6B. FMEA. Fuente EATON CORP.

Este análisis de modo de falla y efecto, presentado anteriormente en la figura 6 ha sido el punto de partida para visualizar los problemas en el proceso que inciden en las roturas y que se ha hecho para mitigar y controlar estas variaciones. Por otra parte esto sirvió como análisis para comprender mejor la naturaleza de las variaciones e identificar en el proceso los pasos, operaciones y maquinarias que están en riesgo de contribuir a que ocurran las variaciones en el proceso de ensamble del breaker.

2.20 Los 5 Porqués

La técnica de “los 5 por qué” (también llamada “escalera de porqués” o “los 5 porqués”) es un método basado en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. El objetivo final de los 5 Porqué es determinar la causa raíz de un defecto o problema.

Se basa en un proceso de trazabilidad, se analizan las posibles causas al problema caminando hacia atrás, hasta llegar a la última causa que originó el problema.

El objetivo de esta técnica es descubrir información vital de modo sistemático, analizar las causas ocultas y desarrollar soluciones a las preguntas planteadas. Se puede aplicar a la resolución de un conflicto, toma de diagnóstico o la toma de decisiones. (www.pdcahome.com/los-5-porques-2/, 2017)

2.21 Diagrama de cola de pescado

“Este método consiste en identificar un problema basándose en un diagrama muy similar al esqueleto de un pescado, donde la cabeza representa el problema o el efecto, y la columna vertebral con sus espinas representan las causas, las cuales se subdividen en 6 principalmente, también son conocidas como las 6'M de la calidad”: (Ingenieria Industrial Online, s.f.)

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de la investigación

Para analizar el proyecto lo hicimos por medio del método inductivo, pues por medio del estudio de casos particulares y observando sistemáticamente encontramos soluciones generales a los problemas planteados en este proyecto.

3.2 Método de estudio

Este proyecto está encaminado a un estudio de campo ya que requiere de una serie de pasos y técnicas para la obtención de los datos específicos que revelaran información esencial para la ejecución de las acciones.

3.3 Observación

Se han observado detenidamente y tomado video de todas las operaciones de la línea de producción BR3P en especial aquellas maquinarias y actividades de interacción con plásticos en busca de identificar las causas que han ocasionado las roturas de bases y tapas y luego de esto proponer soluciones.

3.4 Análisis

Se analizó la línea de producción, las áreas de ensamble del producto y las maquinarias que interactúan con las partes plásticas del breaker así como también se analizaron las actividades del área de re-trabajo y las distintas partes en donde presentan roturas los plásticos del breaker.

3.5 Investigación bibliográfica

Para este proyecto se investigaron en distintas fuentes bibliográficas temas relacionados a mejora de procesos por medio de la filosofía de manufactura esbelta mayor conocida como lean manufacturing. De igual modo se investigó a cerca de los pasos a seguir para el desarrollo de un proyecto de seis sigma encaminados a reducción de variaciones en el proceso.

3.6 Instrumentos de investigación

Para la realización de este trabajo de grado se emplearon distintas técnicas de recolección de datos, entre ellas:

- Históricos de datos relacionados al tema
- Diagramas de Pareto
- Observación del proceso
- Análisis de causa raíz
- Diagrama de cola de pescado
- Diagrama de Pareto
- Histogramas
- Softwares computacionales como Minitab, Excel y Autocad

3.7 Metodología de la investigación

El procedimiento utilizado para la realización de esta investigación, ha sido recolectar una gran cantidad de datos sobre roturas de plásticos y analizando los costos relacionados a los distintos tipos de plásticos por medio de tablas y gráficos que nos permitieron visualizar de manera más clara la situación.

Por otro lado también se observó de cerca y se recolectó información en los distintos puntos del proceso de interacción con plásticos para identificar donde ocurrían la mayor cantidad de roturas.

Luego de recolectada la información se detectó que la mayor cantidad de plásticos rotos estaban asociados a las máquinas remachadoras.

SEGUNDA PARTE

DESARROLLO DEL PROYECTO

CAPÍTULO III PROPUESTA DE MEJORA

4.1 Introducción

Un proyecto VRK (variation reduction Kaizen) es un kaizen orientado a conseguir resultados de mejora en el menor tiempo posible, es utilizado generalmente para cuando existen situaciones puntuales en el proceso pero no sabemos las causas que las provocan. Metodológicamente emplea elementos de Lean por su naturaleza de ser un proyecto de mejora ejecutado por los pasos de un proyecto seis sigma.

En busca de soluciones a los elevados porcentajes de plásticos rotos, se ha aplicado en este proyecto de investigación esta metodología de reducción de variaciones en el proceso, empleado los pasos a seguir de un proyecto seis sigma a través de DMAIC. Siguiendo este procedimiento se ha dividido el proyecto en las 5 etapas correspondiente de la metodología DMAIC anteriormente mencionadas en la sección 2.2.2.

4.2 Definir

En este punto del proyecto es donde estaremos definiendo el problema por medio de planes que involucren los intereses y necesidades de los clientes, la identificación del proceso y sus variables críticas.

Por otro lado este paso también se define el equipo de trabajo el cual estará donde soporte para materializarlo. Entre los que se pueden mencionar: técnicos de calidad, personal de servicio técnico, supervisor de producción, asistente de ingeniería e Ingeniero de manufactura.

4.2.1 Situación Actual

Para que nos sea más fácil identificar la situación actual y la realidad del problema realizamos un diagrama de cola de pescado que nos dé una panorámica clara del proceso y las posibles causas que ocasionan las roturas analizando las 6M.

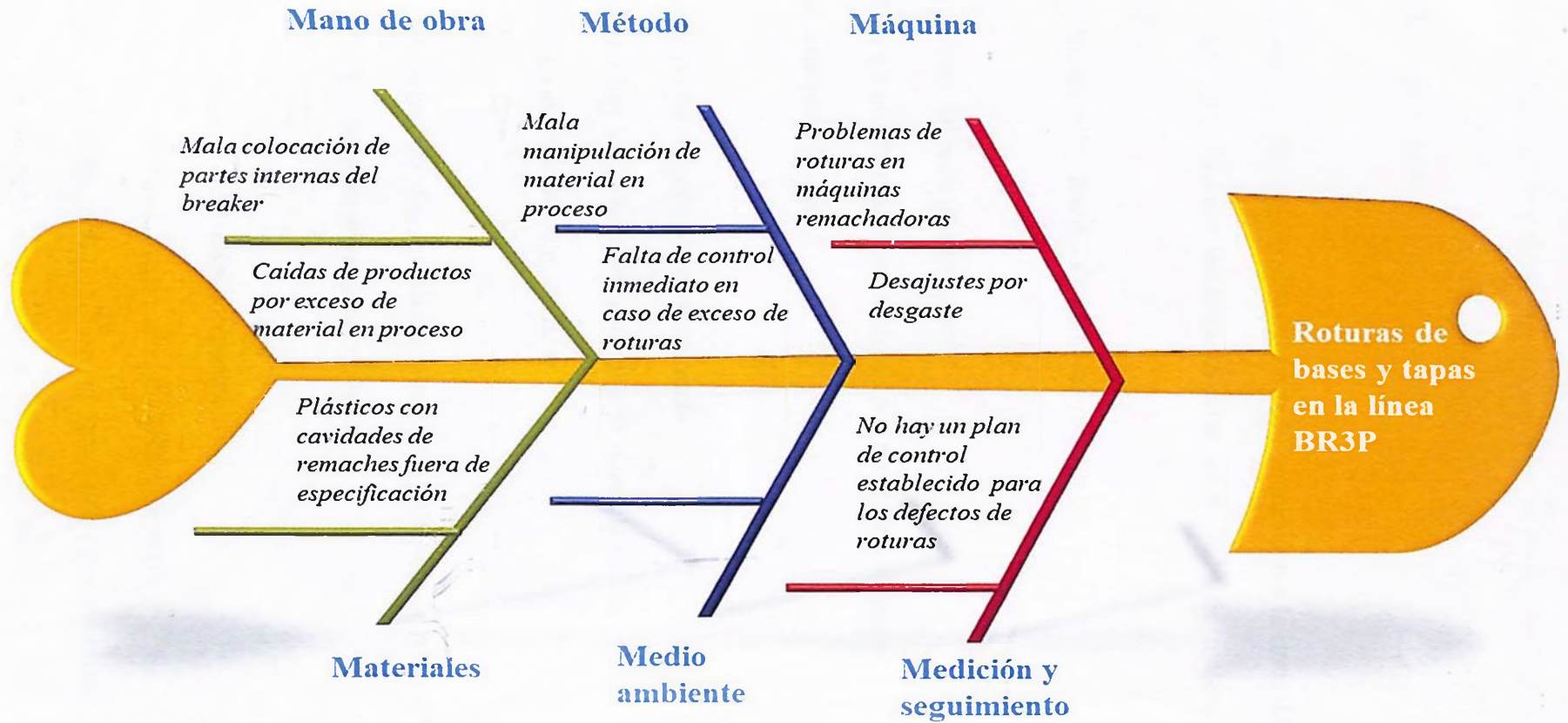


Diagrama 2 de espina de pescado sobre roturas de bases y tapas

4.2.2 Análisis de 5 por qué

Primera problemática: Uso inadecuado de traslado de material a la línea de producción.

1. ¿Por qué están usando inadecuadamente el traslado de material en la línea de ensamble?

- Por falta de conocimiento de parte del personal.

2. ¿Por qué hay falta de conocimiento?

- Por falta de un plan de entrenamiento por parte de los supervisores e ingenieros de manufacturas de la línea.

3. ¿Por qué no hay un plan de entrenamiento?

- Porque no hay un criterio específico o un plan de control que evite las roturas de plásticos en el traslado de materiales.

4. ¿Por qué no hay un plan un criterio específico o un plan de control?

- Porque no hay un plan de mejora continua.

5. ¿Por qué no hay un plan de mejora continua?

- Porque al momento nadie se ha apoderado de esta acción.

Segunda problemática: Problemas de roturas en máquinas remachadoras.

1. ¿Por qué existen roturas en máquinas remachadoras?

- Por mal funcionamiento de las máquinas
2. ¿Por qué están funcionando mal las máquinas?
- Porque el sistema que encamina el breaker hacia la remachadora se estanca
3. ¿Por qué se estancan los breaker en la remachadora?
- Por mala postura de materiales y/o el breaker en la correa.

Para esta segunda problemática planteada en el análisis de 5 porque es evidente de que existe un problema de proceso en donde los breaker se quedan estancados en la correa o en el sistema de guía y provoca que se generen desperdicios de rotura sin ningún tipo de control que evite esta variación. Contrario al segundo caso, el primer caso evidencia una falta de empoderamiento y un evento de mejora continua de parte del personal de soporte involucrado en el seguimiento de la línea de producción

4.2.3 Diagrama SIPOC

Es una herramienta que nos fue de gran utilidad para identificar el proceso a investigar en esta primera etapa de la metodología DMAIC (definición del problema).

En el diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier – Inputs – Process – Outputs – Customers (Proveedor, recursos, proceso y cliente), estaremos haciendo la representación gráfica del proceso de gestión. Esta herramienta nos permitió visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo:

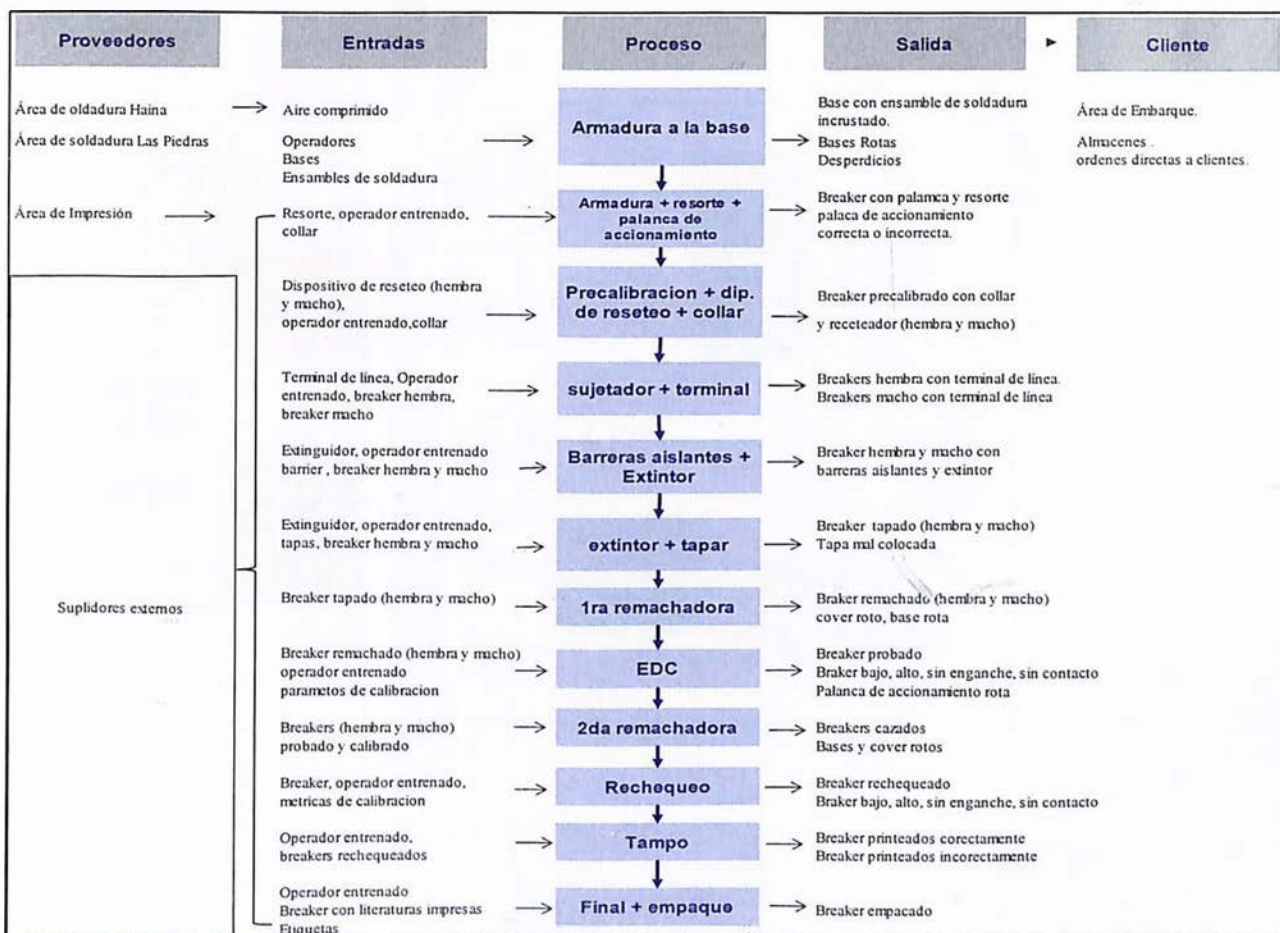


Diagrama 3. SIPOC de la línea de producción.

4.3 Medir

En este acápite se ha dado una panorámica de la situación en la cual se encontraban las principales métricas de la línea de producción al inicio del proyecto.

El área existen varios puntos específicos de control y toma de datos (FTB, 1ra. remachadora, 2da. remachadora, máquina EDC, máquina de rechequeo y estación final) los cuales influyen en forma crítica en esta métrica, estas operaciones han sido descritas en la sección 3.17.3, estos puntos son:

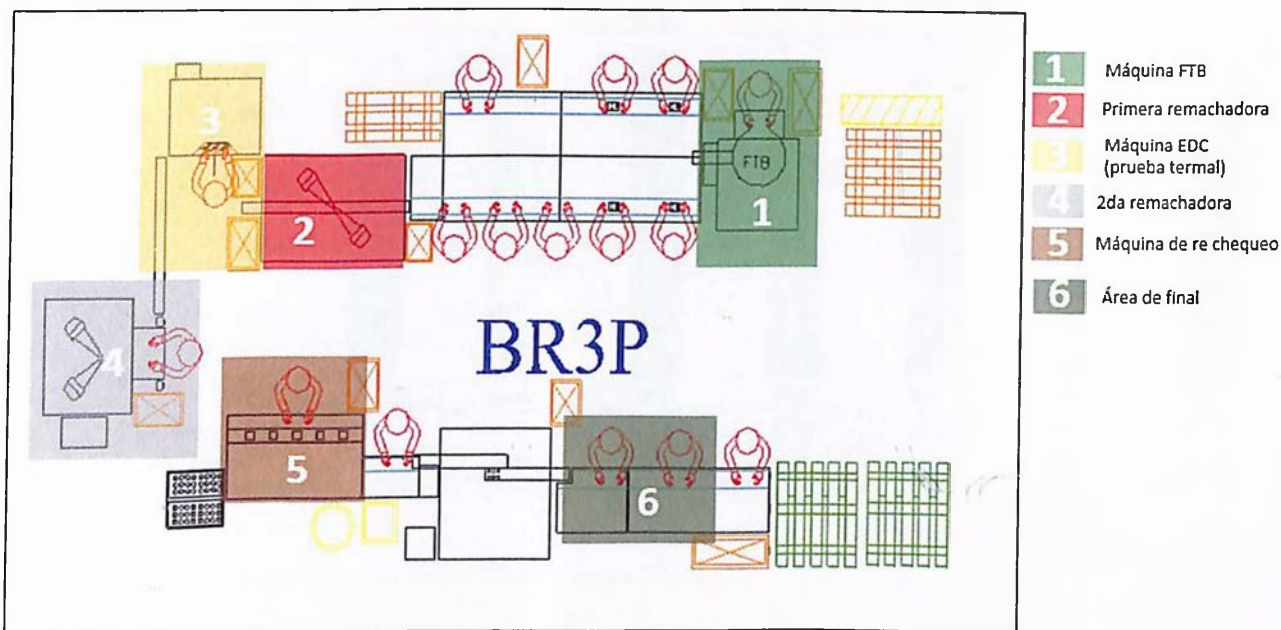


Figura 7. Puntos de recolección de data.

Actualmente la tolerancia mínima para los niveles de rendimiento del proceso son de un 86%, pero por los altos niveles de desperdicios a causa de roturas de plásticos en las máquinas remachadoras y otros modos de fallas presentes en las pruebas termales de EDC y re chequeo esta métrica en los meses Enero – Julio 2017 se ha mantenido fluctuando entre 81 y 84% en los estilos de mayor demanda, para un rendimiento acumulado de un 81%, representando una pérdida de un 19% en desperdicios.

Esto se explica en siguiente gráfico con el comportamiento del rendimiento del proceso en los meses comprendidos de enero – junio 2017.

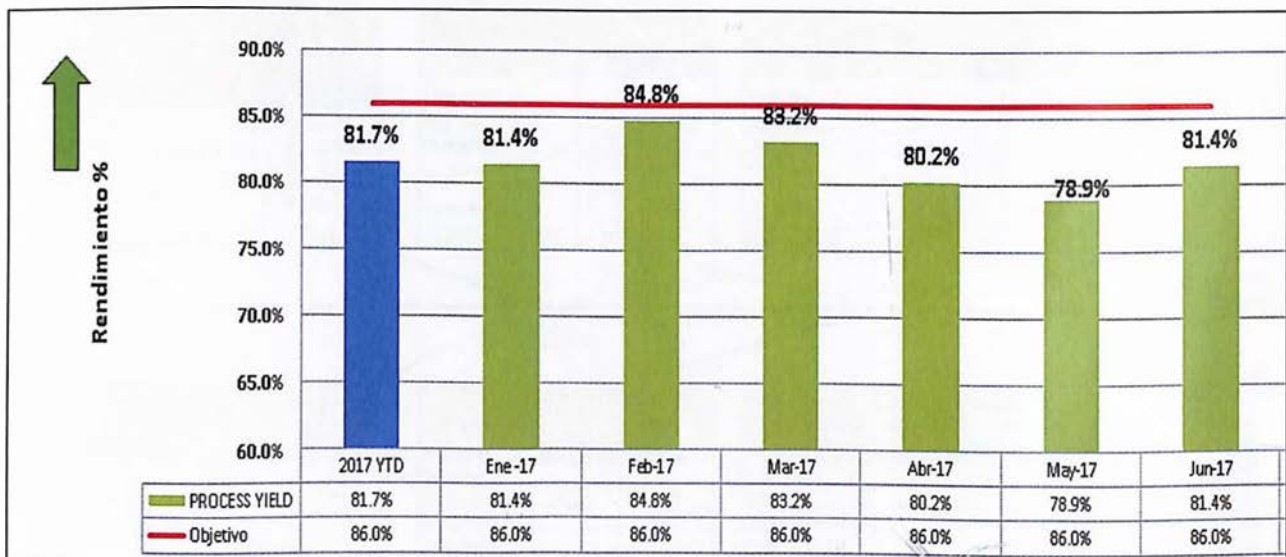


Figura 8. Rendimiento del proceso meses Enero – Junio 2017.

Estos datos arrojados en la figura 11 nos llevó a analizar el comportamiento histórico en cada una de las estaciones críticas del proceso y recolectar data precisa que nos ayudó a comprender donde estaba específicamente el problema. En el siguiente gráfico se ha mostrado el comportamiento para el periodo enero – junio:

El siguiente diagrama de cola de pescado comprende el histórico acumulado en estos meses con los porcentajes de defectos por estaciones de la línea:

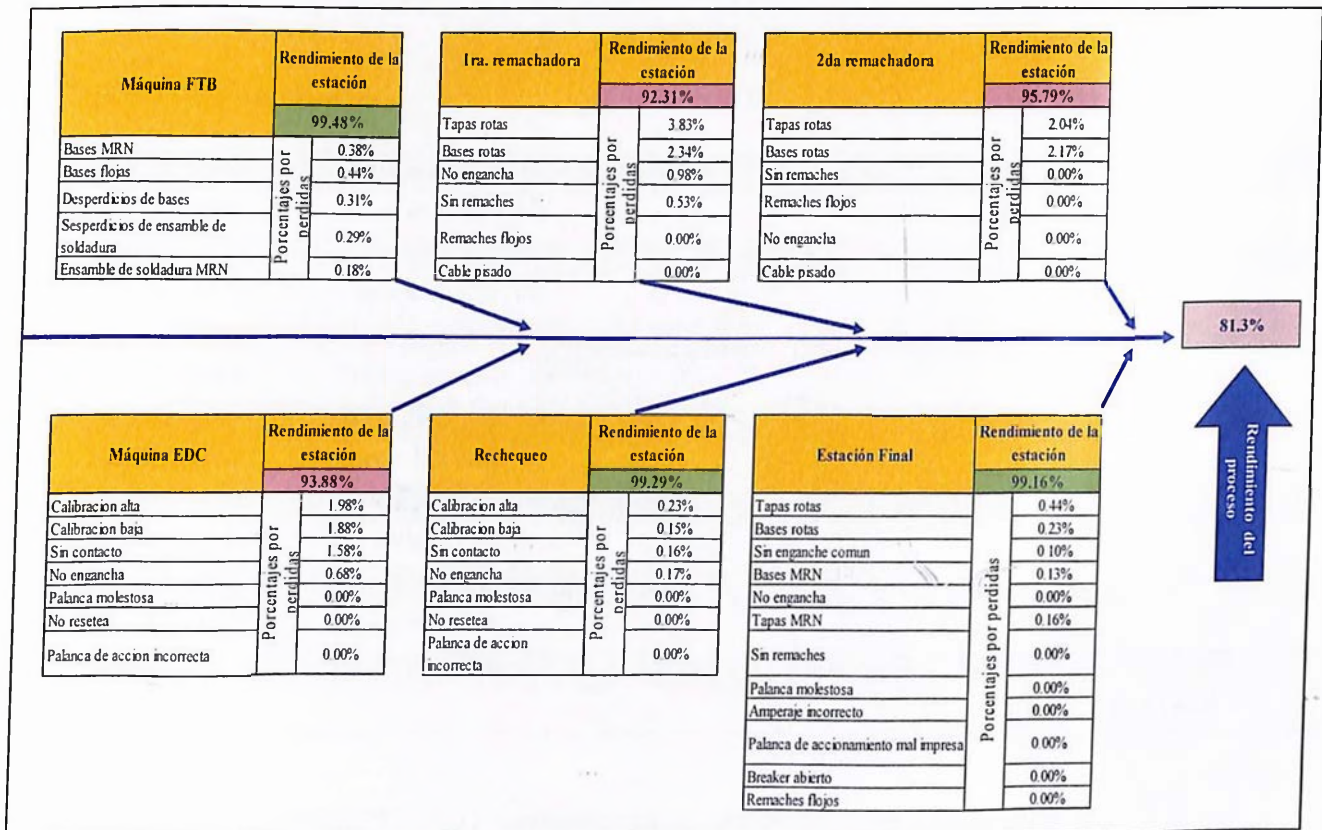


Diagrama # 4. Porcentajes acumulados de defectos por estación en el proceso meses Enero – Junio 2017

En la gráfica mostrada anterior vemos que el porcentaje acumulado en bases y tapas para el periodo estudiado corresponde a un 11.37% de un total en desperdicios de 18.69%. Esto quiere decir que el 60.83% del total de desperdicios proviene de roturas de bases y tapas y que 55.54% de las roturas proviene de las máquinas remachadoras.

En la siguiente tabla presentamos los distintos tipos de bases y tapas y el monto acumulado en desperdicio en un periodo de 6 meses. Estos datos fueron recolectados a raíz de las transacciones hacia la cuenta de desperdicios de quienes disponen dichos materiales.

| NUMERO DE PARTE | DESCRIPCION | MONTO EN US\$ |
|-----------------|--------------------------------|---------------------|
| 2612D21H04 | Base melamine blue blk 53801at | \$ 2,097 |
| 2612D21H16 | Base urea h16 blk | \$ 668 |
| 2612D21H18 | Base glass poly blk | \$ 927 |
| 2612D21H24 | Base urea h24 blk | \$ 5,374 |
| 2612D21H41 | Base glass poly blk | \$ 3,442 |
| 2612D21H44 | Base glass poly blk | \$ 768 |
| 2612D21H46 | Base glass poly blk | \$ 341 |
| 2612D22H03 | Cover blk urea | \$ 1,274 |
| 2612D22H04 | Cover hr 2p blk urea | \$ 2,010 |
| 2612D22H07 | Cover chall blk urea | \$ 221 |
| 2612D22H08 | Cover br melamine blk | \$ 864 |
| 2612D22H17 | Cover urea blk | \$ 223 |
| 68D8027H01 | Cover detail 60-125a | \$ 810 |
| TOTAL | | \$ 19,019.00 |

Tabla #1. Total de desperdicios en US\$ en máquinas remachadoras meses Enero – Junio 2017

Posterior a la colección de estos datos de desperdicios plásticos en el periodo estudiado nos vimos movidos a verificar el comportamiento de estas máquinas remachadoras, puesto que como citamos anteriormente son los detractores número uno en cuanto a roturas de plásticos. En la tabla #1 podemos ver el comportamiento de estas maquinarias por mes. Es importante tomar en cuenta que los objetivos de producción para esta línea son 5500 polos diarios para comprender que tanto se está perdiendo en el proceso es.

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Total |
|--|---------|---------|--------|---------|---------|---------|----------------|
| Polos pasados por 1ra. remachadora | 109,263 | 107,110 | 96,363 | 105,589 | 101,821 | 100,585 | 620,731 |
| Promedio diario de polos en 1ra. remachadora | 5203 | 5100 | 4589 | 5028 | 4849 | 4790 | |
| Número de roturas 1ra. remachadora en el mes | 7,574 | 8,737 | 5,988 | 6,753 | 5,126 | 6,845 | |
| Polos pasados por 2da. remachadora | 101,439 | 102,165 | 94,218 | 103,063 | 99,949 | 103,630 | 604,464 |
| Promedio diario de polos en 2da. remachadora al mes | 4,830 | 4,865 | 4,487 | 4,908 | 4,759 | 4,935 | |
| Número de roturas 2da remachadora en el mes | 3,206 | 4,096 | 3,341 | 4,863 | 3,592 | 4,393 | |

Tabla # 2. Total de polos procesados en máquinas remachadoras meses Enero – Junio 2017

Utilizando los cálculos de la sección 3.2.1 y los datos de la tabla #1 para el lapso de tiempo de 6 meses buscamos obtener el rendimiento de estas operaciones y el nivel sigma que esto representa.

| | 1ra. remachadora | 2da. remachadora |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Número de unidades procesadas | 620,741 | 604,464 |
| Numero de defectos detectados | 41,023.00 | 23,491.00 |
| Porcentaje de defectos (DPU) | 7% | 3.90% |
| Rendimiento del proceso (Yield) | 93.40% | 96.10% |
| Nivel sigma | 3.01 | 3.26 |
| Cantidad de defectos por millón de oportunidades (DPMO) | 66,807 | 44,600 |

Tabla # 3. Cálculos de nivel sigma para primera y segunda remachadora

4.4 Analizar

Con estos datos arrojados en la etapa anterior (Medición), se pudo proceder a desarrollar esta tercera parte de la metodología DMAIC. Tal como detallamos en la sección 3.4 esta etapa del proyecto consiste en el análisis de la información suministrada en la etapa de medición con el objetivo de obtener de donde provienen las variaciones de nuestro proceso y cuales son las variaciones que representan nuestro mayor detractor. Para ello utilizamos las herramientas de calidad útiles para esta parte del proyecto.

A partir de corridas controladas se ha generado la siguiente tabla (tabla #4) y el diagrama de cola de pez (diagrama #5). En este diagrama nos provee una panorámica de las posibles causas de roturas tanto para bases y tapas en las estaciones de 1era remachadora y segunda remachadora las cuales representan el mayor número de roturas.

| Razones de roturas | Cantidad | % de rotura |
|--|------------|-------------|
| Extintor mal colocado | 117 | 64% |
| Terminal de línea mal colocado | 19 | 10% |
| Máquina remachadora | 11 | 6% |
| Remache rompe base | 4 | 2% |
| Tapa mal colocada | 6 | 3% |
| Breaker mal colocado en EDC | 0 | 0% |
| Rotura llega de máquina FTB | 6 | 3% |
| Collar mal colocado | 4 | 2% |
| Alambre pisado con el terminal de línea | 5 | 3% |
| La EDC rompe el breaker | 10 | 5% |
| Total breakers Observados: | 604 | |
| Total breakers rotos: | 181 | |
| Proporción roturas: | 30% | |

Tabla #4. Resultados corrida controlada

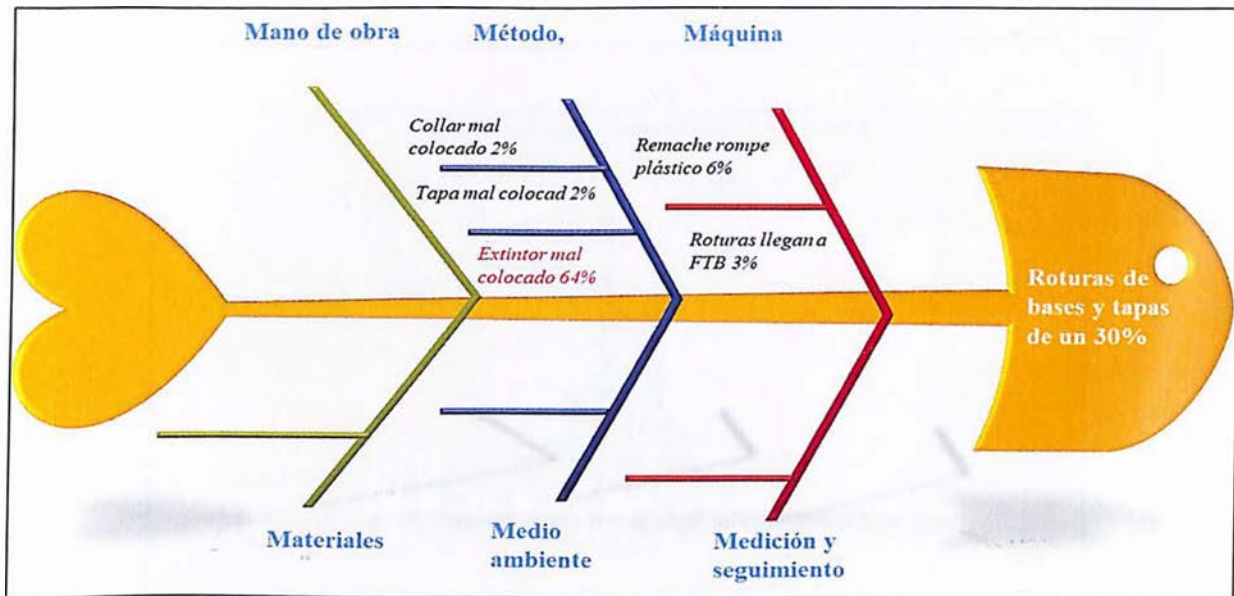


Diagrama # 5. Diagrama de cola de pescado de roturas en corrida controlada

Estos datos arrojados en tabla #4 y diagrama #5 nos mostraron de manera más profunda sobre las causas de los efectos de roturas. En caso de la Tabla #4, se muestra un índice de rotura en la máquina FTB, investigando y analizando este porcentaje de rotura que en dicha máquina no se reflejaba presente en los históricos de roturas pudimos descubrir que hay un mal llenado de los formularios de recolección de datos puesto que al llegar los breakers a la remachadora o a la estación de tapado las roturas provenientes de FTB no detectadas en el proceso eran colocadas en el formulario de las máquinas remachadoras.

En vista de que en nuestra corrida el mayor número de roturas se presentaban a raíz de extintores mal colocados se ha hecho un análisis de capacidad para estas partes arrojando como resultado que no eran el problema causante de roturas. Ver figura 10.

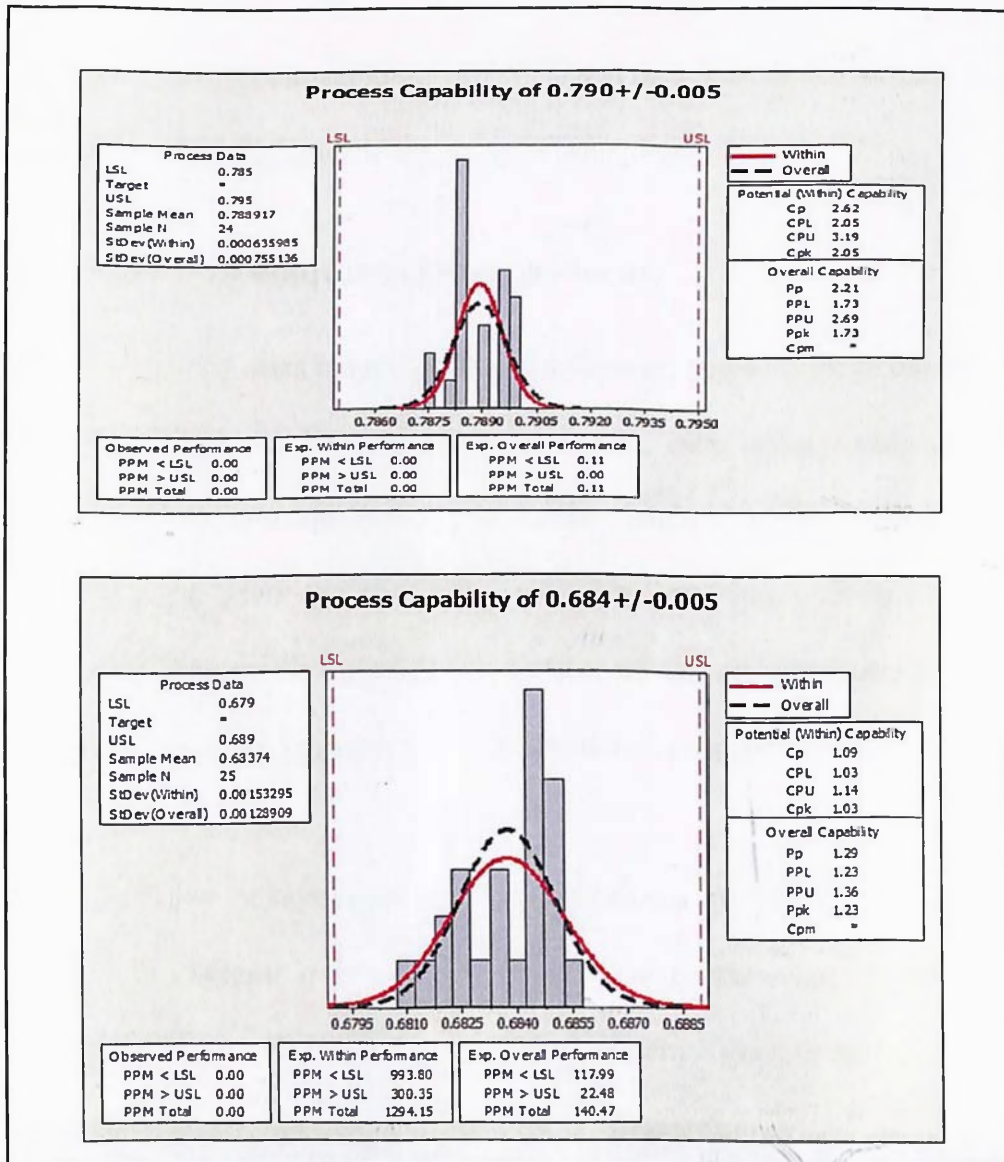


Figura 10 Análisis de capacidad para los extintores

Estos datos reflejan claramente que el problema está en el método de colocación de las partes del breaker principalmente los extintores. En el anexo C mostramos como afecta la mala colocación de estas partes.

4.5 Mejorar

En busca de mejorar la situación del alto volumen de desperdicios plasticos y ya habiendo analizado el problema se han planteado las siguientes mejoras:

4.5.1 Nuevas guías en máquinas remachadoras.

Las guías actuales de estas máquinas remachadoras no tienen el mecanismo apropiado que permita discriminar cuando un breaker esta bien tapado, estas simplemente por medio de los sensores de movimiento de la máquina son accionadas cuando el breaker esta en la posición de remachar. Lo que planteamos es hacer una serie de mejoras que permitan discriminar y no accionar los pistones de remache hasta tanto el breaker no este correctamente cerrado y asegurar una correcta colocación de los componentes internos del dispositivo antes de ser remachados.

1. Colocar un accesorio pokayoke en la entrada la correa que alimenta la máquina con los breaker que evite ingresar a esta correa deslizadora breakers mal tapados obligando al operador a corregir cualquier mala postura de partes internas del dispositivo.



Situación actual



Accesorio propuesto

Figura 11. Accesorio propuesto en máquinas remachadoras

2. Mejorar el sistema de parada en la remachadora para evitar el movimiento de los componentes en el breaker. Justo cuando el dispositivo hace la parada para ser remachado este al llegar de golpe dependiendo de que tan bien colocados estén las partes internas en el breaker puede o no desajustarse el collar o la tapa del dispositivo. Para esto planteamos mejorar este accesorio por uno que de poca holgura al movimiento y que suavice la parada del dispositivo al momento de llegar a esta parte de la máquina. Estos sistemas se describen en las figuras a continuación:

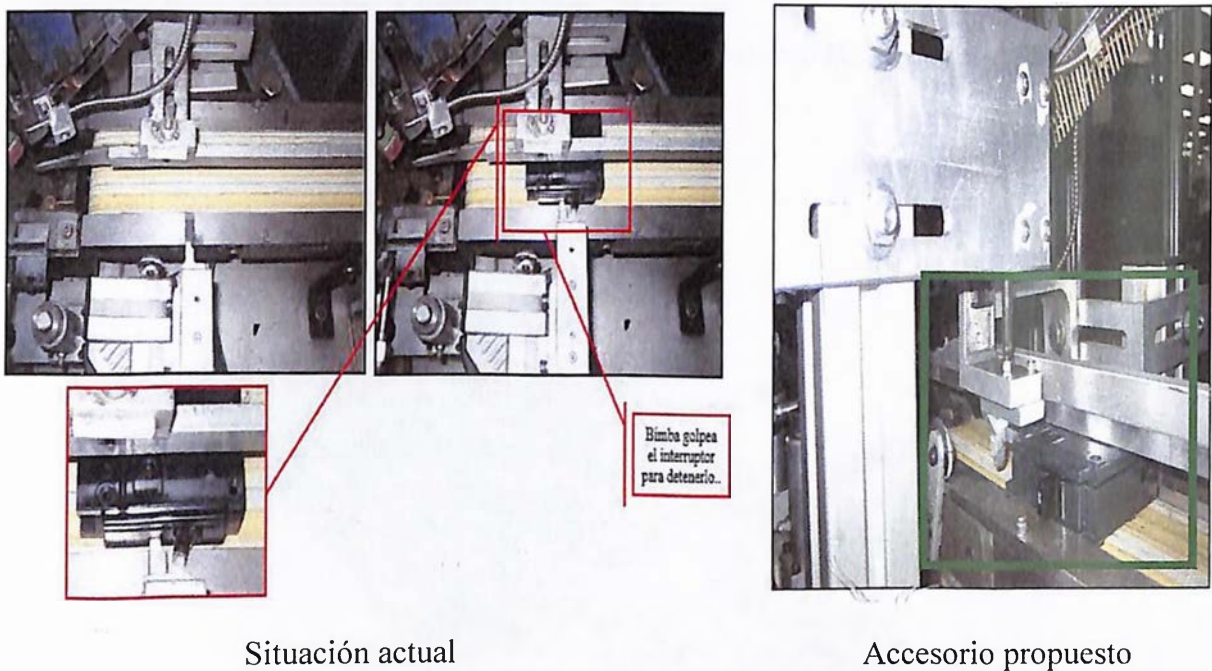


Figura 12. Propuesta sistema de parada en máquina remachadora

4.5.2 Sistema de inspección por visión artificial.

Los sistemas de visión artificial utilizan habitualmente herramientas de verificación para la comprobación de objetos, ensamblajes y productos empaquetados. La implementación de un sistema como este en las máquinas remachadoras permitirá no sólo reducir los niveles de desperdicios sino mejorar de manera simultánea la calidad final de los productos. Este sistema de inspección es capaz de detectar si un breaker esta bien tapado y activar las válvulas que accionan los pistones de la remachadora de lo contrario nunca accionaría el mecanismo obligando a corregir el problema para evitar de este modo por completo las roturas en este tipo de máquina. Tambien tiene la capacidad de discriminar la existencia de rebabas y burbujas en los plásticos.



Figura 13. Cámara de inspección Visual

Estos dispositivos se estarían instalando uno por cada máquina remachadora y tendrá un costo a la empresa de US\$ 4,990.00 (ver cotización en el anexo D).

4.5.3 Plan de entrenamiento

Agendar un plan de entrenamiento para el personal fijo y de soporte en las operaciones de tapado para mostrarle las consecuencias en roturas que traen consigo la mala colocación del extinguidor y el impacto que traerá consigo el plan de mejoras una vez implementado en la línea de producción y así reducir la mala práctica en el proceso de colocación errónea de los componentes.

4.6 Controlar

En esta etapa del proyecto se han instaurado los distintos métodos de control con el objetivo de mantener en el tiempo cada una de las mejoras propuestas una vez implementadas y así lograr mantener controlado el número de variaciones que puedan presentarse en el proceso a causa de las roturas de bases y tapas. En vista de lo antes planteado hemos propuesto los siguientes planes de control:

En cuanto a las guías que encaminan el breaker a ser remachado, el sistema de parada propuesto, y el sistema de inspección de visión artificial, una vez instalado y probado su correcto funcionamiento, es necesario que se incluya en el plan de TPM diario del operador la verificación y limpieza de estas serie de mejoras para cuidar de obstrucciones por residuos plásticos. De igual forma incluir en dicho formulario la validación del correcto funcionamiento del sistema de inspección. Para este tipo de control hemos propuesto utilizar la lista de verificación para TPM diario del anexo E.

CAPÍTULO V. CONSIDERACIONES FINALES

5.1 Conclusión

Seguir paso a paso la metodología planteada en el presente trabajo de investigación para la resolución de problemas de variación en procesos nos ha permitido identificar que el mayor número de las variaciones en el rendimiento del proceso de construcción de breaker para la línea de BR3P provienen de las máquinas remachadoras, siendo estas el principal factor detractor en roturas de bases y tapas de breaker, representando un porcentaje acumulado para el periodo Enero – Julio 2017 de un 55.54% del 60.83% que representa el porcentaje total en roturas para el proceso completo en este lapso de tiempo. Estos números posicionan el proceso de remache en un nivel sigma de 3 y una Cantidad de defectos por millón de oportunidades (DPMO) de 66,807 para la primera remachadora y 44,600 para la segunda remachadora.

Esto no quiere decir que las máquinas y su funcionamiento como tal sean el principal problema, sino que se ha podido también identificar que hay oportunidades de mejora en el proceso ya que la minoría de las roturas también provienen de otras estaciones de trabajo aunque no representen un numero de mayor importancia como el que representan las remachadoras.

Estas variaciones de roturas en máquina han mantenido el rendimiento del proceso de producción fluctuando por debajo del 81% según los datos históricos evitando mes tras mes alcanzar los objetivos de rendimiento y gastos en desperdicios.

Esta investigación estuvo orientada a la mejora de la línea para los estilos de breakers más demandados por los clientes, a pesar de que allí se producen estilos que tienen un volumen de demanda no muy elevados e incluirlos en el plan de mejora no hubiese representado un peso significativo en el crecimiento de las métricas que hemos perseguido elevar.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda la implementación de una serie de mejoras a las máquinas remachadoras que juntas sumaran aproximadamente un 10% al rendimiento total del proceso. Entre los beneficios que se obtendrán se citan los siguientes por tipo de mejora:

- a) La colocación de un accesorio poka yoke en la entrada la correa que alimenta la máquina remachadora nos proporcionara una disminución casi al 100% de roturas a consecuencia de materiales mal colocado puesto que sería necesario obligatorio ajustar las piezas antes de ingresar el breaker a la correa deslizadora.
- b) Si mejoráramos el sistema de parada en la remachadora se estaría disminuyendo el 6% del valor que representan las roturas por remache. Se reducirá al mínimo los descarrilamientos de breaker en la correa y los breaker fuera de la posición de remache, centrando el breaker en la posición adecuada.
- c) La instalación de un sistema de inspección por visión artificial modernizará el equipo y evitará cualquier tipo de rotura en el equipo. Este dispositivo puede ser la mejor opción a elegir ya que con una inversión de menos de US\$ 5,000 lograremos reducir prácticamente a cero las roturas de plásticos en las máquinas remachadoras. La desventaja de colocar este sistema sin las mejoras a y c planteadas más arriba es que aumentarían los tiempo de paradas del equipo por preparación del equipo y ajustes de breakers en la máquina ya que no accionaría hasta estar en la posición correcta.

Todas estas mejoras sumadas a un plan de entrenamiento del personal de ensamble darían como resultado la disminución de los niveles de desperdicios a causa de roturas en más de un

50%, dejando solo alrededor de un 10% de las causas de roturas a situaciones esporádicas de desajustes y un mínimo porcentaje a roturas provenientes de otros procesos.

Con esto se logrará incrementar en un 10% el rendimiento en las operaciones de remache y tendremos un mayor aprovechamiento de las partes manteniendo los indicadores de desperdicios para la línea por debajo de los US\$ 2,000.00.

BIBLIOGRAFIA

- Asociación Española para la Calidad.* (s.f.). Obtenido de www.aec.es:
<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>
- Andreani, A. A. (2009). *Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad Operacional en Plantas Industriales.*
- Brust, P., & Gryna, F. (1997). Product Quality and Macroeconomics – Five Links. *College of Business Research Paper Series.*
- conceptodefinicion.de.* (19 de Mayo de 2016). Obtenido de <http://conceptodefinicion.de/discrepancia-estadistica/>
- Eaton Corp. (2011). *Guia Etica, el poder de hacer bien los negocios.* Cleveland.
- EATON, C. (2013). ELSS EATON Six Sigma. Lincoln.
- GRYNA , F., CHUA, R., & DEFEO, J. (2007). *Método Juran Analisis y planeacion de la calidad.* México, D. F.: McGRAW-HILL.
- HARRINGTON, H. (1993). *Mejoramiento de los procesos de la empresa.* Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill.
- <http://www.caletec.com>. (20 de January de 2014). Obtenido de
<http://www.caletec.com/blog/6sigma/metodologia-dmaic-6-sigma/>
- Ingenieria Industrial Online.* (s.f.). Obtenido de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>
- Lean Solution.* (s.f.).
- Muller, M. (s.f.). Fundamentos de Administración de inventarios.
- RICHARD B. CHASE, F. R. (2009). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros.* México,: McGraw-Hill.
- Sánchez, M. F. (1997). *Eficacia organizacional.* Madrid: Materprint, S.L.
- Santana, A. (15 de Septiembre de 2016). Que es una planta Textil. (J. Rodriguez, Entrevistador)
- Sistemas de Manufactura.* (s.f.). Obtenido de wordpress.com:
<https://sistemasmanufactura.files.wordpress.com/2011/08/sesion-9-02-2011.pdf>
- Vásquez, I. (2012). Eaton da su mejor nota a RD. *Listin Diario.*

Wikipedia, Encilopedia Libre. (s.f.). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/DPMO>

www.100pceffective.com. (s.f.). Obtenido de <https://www.100pceffective.com/wp-content/uploads/6-Sigma-Conversion-Table.pdf>

www.ingenieriaindustrialonline.com. (2016). Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/nivel-sigma-y-dpmo/>

www.pdcahome.com/los-5-porques-2/. (2017). Obtenido de [/www.pdcahome.com](http://www.pdcahome.com).

ANEXOS

Anexo A: Tabla de conversión de rendimiento y DPMO al nivel sigma.

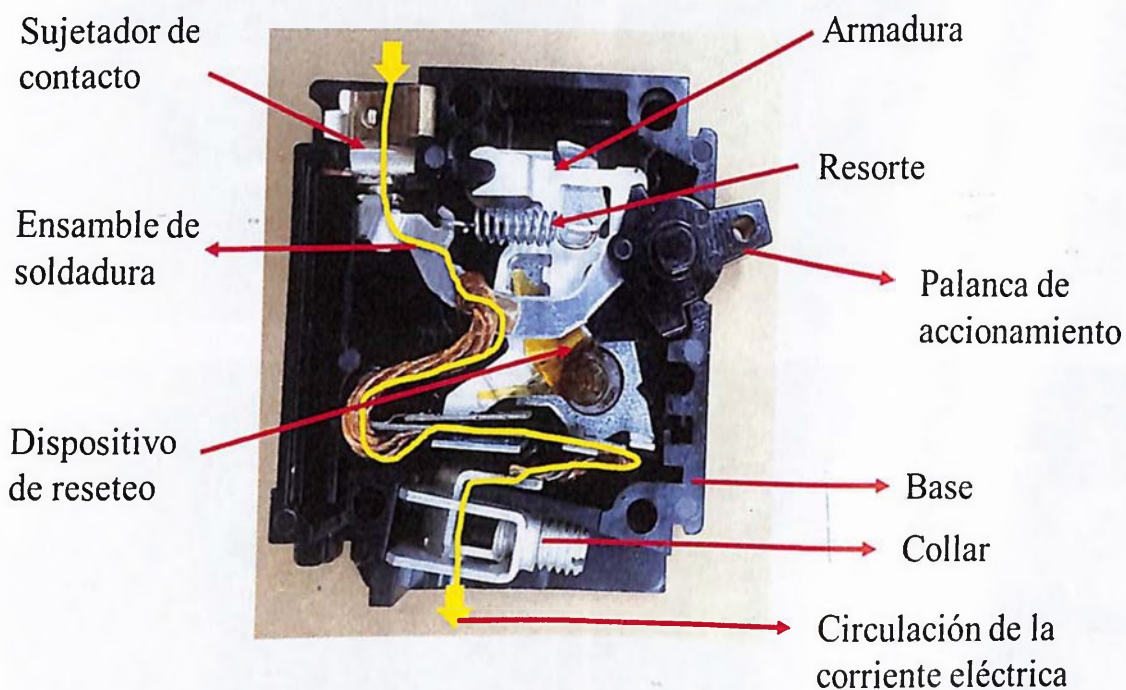
Fuente: (www.100pceffective.com, n.d.)

Tabla de conversión Six Sigma

| Yield | DPMO | Sigma | Yield | DPMO | Sigma | Yield | DPMO | Sigma |
|--------------|----------------|----------|--------------|---------------|----------|------------------|------------|----------|
| 6.6% | 934,000 | 0 | 69.2% | 308,000 | 2 | 99.4% | 6,210 | 4 |
| 8.0% | 920,000 | 0.1 | 72.6% | 274,000 | 2.1 | 99.5% | 4,660 | 4.1 |
| 10.0% | 900,000 | 0.2 | 75.8% | 242,000 | 2.2 | 99.7% | 3,460 | 4.2 |
| 12.0% | 880,000 | 0.3 | 78.8% | 212,000 | 2.3 | 99.75% | 2,550 | 4.3 |
| 14.0% | 860,000 | 0.4 | 81.6% | 184,000 | 2.4 | 99.81% | 1,860 | 4.4 |
| 16.0% | 840,000 | 0.5 | 84.2% | 158,000 | 2.5 | 99.87% | 1,350 | 4.5 |
| 19.0% | 810,000 | 0.6 | 86.5% | 135,000 | 2.6 | 99.90% | 960 | 4.6 |
| 22.0% | 780,000 | 0.7 | 88.5% | 115,000 | 2.7 | 99.93% | 680 | 4.7 |
| 25.0% | 750,000 | 0.8 | 90.3% | 96,800 | 2.8 | 99.95% | 480 | 4.8 |
| 28.0% | 720,000 | 0.9 | 91.9% | 80,800 | 2.9 | 99.97% | 330 | 4.9 |
| 31.0% | 690,000 | 1 | 93.3% | 66,800 | 3 | 99.977% | 230 | 5 |
| 35.0% | 650,000 | 1.1 | 94.5% | 54,800 | 3.1 | 99.985% | 150 | 5.1 |
| 39.0% | 610,000 | 1.2 | 95.5% | 44,600 | 3.2 | 99.990% | 100 | 5.2 |
| 43.0% | 570,000 | 1.3 | 96.4% | 35,900 | 3.3 | 99.993% | 70 | 5.3 |
| 46.0% | 540,000 | 1.4 | 97.1% | 28,700 | 3.4 | 99.996% | 40 | 5.4 |
| 50.0% | 500,000 | 1.5 | 97.7% | 22,700 | 3.5 | 99.997% | 30 | 5.5 |
| 54.0% | 460,000 | 1.6 | 98.2% | 17,800 | 3.6 | 99.9980% | 20 | 5.6 |
| 58.0% | 420,000 | 1.7 | 98.6% | 13,900 | 3.7 | 99.9990% | 10 | 5.7 |
| 61.8% | 382,000 | 1.8 | 98.9% | 10,700 | 3.8 | 99.9992% | 8 | 5.8 |
| 65.6% | 344,000 | 1.9 | 99.2% | 8,190 | 3.9 | 99.9995% | 5 | 5.9 |
| | | | | | | 99.99966% | 3.4 | 6 |

Anexo B: Partes de un breaker

Partes de un breaker



Anexo C: Imágenes de roturas por mal colocación de extintores



Propuesta de mejora a línea de producción BR3P a través de un evento kaizen de reducción de variación.
 Empresa EATON Corp. Haina, R.D

Anexo D: cotización sistema de inspección por visión artificial



KEYENCE CORPORATION OF AMERICA
 Headquarters: 688 River Drive Suite 403 Elmwood Park NJ 07407 PHONE: 888-539-3623

Quotation

Attn :
 Dept :
 Fax :
 Email : yohilipreyes@eaton.com
 Quoted to : Eaton Corporation- Dominican Republic
 Parque Industrial Itabo. Km 12 Carretera KM 12
 Dominican Republic, Dominican Republic

Quotation : 11326412
 Quote Date : 1/15/18

Your Reference :

Thank you for the opportunity to provide you a quotation for the following product(s).
 ***Please reference the Keyence Quotation number 11326412 when placing your order!

Reference :

Sales Contact : INTERNATIONAL APPLI
 Tel : 1-888-KEYENCE Ext : 85011
 Fax : 855-539-0123
 Email: AKukowski@Keyence.com

| Line | Item | Item Description | Taxable Unit | Unit Price | Qty | Ext Price |
|--------------------------------|----------|---|--------------|------------|-----|-----------|
| 1 | IV-500MA | Vision Sensor Standard Range Monochrome AF Type | pcs | 1,450.00 | 2 | 2,900.00 |
| 2 | OP-87440 | Standard Vision Sensor Power I/O Cable (straight/2m) | pcs | 80.00 | 2 | 160.00 |
| 3 | IV-M30 | Vision Sensor Monitor Touch Display Interface | pcs | 700.00 | 2 | 1,400.00 |
| 4 | OP-87443 | Vision Sensor Monitor Monitor Power Cable (2m) | pcs | 35.00 | 2 | 70.00 |
| 5 | OP-87450 | Standard Vision Sensor Monitor Cable (straight/2m) | pcs | 220.00 | 2 | 440.00 |
| Sub Total | | | | | | 4,970.00 |
| Misc. Charges | | | | | | 0.00 |
| Shipping & Handling | | | | | | 20.00 |
| Tax | | | | | | 0.00 |
| Total (USD) | | | | | | 4,990.00 |

DELIVERY : To be Advised
Shipping : PICK UP
F.O.B Point : Itasca, IL
Terms : Terms Pending
Quote Expires: 02/14/18
 Quoted shipping cost is an estimate based on quantities and method of delivery. Actual shipping cost may differ should items, delivery location, or shipping method change.

FOR ORDERS & CUSTOMER SUPPORT,
PLEASE CONTACT:
CUSTOMER SERVICE
TEL: 1-888-KEYENCE(539-3623) EXT.28761
FAX: 855-539-0123
EMAIL: CustomerService@Keyence.com

Prices, Availability and Terms are subject to Change.
 Keyence Corporation of America Terms & Conditions apply. Please contact us for complete details.

00TR001

Page : 1 / 1

Anexo E: Formulario TPM

INSPECCION DE TPM DIARIO

Nombre de máquina: **Autorivet**
 Línea: _____
 No. Máquina: _____

Mes, Año: ___ / ___
 Turno: 1er ___ 2do ___

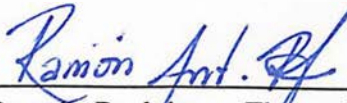
- Este documento debe ser completado antes de iniciar y/o durante el turno por un operador y/o técnico calificado.
- Seguir el orden de las tareas a ejecutar y marcar el recuadro según corresponda.
- Ante cualquier problema encontrado, detenga el equipo y notifique a su supervisor o al técnico de mantenimiento.


| No. | Tarea a realizar por el OPERADOR | Tiempo | Semana 1 | | | | | | | Semana 2 | | | | | | | Semana 3 | | | | | | | Semana 4 | | | | | | | Semana 5 | | | | | | |
|---|---|--|----------|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|
| | | | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D | L | M | M | J | V | S | D |
| OPERADOR | 1 | Remueva polvo y contaminantes de las áreas externas del equipo. Verifique que no haya nada encima o debajo de la máquina. (Use aire comprimido/paño seco). | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | Verifique que no haya nada encima o debajo de la máquina. En caso de haber, retire inmediatamente. | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | Verifique visualmente tumbadores de distribución de rivets. Compruebe que no hayan materiales mezclados. | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | Verifique que la presión del aire está dentro de los parámetros (65 a 80 psi). Anote la presión observada. | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | Verifique que el sistema de inspección visual mediante la cámara detecta los breakers que llegan mal tapados. | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | Verifique que el sensor en la entrada de la cámara que alimenta la remachadora no tenga desbustes o desgastes que permitan acceder breaker mal tapados a la remachadora. | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ASISTENTE | 7 | Verifique que el sistema de gomas este funcionando correctamente. | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | Verifique que el aceite de lubricación no baje del nivel medio. | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | Verifique que la etiqueta de mantenimiento preventivo esté actualizada (si está vencido, no detenga el equipo sino notifique al supervisor). | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inspeccionado por (El/la operadora) debe colocar las iniciales de su nombre): | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TECNICO | No. | Tareas a realizar por el TECNICO | Semana 1 | | | | | | | Semana 2 | | | | | | | Semana 3 | | | | | | | Semana 4 | | | | | | | Semana 5 | | | | | | |
| | 7 | Aplicar LOTO según procedimiento específico, para realizar las siguientes tareas. | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | Verifique que las lloras se encuentren en buen estado, realice la limpieza de las mismas (Use un paño humedecido con alcohol). | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | Recoge los desperdicios de breakers y remaches de la máquina (Use un magneto de ser necesario). | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OPERADOR | 10 | Verifique que estén todas las botellas (según máquina: 2, 4, 5 botellas). En cada una revise que el punto central no esté roto y que conserve todas las esbras. | / | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Inspeccionado por (El/la técnico/a) debe colocar las iniciales de su nombre): | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

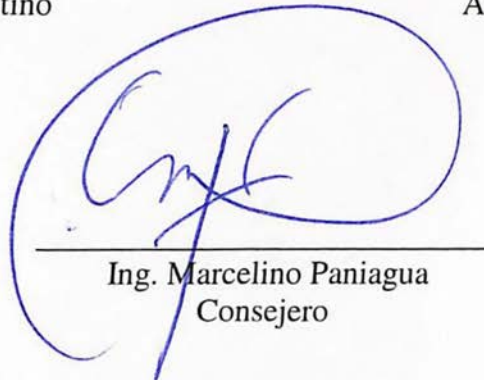


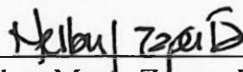
| Leyenda | |
|---------|--------------------------------|
| ✓ | Inspección conforme |
| X | Inspección no conforme |
| N/A | No aplica |
| | Realizar otra vez el por turno |

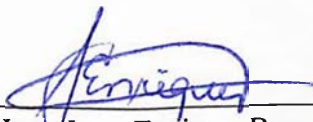
HOJA DE EVALUACIÓN


Ramón Rodríguez Florentino
Sustentante


Ana Yudelka Mariñez Carmona
Sustentante


Ing. Marcelino Paniagua
Consejero


Ing. Nelbry María Zapata Rosario
Presidente del Jurado


Ing. Jose Enrique Ramírez
Miembro del Jurado


Ing. Fe Del Carmen Payano Vásquez
Miembro del Jurado

Calificación:

Numérica 95
Alfabética A

Fecha: _____



Calificación:

Numérica 95
Alfabética A