



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

**REDUCCIÓN DE COSTOS EN PORCENTAJE DE SCRAP Y
REDUCCIÓN DE PLANTILLA DE PERSONAL EN LA LÍNEA DE
TERMOSTATO**

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO EN SISTEMAS AUTOMOTRICES**

**PRESENTA:
JUAN MANUEL HERNÁNDEZ CALOCH**

**NOMBRE DEL ASESOR:
MARIO EDUARDO LEAL LÓPEZ**



APIZACO, TLAX., ENERO 2024



Apizaco, Tlaxcala, 25/enero/2024

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Electrónica
No. OFICIO IEE/103/2024

Asunto: Liberación de Proyecto
Para la Titulación Integral

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E.

Por este medio me permito informar a usted que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación Integral:

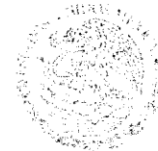
Nombre del egresado:	JUAN MANUEL HERNÁNDEZ CALOCH
Carrera:	INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
No. de Control:	15371004
Nombre del proyecto:	"REDUCCIÓN DE COSTOS EN PORCENTAJE DE SCRAP Y REDUCCIÓN DE PLANTILLA DE PERSONAL EN LA LÍNEA DE TERMOSTATO"
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

Agradeciendo de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica.
Pensar para Servir, Servir para Triunfar.*

JAIME ALBERTO ELIZALDE OLIN
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
Y ELECTRÓNICA

Mtro. Mario Eduardo Leal López
Nombre y Firma del Asesor

c.c.p. Expediente
c.c.p. Asesor



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 145, e-mail: electronica@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Apizaco, Tlax., 26/enero/2024
No. OFICIO: DEP-CT/045/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

JUAN MANUEL HERNANDEZ CALOCH
EGRESADO DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN SISTEMAS AUTOMOTRICES
CON NÚMERO DE CONTROL: 15371004
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** cuyo tema es: **"REDUCCION DE COSTOS EN PORCENTAJE DE SCRAP Y REDUCCIÓN DE PLANTILLA DE PERSONAL EN LA LÍNEA DE TERMOSTATO"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESION

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®


MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo


ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec,
Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304,
e-mail: dep_titulación@apizaco.tecnm.mx



2023
FRANCISCO
VILLA
100 años de su nacimiento

AGRADECIMIENTOS.

Agradecer a mis padres, hermano y hermana por su incondicional apoyo en este gran logro, por ser la fuente de aliento de seguir adelante todos y cada uno de los días que estuvieron brindándome su apoyo.

A mis asesores la Ing. Laura Ramírez por su apoyo y conocimientos que me brindo durante el desarrollo del presente trabajo y la confianza de haber permitido de trabajar con ella en este proyecto así mismo a todo el equipo de producción de igual manera agradecer al Mtro. Mario Eduardo Leal López por haberme guiado y aportaciones a lo largo del desarrollo de este proyecto.

A mis amigos y compañeros de la universidad Emmanuel Hernández, Ricardo García, Bryan Hernández, Cesar Antonio Piedras, Javier Sánchez, y Bernardo Ceballos, por su apoyo incondicional y momentos vividos a lo largo de este gran logro.

RESUMEN

En el presente Trabajo de investigación tiene como objetivo mejorar el sistema de producción para reducir el porcentaje del *scrap* en el termostato aplicando herramientas de la metodología *lean manufacturing* y seis Sigma con el fin de reducir costos y mejorando la calidad de los diferentes termostatos fabricados en Cebi industrias México.

Para llevar a cabo este proyecto se realizan análisis diagnóstico e implementación de diferentes herramientas de cada una de las metodologías con el fin de mejorar la calidad de los productos y el porcentaje de *scrap* para así eliminar re trabajos y desperdicios que tienen un costo bastante elevado para la empresa a lo largo de un año.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	11
RESUMEN	12
INDICE	13
CAPITULO I	10
1.1 INTRODUCCIÓN.....	10
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE.....	11
Razón social:.....	11
Dirección:	11
Teléfono:	11
Misión:.....	11
Política integral:.....	11
Visión:	12
Descripción o funciones del departamento o área donde se realizó el proyecto:	12
1.3 PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS.....	13
1.4 OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECIFICOS)	14
1.4.1 Objetivo General.	14
1.4.2 Objetivos específicos.	14
1.5 JUSTIFICACION.....	15
CAPITULO 2	16
2.1 <i>Lean manufacturing</i>	16
2.1.1 Orígenes	17

2.1.2 Beneficios.....	18
2.1.3 Principios del sistema Lean.....	20
2.1.4 Concepto de despilfarro	21
2.1.5 Tipos de desperdicios	21
2.2 Técnicas <i>lean</i>	27
2.2.1 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	27
2.2.2 5 S.....	33
2.2.3 <i>Kanban</i>	39
2.2.4 <i>SMED</i> (Cambio rápido de herramientas)	42
2.2.5 Mantenimiento Productivo Total TPM	45
2.2.6 <i>Poka yoke</i>	49
2.3 <i>Six sigma</i>	53
2.3.1 Los Beneficios de <i>Six sigma</i>	53
2.3.2 Los Seis Principios de <i>SixSigma</i>	54
2.3.3 Fases de la Metodología Six Sigma	56
2.3.4 Herramientas <i>six sigma</i>	56
CAPITULO 3	62
3.1 Conocer el proceso y línea de ensamble.....	62
3.2 Identificar posibles problemas	62
3.4 Conocer el estado actual el proceso en cuánto a desperdicios.....	62
3.5 Realizar VSM para conocer la situación actual del proceso e identificar las áreas de mejora.....	62
3.6 Implementación de la herramienta TPM a los dispositivos de calibración de la línea de termostatos	62
3.7 Implementación de la técnica SMED en los dispositivos de calibración	63

3.8 Implementación de la herramienta <i>poka yokes</i> en los dispositivos de calibración.....	63
3.9 Realizar un diagrama de Pareto para conocer cuáles son los principales problemas	63
3.10 Realizar un diagrama de Causa y efecto para conocer los posibles causas	64
3.11 Realizar un diagrama de Causa y efecto de la falla principal	64
3.12 Realizar pruebas con el termómetro para verificar la temperatura de las tinas de calibración.....	64
3.13 Realizar un histograma para conocer el comportamiento de la temperatura de las tinas de calibración.....	64
3.14 Realizar un muestreo de la calibración de los termostatos.....	64
3.15 Realizar un gráfico de correlación	65
CAPITULO 4	66
4.1 Conocer línea de ensamblé	66
4.1.1 Desempaque y ensamble <i>switch</i>	66
4.1.2 Prueba <i>switch</i>	67
4.1.3 Ensamble PTT	68
4.1.4 Calibración	68
4.1.5 Estabilización y verificación de la calibración	70
4.1.6 Enrollado	71
4.1.7 Calibración ambiente y marca de lote	71
4.2 Conocer el estado actual del proceso en cuánto a desperdicios	73
4.3 Realizar VSM para conocer la situación actual del proceso e identificar las áreas de oportunidad	74
4.4 Implementación de la herramienta TPM, mantenimiento correctivo a los dispositivos de calibración de la línea de termostatos	75

4.5 Implementación de la técnica SMED en los dispositivos de calibración	78
4.6 Implementación de la herramienta <i>poka yokes</i> en los dispositivos de calibración.....	80
4.7 Realizar un diagrama de Pareto para conocer Cuáles son los principales problemas	82
4.8 Realizar un diagrama de Causa y efecto para conocer los posibles causas	85
4.9 Diagrama de Causa y efecto de la causa principal	86
4.10 Realizar pruebas con el termómetro para verificar la temperatura de las tinas de calibración.....	87
4.11 Realizar un histograma para conocer el comportamiento de la temperatura de las tinas de calibración.....	92
4.12 Realizar un muestreo de la calibración de los termostatos.....	93
4.13 Realizar un gráfico de correlación	107
4.14 Realizar un análisis de capacidad de proceso para conocer el estado actual del proceso	109
4.15 Realizar un análisis de correlación y regresión lineal	110
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, Y EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA	114
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	115
REFERENCIAS.....	116

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue desarrollado en Cebi industrias México en el área de producción se realizó con el objetivo de la reducción de costos en cuanto a *scrap* en la línea de ensamble de termostatos tenía un histórico en el cual en el año 2020 se tuvo un incremento en cuanto al porcentaje de *Scrap* llegando a tener un histórico del 7.18% descargar en enero del año 2020 al año 2021 el porcentaje de *Scrap* tuvo un descenso pero se busca reducir aún más el *scrap* puesto que los costos de *scrap* son aún bastante elevados por lo que mediante la implementación de metodologías de *Lean Manufacturing* y *Six Sigma* se busca mantener el porcentaje de *scrap* por debajo del 1% entre los problemas más comunes son los termostatos calibrados fuera de especificación por lo que se busca erradicar este problema haciendo uso de herramientas de *lean manufacturing* y *six sigma*, entre las herramientas que se ocuparon fueron análisis estadístico, gráfico correlaciones, muestreos de datos entre otras herramientas que se aplican con el fin de controlar y disminuir el porcentaje de *scrap*

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE

Razón social:

Cebi Industrias México S.A. de C.V.

Dirección:

cuidad industrial Xicoténcatl II, Huamantla, Tlaxcala, México

Teléfono:

2474725150

Cebi produce diversos componentes que están repartidos en más de 35 tipos de familias, además del sector automotriz que representa casi 80% de la actividad del grupo, cebi también es proveedor de las partes para el sector electrodoméstico. Cebi Industrias México, SA de CV está ubicada en Huamantla, TLAXCALA, México y es parte de la Industria de Fabricación de Partes Automotrices. Piezas automotrices de ensamble como depósitos de agua, ensamble de actuadores cerraduras y bombas.

Misión:

Nuestra misión en cebi México es fabricar sustentablemente partes automotrices exteriores además de componentes de línea blanca que exceden los requisitos y expectativas de calidad de todas las partes interesadas y de nuestros clientes

Política integral:

CEBI México es una empresa confiable para nuestros clientes, sustentable para el medio ambiente y rentable para nuestros inversionistas que:

- Cumple con los requisitos de los clientes, los legales y reglamentarios aplicables al SIG y los de otras partes interesadas pertinente.

- Protege al medio ambiente y previene la contaminación que generan nuestras operaciones.
- Usa eficientemente los recursos naturales y energéticos y
- Mejora el desempeño en calidad y medio ambiente de nuestros procesos.

Visión:

Queremos formar profesionistas más exigentes, con mayor capacidad de análisis crítico y que sean capaces de generar ideas innovadoras para dar solución a los problemas contemporáneos.

Queremos tener un equipo que nos permita satisfacer a nuestros clientes mediante el desarrollo, la manufactura y el suministro a tiempo de autopartes de manera eficaz y eficiente, con una buena rentabilidad que sustente la renovación tecnológica, el crecimiento del personal dentro de la organización y el respeto al medio ambiente.

Lo anterior para ser líderes internacionales en el diseño y manufactura de componentes y sistemas para la industria automotriz, a través de la superación de los estándares de calidad y confiabilidad.

Descripción o funciones del departamento o área donde se realizó el proyecto:

Es responsabilidad de producción gestionar al personal productivo, hacer cumplir el plan de Producción de la planta; atendiendo los requerimientos de logística, bajo los estándares de Industrialización, teniendo en cuenta los siguientes procedimientos que atienden situaciones concretas:

- Procedimiento orden y limpieza en áreas productivas.
- Procedimiento de planeación maestra de Producción.
- Procedimiento solución de problemas de producción.
- Manual de seguridad e higiene.
- Revisar plan de producción.

- Solicitud de materiales a almacén.
- Asignación de personal y equipos de trabajo.
- Arranque de producción.
- Cambios de turno.
- Solicitud de uso de línea de producción
- Reporte de Producción y movimientos
- Monitoreo y cumplimiento del plan de producción del turno

1.3 PROBLEMAS A RESOLVER, PRIORIZÁNDOLOS.

- En la empresa Cebi Industrial México en la línea de termostato detenido en el año 2020 un promedio del 2.5% de *scrap* esto genera altos costos de desperdicios además de personal extra en la línea para la inspección y re trabajo de las piezas defectuosas
- Comprobar si las temperaturas de las tinas tienen algún defecto en la calibración de los termostatos
- Dispositivos de calibración tienen una escala en mal estado
- Los dispositivos de calibración se encuentran fuera de los límites de especificación permitidos
- La temperatura ambiente tiene un efecto en la calibración de los termostatos pues los termostatos son sensibles a la temperatura
- Dispositivos de calibración limitados entre los diferentes tipos de versión de termostatos
- La variación de la temperatura de las tiendas puede tener algún efecto en la calibración de los termostatos
- Variaciones que se presentan en los resultados de la calibración de los termostatos depende enteramente de la operadora

1.4 OBJETIVOS (GENERAL Y ESPECIFICOS)

1.4.1 Objetivo General.

Implementar herramientas de las filosofías de *lean manufacturing* y *six sigma* para mejorar la productividad, calidad y reducir los costos desperdicios en la línea de termostatos

1.4.2 Objetivos específicos.

- Implementar herramientas *lean manufacturing* y *six sigma* en la línea de termostatos para reducir el porcentaje de *scrap* y plantilla de personal
- Conocer las herramientas *lean manufacturing* y *six sigma* para dicho proyecto para mejorar la calidad y reducir el porcentaje de *scrap*
- Conocer todas las posibles variables que pueden tener un efecto negativo en el proceso.

1.5 JUSTIFICACION

El presente proyecto se enfocará en la reducción del porcentaje de *scrap* que se genera específicamente en la línea de termostato de la empresa Cebi industrias México, ya que en el 2020 se presentó un incremento de *scrap* específicamente en dicha línea de ensamblé de hasta 2.5 % de aumento esto genera pérdidas bastante elevadas para la empresa anualmente por lo que busca erradicar el problema con el objetivo de reducir el porcentaje de *scrap* mensual y mantenerlo por debajo del 1%. Y no solo eso, sino que también se busca reducir la plantilla de personal de dicha línea actualmente se tiene una persona de más para mitigar y controlar el porcentaje de *scrap* dentro de dicha línea de ensamblé.

Se busca implementar herramientas *lean manufacturing* y *six sigma* para la reducción de costos en cuanto *scrap* de la empresa, es una excelente filosofía en el cual se busca la mejora continua ahorro de recursos y mejorar la producción, buscando una automatización en general de la línea con esto se busca tener una mejor rentabilidad y productividad en la línea de termostatos

Con esto se busca encontrar el principal problema del cual está generando demasiados porcentajes de *scrap* dentro de la misma empresa.

CAPITULO 2

Una línea de producción es un conjunto de operaciones realizadas en el proceso para fabricar productos. En Cebi Industrias México se cuenta con una línea de termostato capilares para estufas, los termostatos son un dispositivo eléctrico-mecánico que está diseñado para poder realizar dos funciones. La primera es detectar la temperatura de una área acondicionada, la segunda es la de regular algún equipo de calefacción, ventilación o de aire acondicionado para lograr mantener una temperatura deseada. Por lo tanto, los termostatos pueden utilizarse para servicio de calefacción y de refrigeración. O bien un solo instrumento puede manejar ambas funciones de control., Los elementos sensores pueden ser bimetálicos o de fluidos en este ultimo la presión de vapor dentro del fuelle reacciona a cambios de temperatura y proporciona la acción de interrupción o conexión por medio de un dispositivo de acción rápida, Por lo tanto, los termostatos de calefacción se utilizan subir la temperatura y los termostatos de refrigeración para bajar la temperatura. (Ramírez, 2001)

2.1 *Lean manufacturing*

Lean Manufacturing es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013), es importante decir que *lean manufacturing* es un método de organización del trabajo que se centra en la continua mejora y optimización del sistema de producción mediante la eliminación de desperdicios y actividades que no suman ningún tipo de valor al proceso. (Sistemas OEE, 2016).

Su objetivo fundamental es el de minimizar las pérdidas que se producen en cualquier proceso de fabricación, y en utilizar solo aquellos recursos que sean imprescindibles. Así, eliminando el despilfarro se mejora la calidad y se reducen el

tiempo de fabricación y los costes. (Sistemas OEE, 2016), es el de generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo; para ello es indispensable adaptar el método a cada caso concreto. La filosofía Lean no da nada por sentado y busca continuamente nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económica. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

2.1.1 Orígenes

Gran parte de los pilares fundamentales del *Lean Manufacturing* encuentran su origen a principios del siglo XX en Estados Unidos, donde F.W. Taylor y Henry Ford, padres del automóvil moderno y de las primeras líneas de fabricación industrial, introdujeron algunas técnicas para optimizar sus propios procesos de producción en serie. (Sistemas OEE, 2016)

No obstante, estos primeros esfuerzos de Taylor y Ford, fueron llevados a un grado de excelencia y sofisticación paradigmáticos por los japoneses a lo largo de todo el siglo XX. (Sistemas OEE, 2016)

Taylor estableció las primeras bases de la organización de la producción a partir de la aplicación de método científico a procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos. Posteriormente Henry Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para tareas elementales, la simplificación-secuenciación de tareas y recorridos, la sincronización entre procesos (Ramírez, 2001). No obstante, el 'Sistema de Producción Toyota' es uno de los principales legados de Toyota. Se hizo conocido como TPS en 1970 pero fue establecido mucho antes por Taiichi Ohno, Eijy Toyoda y Shigeo Shingo. Basado en los principios de *Jidoka*, *Just-in-time* y *Kaizen*, el sistema es un factor fundamental en la reducción de inventarios y defectos en las plantas de Toyota y de sus proveedores, y sustenta todas las operaciones en el mundo. El TPS, con su énfasis en la mejora continua y el valor del compromiso de los empleados, es considerado por la industria automotriz como un auténtico benchmarking. (Lean MDC, 2020)

A inicios de la década de los 90, James Womack escribió un libro titulado "La máquina que cambió el mundo" en la que describía una serie de herramientas encaminadas a mejorar la eficiencia de la producción, este libro llegó a convertirse en la biblia para todos los gerentes que deseaban introducir mejoras en los procesos de fabricación. Esto no era algo nuevo en el ambiente industrial, en la década anterior se había realizado un gran esfuerzo en varias compañías con la misma finalidad; el Sistema Justo a Tiempo. (Lean MDC, 2020)

El JAT (Justo a Tiempo) comparte con la filosofía Lean una gran variedad de herramientas que actualmente son muy conocidas y utilizadas por las compañías que buscan continuamente mejorar sus procesos y productos, sin embargo, JAT y Lean tienen su base en un sistema desarrollado con anterioridad en Japón: El Sistema de Producción Toyota. (Lean MDC, 2020)

2.1.2 Beneficios

El Sistema *Lean* o *Lean Manufacturing*, está basado en su totalidad en el Sistema de Fabricación de Toyota (TPS).

Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno, Eijy Toyoda y Shigeo Shingo, implementaron una serie de innovaciones en sus líneas de producción de manera que facilitaron tanto la continuidad en el flujo de material como la flexibilidad a la hora de fabricar distintos productos. Esto se hizo aún más necesario a finales de la segunda Guerra Mundial, cuando surgió la necesidad de fabricar pequeños lotes de una gran variedad de productos. Surgió así el TPS ("Toyota Production System").

El TPS se fundamenta en la optimización de los procesos productivos mediante la identificación y eliminación de desperdicios y el análisis de la cadena de valor, para finalmente conseguir un flujo de material estable y constante, en la cantidad adecuada, con la calidad asegurada y en el momento en que sea necesario. Es decir, tener la flexibilidad y confiabilidad necesarias para fabricar en cada momento lo que pide el cliente. Ni más, ni menos.

(Lean MDC, 2020)

Toyota llegó a la conclusión de que:

- Adaptando los equipos de fabricación a las necesidades de capacidad reales.
- La introducción de sistemas de calidad integrados en los procesos (*poka-yoke*).
- La disposición de equipos siguiendo la secuencia de fabricación.
- Innovando para conseguir cambios rápidos de modelo para que cada equipo pudiera fabricar muchos lotes pequeños de distintas piezas.
- Haciendo que cada máquina avisara a la máquina anterior cuando necesitaba material (sistema *pull*).

Esto haría posible el fabricar con costos bajos, con una amplia variedad, alta calidad y con tiempos de proceso muy rápidos, para responder de manera efectiva y eficaz a las variaciones en las demandas de los clientes. E igualmente, la gestión de la información se facilitaría y se haría más precisa. (Lean MDC, 2020)

Por ejemplo, las compañías que han realizado aplicaciones de *Lean Manufacturing* han obtenido beneficios como:

- Incremento del 50 % al 70 % en la productividad
- Mejora del 50 % al 90 % en reducción de tiempos de ciclo
- Mejora del 40 al 90 % en la calidad
- Reducción del 50% al 80 % en los inventarios
- Reducción del 40 % al 80 % en desperdicios
- Reducción del 50 % al 80 % en espacio dedicado a la manufactura y almacenes
- Reducción del 75 % al 90 % en tiempos de preparación

Es importante mencionar que los beneficios obtenidos usualmente se encuentran ligados al área de oportunidad detectada en los procesos, por lo que se vuelve imprescindible realizar un buen diagnóstico antes de emprender acciones de mejora para no crear falsas expectativas en cuanto a los beneficios esperados por la utilización de las herramientas *Lean*. (Lean MDC, 2020)

2.1.3 Principios del sistema Lean

Además de la casa Toyota los expertos recurren a explicar el sistema identificando los principios sobre los que se fundamenta el *Lean Manufacturing*. Los principios más frecuentes asociados al sistema, desde el punto de vista del “factor humano” y de la manera de trabajar y pensar, son: (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

- Formar líderes de equipos que asuman el sistema y lo enseñen a otros.
- Interiorizar la cultura de “parar la línea”.
- Crear una organización que aprenda mediante la reflexión constante y la mejora continua.
- Desarrollar personas involucradas que sigan la filosofía de la empresa.
- Respetar a la red de suministradores y colaboradores ayudándoles y proponiéndoles retos.
- Identificar y eliminar funciones y procesos que no son necesarios.
- Promover equipos y personas multidisciplinarios.
- Descentralizar la toma de decisiones.
- Integrar funciones y sistemas de información.
- Obtener el compromiso total de la dirección con el modelo Lean.

A estos principios hay que añadir los relacionados con las medidas operacionales y técnicas a usar:

- Crear un flujo de proceso continuo que visualice los problemas a la superficie.
- Utilizar sistemas “Pull” para evitar la sobreproducción.
- Nivelar la carga de trabajo para equilibrar las líneas de producción.
- Estandarizar las tareas para poder implementar la mejora continua.
- Utilizar el control visual para la detección de problemas.
- Eliminar inventarios a través de las diferentes técnicas JIT.
- Reducir los ciclos de fabricación y diseño.
- Conseguir la eliminación de defectos.

2.1.4 Concepto de despilfarro

Muchos de los principios enunciados anteriormente están en consonancia con los objetivos que persiguen la práctica totalidad de las empresas industriales. En principio puede parecer una lista de buenas intenciones, pero surge inmediatamente la pregunta de cómo realmente pueden llevarse a la práctica.

Para ello *Lean Manufacturing* propugna un cambio radical cultural. Este cambio consiste en analizar y medir la eficiencia y productividad de todos los procesos en términos de “valor añadido” y “despilfarro”. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013), se ha definido el despilfarro como todo aquello que no añade valor al producto, o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. El valor se añade cuando las materias primas se transforman del estado en que se han recibido en otro estado de un grado superior de acabado que algún cliente está dispuesto a comprar. Cabe señalar que existen actividades necesarias para el sistema o proceso, pero sin valor añadido, y que no contribuyen a comunicar valor al producto o servicio. En este caso, estos despilfarros tendrán que ser asumidos. (Rajadell & Sánchez, 2010) se puede señalar que el valor se añade cuando todas las actividades tienen el único objetivo de transformar las materias primas del estado en que se han recibido a otro de superior acabado que algún cliente esté dispuesto a comprar. Entender esta definición es muy importante a la hora de juzgar y catalogar nuestros procesos. El valor añadido es lo que realmente mantiene vivo el negocio y su cuidado y mejora debe ser la principal ocupación de todo el personal de la cadena productiva. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

2.1.5 Tipos de desperdicios

En general los tipos de desperdicios son los siguientes: sobreproducción, tiempo de espera o tiempo vacío, transporte o movimientos innecesarios, sobre proceso, stock, defectos o errores humanos.

Sobreproducción

El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. La sobreproducción es un desperdicio fatal porque no incita a la mejora, ya que parece

que todo funciona correctamente. Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita, representa un consumo inútil de material, se incrementan los transportes internos y se llenan de stock los almacenes. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Características:

- Gran cantidad de stock.
- Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipos sobredimensionados.
- Tamaño grande de lotes de fabricación.
- Falta de equilibrio en la producción.
- Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipamiento obsoleto.
- Necesidad de mucho espacio para almacenaje.

Causas posibles:

- Procesos no capaces y poco fiables.
- Reducida aplicación de la automatización.
- Tiempos de cambio y de preparación elevados
- Respuesta a las previsiones, no a las demandas.
- Falta de comunicación.

Acciones Lean para este tipo de despilfarro:

- Flujo pieza a pieza (lote unitario de producción).
- Implementación del sistema *pull* mediante *kanban*.
- Acciones de reducción de tiempos de preparación SMED.
- Nivelación de la producción.
- Estandarización de las operaciones.

Tiempo de espera

El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados

de trabajo. Por ello, es preciso estudiar concienzudamente cómo reducir o eliminar el tiempo perdido durante el proceso de fabricación. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Características:

- El operario espera a que la máquina termine.
- Exceso de colas de material dentro del proceso.
- Paradas no planificadas.
- Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas.
- Tiempo para ejecutar reproceso.
- La máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente.
- Un operario espera a otro operario.

Causas posibles:

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- *Layout* deficiente por acumulación o dispersión de procesos.
- Desequilibrios de capacidad.
- Falta de maquinaria apropiada.
- Operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas.
- Producción en grandes lotes.
- Baja coordinación entre operarios
- Tiempos de preparación de máquina /cambios de utillaje elevados.

Acciones Lean para este tipo de desperdicio:

- Nivelación de la producción. Equilibrado de la línea.
- *Layout* específico de producto. Fabricación en células en U.
- Autonomatización con un toque humano (*Jidoka*).
- Cambio rápido de técnicas y utillaje (*SMED*).
- Adiestramiento polivalente de operarios.
- Sistema de entregas de proveedores.
- Mejorar en manutención de la línea de acuerdo a secuencia de montaje.

Inventarios

El desperdicio por inventarios es el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas. El hecho de que se acumule material, antes y después del proceso, indica que el flujo de producción no es continuo. El mantenimiento de almacenes permite mantener los problemas ocultos, pero nunca los resuelve. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Características:

- Excesivo espacio del almacén.
- Contenedores o cajas demasiado grandes.
- Rotación baja de existencias.
- Costes de almacén elevados.
- Excesivos medios de manipulación (carretillas elevadoras, etc.).

Causas posibles:

- Procesos con poca capacidad.
- Cuellos de botella no identificados o fuera de control.
- Tiempos de cambio de máquina o de preparación de trabajos excesivamente largos.
- Previsiones de ventas erróneas.
- Sobreproducción.
- Reprocesos por defectos de calidad del producto.
- Problemas e ineficiencias ocultas.

Acciones Lean para este tipo de desperdicio:

- Nivelación de la producción.
- Distribución del producto en una sección específica. Fabricación en células.
- Sistema JIT de entregas de proveedores.
- Monitorización de tareas intermedias.
- Cambio de mentalidad en la organización y gestión de la producción.

Transporte y movimientos innecesarios

El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Además, cuantas más veces se mueven los artículos de un lado para otro, mayores son las probabilidades de que resulten dañados. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Características:

- Los contenedores son demasiado grandes, o pesados, difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales.
- Los equipos de mantenimiento circulan vacíos por la planta.

Causas posibles:

- *Layout* obsoleto.
- Gran tamaño de los lotes.
- Procesos deficientes y poco flexibles.
- Programas de producción no uniformes.
- Tiempos de preparación elevados.
- Excesivos almacenes intermedios.
- Baja eficiencia de los operarios y las máquinas.
- Reprocesos frecuentes.

Acciones Lean para este tipo de desperdicio:

- *Layout* del equipo basado en células de fabricación flexibles.
- Cambio gradual a la producción en flujo según tiempo de ciclo fijado.
- Trabajadores polivalentes o multifuncionales.
- Reordenación y reajuste de las instalaciones para facilitar los movimientos de los empleados.

Desperdicio por defectos, rechazos y reprocesos

El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria aun-que significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de re trabajo o de inspecciones adicionales. También debería haber un control de calidad en tiempo real, de modo que los defectos en el proceso productivo se detecten justo cuando suceden, minimizando así el número de piezas que requieren inspección adicional y/o repetición de trabajos. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Características:

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.
- Planificación inconsistente.
- Calidad cuestionable.
- Flujo de proceso complejo.
- Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos.
- Espacio y técnicas extra para el reproceso.
- Maquinaria poco fiable.
- Baja motivación de los operarios.

Causas posibles:

- Movimientos innecesarios.
- Proveedores o procesos no capaces.
- Errores de los operarios.
- Formación o experiencia de los operarios inadecuada.
- Técnicas o utillajes inapropiados.
- Proceso productivo deficiente o mal diseñado.

Acciones Lean para este tipo de despilfarro:

- Automatización con toque humano (*Jidoka*).

- Estandarización de las operaciones.
- Implantación de elementos de aviso o señales de alarma (*andon*).
- Mecanismos o sistemas anti-error (*Poka-Yoke*).
- Incremento de la fiabilidad de las máquinas.
- Implantación mantenimiento preventivo.
- Aseguramiento de la calidad en puesto.
- Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo.
- Control visual: *Kanban*, 5S y *andon*.
- Mejora del entorno de proceso.

2.2 Técnicas *lean*

El *Lean Manufacturing* se implementa en la práctica mediante la aplicación de una amplia variedad de técnicas muy diferentes que se han utilizado con éxito en empresas de diversas industrias y tamaños.

Estas técnicas pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso. Su aplicación debe ser objeto de un diagnóstico previo que establezca la hoja de ruta idónea. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

2.2.1 *Value Stream Mapping (VSM)*

Antes de iniciar un proceso de implantación de *lean manufacturing*, es necesario cartografiar la situación actual, mostrando el flujo de material y de información. Es una visión del negocio donde se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Se trata de plasmar en un papel de una manera sencilla y visual, todas aquellas actividades que se realizan actualmente para obtener un producto, para identificar así cuál es la cadena de valor (actividades necesarias para transformar materiales e información en un producto terminado o en un servicio). (Rajadell & Sánchez, 2010)

Objetivos del VSM (*value stream mapping*):

El objetivo de este, es mostrar cómo se puede representar esquemáticamente cualquier proceso productivo, logístico o administrativo, de forma que permita una fácil identificación de las operaciones que aportan valor con respecto a las operaciones que serán consideradas mudas, permitiendo esto priorizar la acción de mejora futura, comprobar asimismo el correcto cumplimiento con respecto a la demanda y que deje a la vista al mismo tiempo las posibles dificultades para satisfacerla. La representación deberá contemplar además el análisis de todas las comunicaciones e informaciones relativas al proceso, de modo que se encuentren reflejadas el conjunto de las variables que afectan al sistema. (Rajadell & Sánchez, 2010)

Simbología para el VSM

Como es sabido, un signo cumple su función de una manera directa (puede formar parte de un lenguaje visual, como ocurre con las señales de tráfico). Los signos presentan la particularidad de que ofrecen un mensaje simple de relevancia inmediata y momentánea. Por su parte, un símbolo es una imagen que representa una idea, que compendia una verdad universal. Un sistema de símbolos se compone de un conjunto de símbolos interrelacionados. Para establecer el VSM se dispone de un sistema formal de símbolos que permite representar en un papel todos los procesos encontrados en un sistema productivo. Para el caso del flujo de materiales, estos símbolos son los que se adjuntan a continuación en la figura 1: (Rajadell & Sánchez, 2010)

 Operación de Valor Añadido	 Operación de Control	 1000 piezas 1.3 días Material Parado	 Movimiento de Materiales Empujado				
 Movimiento de Material Tirado	<table border="1" data-bbox="612 420 750 571"><tr><td>T/C: 65 seg.</td></tr><tr><td>C/S: 400 seg.</td></tr><tr><td>2 Turnos</td></tr><tr><td>OEE: 60%</td></tr></table> Datos de Proceso	T/C: 65 seg.	C/S: 400 seg.	2 Turnos	OEE: 60%	máx. 30 Piezas →FIFO→ Flujo de Materiales en Secuencia	 Localizaciones Externas
T/C: 65 seg.							
C/S: 400 seg.							
2 Turnos							
OEE: 60%							
 Transporte por Camión	 Transporte interno	 Supermercado					

Figura 2.1 Símbolos del Flujo de los Materiales

La simbología estándar que se utiliza para la identificación del flujo de la información es la siguiente:

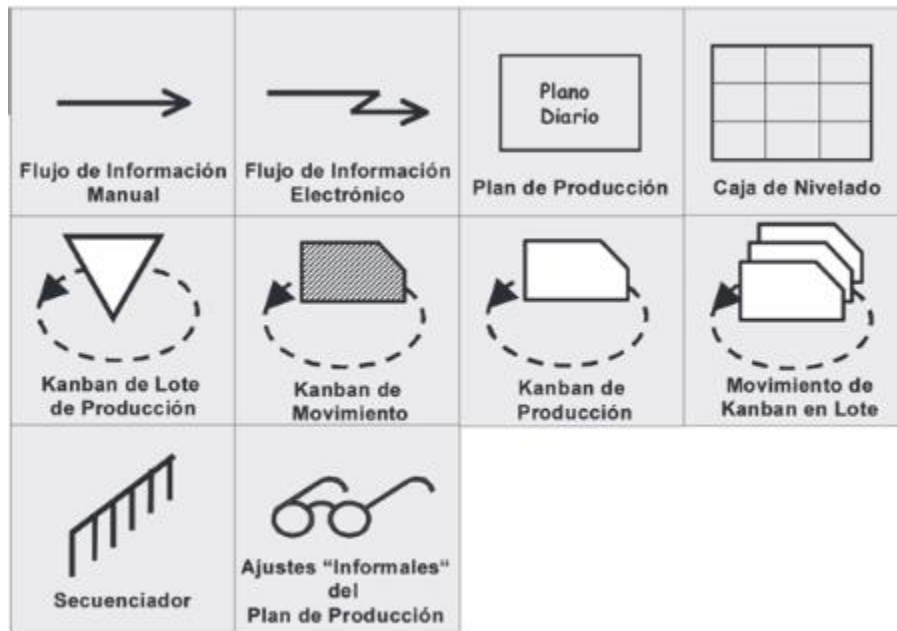


Figura 1.2 Símbolos del Flujo de Información (Rajadell & Sánchez, 2010)

Un aspecto clave es que VSM recoge una línea de tiempos; tiempos “VA”, en los que se genera valor añadido, y el resto de tiempos “NVA” o de “no valor añadido”. La comparación entre los tiempos totales de valor añadido y totales de no valor añadido es esclarecedora, siempre sorprendente y además un excelente indicador del potencial de mejora. Una aproximación al método operativo que se aplica en la confección del mapa VSM es la siguiente:

1. Dibujar los iconos del cliente, proveedores, y control de producción.
2. Identificar los requisitos de clientes por mes/día.
3. Calcular la producción diaria y los requisitos de contenedores.
4. Dibujar iconos logísticos con la frecuencia de entrega.
5. Agregar las cajas de los procesos en secuencia, de izquierda a derecha.
6. Agregar las cajas de datos abajo de cada proceso y la línea de tiempo debajo de las cajas.

7. Agregar las flechas de comunicación y anotar los métodos y frecuencias.

8. Obtener los datos de los procesos y agregarlos a las cajas de datos. En el caso de los tiempos utilizar sistemas de medida como cronometraje o estimación. Los tiempos que normalmente se plasman son:

- Tiempo del Ciclo (CT). Tiempo que pasa entre la fabricación de una pieza o producto completo y la siguiente.
- Tiempo del valor agregado (VA). Tiempo de trabajo dedicado a las tareas de producción que transforman el producto de tal forma que el cliente esté dispuesto a pagar por el producto.
- Tiempo de cambio de modelo (C/O). Tiempo que toma para cambiar un tipo de proceso a otro debido a cambio en las características del producto.
- Número de personas (NP) requeridas para realizar un proceso particular.
- Tiempo Disponible para Trabajar (EN). Tiempo de trabajo disponible del personal restando descansos o suplementos (comida, wc, ... etc).
- Plazo de Entrega - *Lead Time* (LT). Tiempo que se necesita para que una pieza o producto cualquiera recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin.
- % del Tiempo Funcionando (Uptime). Porcentaje de tiempo de utilización o funcionamiento de las máquinas.
- Cada pieza Cada (CPC): Es una medida del lote de producción, cada cuánto cambia de modelo, cada día, cada turno, cada hora

9. Agregar los símbolos y el número de los operadores.

10. Agregar los sitios de inventario y niveles en días de demanda y el gráfico o icono más abajo. Los niveles de inventario se pueden convertir a tiempo en base fórmulas del tipo:

- $\text{Tiempo permanencia} = (\text{Cantidad inventario}) * (\text{Tiempo Takt}) / (\text{Tiempo disponible diario})$.
- $\text{Tiempo permanencia} = (\text{Cantidad de Inventario}) / (\text{Requerimiento diario del Cliente})$.

- $\text{Tiempo Takt} = (\text{Tiempo Disponible por día}) / (\text{Demanda del Cliente por día})$.
11. Agregar las flechas de flujo y otra información que pueda ser útil.
 12. Agregar datos de tiempo, turnos al día, menos tiempos de descanso y tiempo disponible.
 13. Agregar horas de trabajo valor agregado y tiempos de entrega en la línea de tiempo ubicada al pie de los procesos.
 14. Calcular el tiempo de ciclo de valor agregado total y el tiempo total de procesamiento. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

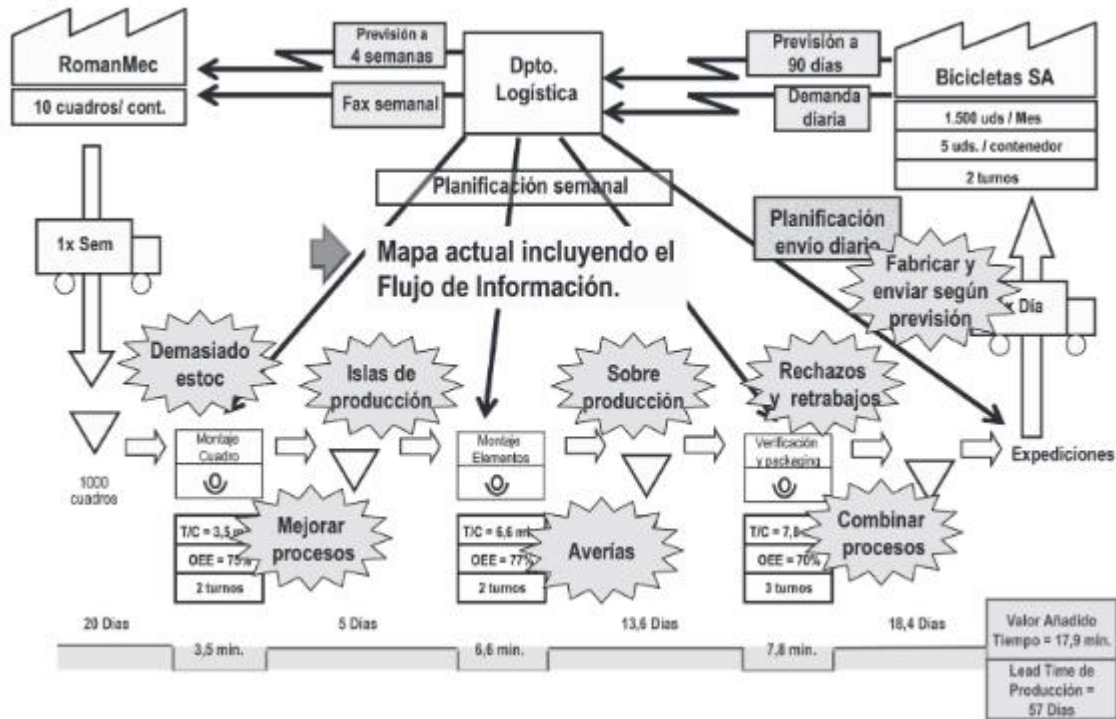


Figura 2. 2 Ejemplo VSM (Rajadell & Sánchez, 2010)

2.2.2 5 S

La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramienta y cuya fonética empieza por “S”: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* y *Shitsuke*, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Los principios 5S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ni un conocimiento particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparente simplicidad, se esconde una herramienta potente y multifuncional a la que pocas empresas le han conseguido sacar todo el beneficio posible. Su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas

disfuncionales en la empresa y que afectan, decisivamente, a la eficiencia de la misma:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, técnicas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, técnicas sueltas, embalajes, etc.
- Elementos rotos: mobiliario, cristales, señales, topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.
- Número de averías más frecuentes de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes.
- Falta de espacio en general.

La implantación de las 5S sigue normalmente un proceso de cinco pasos cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. La dirección de la empresa ha de estar con-vencida de que las 5S suponen una inversión de tiempo por parte de los operarios y la aparición de unas actividades que deberán mantenerse en el tiempo. Además, se debe preparar un material didáctico para explicar a los operarios la importancia de las 5S y los conceptos básicos de la metodología. Para empezar la implantación de las 5S, habrá que escoger un área piloto y concentrarse en ella, porque servirá como aprendizaje y punto de partida para el despliegue al resto de la organización. Esta área piloto debe ser muy bien conocida, debe representar a priori una probabilidad alta de éxito de forma que permita obtener resultados significativos y rápidos.

Eliminar (*Seiri*)

La primera de las 5S significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios para la tarea que se realiza. Por tanto, consiste en separar lo que se necesita de lo que no se necesita, y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos inútiles que originan despilfarros: (Rajadell & Sánchez, 2010)

- Incremento de manipulaciones y transportes.
- Accidentes personales.

- Pérdida de tiempo en localizar cosas.
- Obsoletos, no conformes, etc.
- Coste del exceso de inventario.
- Falta de espacio.

La aplicación del *seiri*:

- Separar aquello que es realmente útil de aquello que no lo es.
- Mantener lo que se necesita y eliminar lo que sobra.
- Separar los elementos necesarios según su uso y a la frecuencia de utilización.
- Aplicar estas normas tanto a materiales tangibles (herramientas, máquinas, piezas, etc.) como intangibles (información, ficheros, etc.).

Los beneficios del *seiri* se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Liberación de espacio útil en plantas y oficinas.
- Reducción del tiempo necesario para acceder a los materiales, herramientas, utillajes, etc.
- Facilidad para el control visual.
- Aumento de la seguridad en el lugar de trabajo.

Ordenar (*Seiton*)

Consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial. La actitud que más se opone a lo que representa *seiton*, es la de “ya lo ordenaré mañana”, que acostumbra a convertirse en “dejar cualquier cosa en cualquier sitio”. La implantación del *seiton* :

- Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
- Disponer de un lugar adecuado, evitando duplicidades; cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa.

Para su puesta en práctica hay que decidir dónde colocar las cosas y cómo ordenarlas teniendo en cuenta la frecuencia de uso y bajo criterios de seguridad, calidad y eficacia. Se trata de alcanzar el nivel de orden preciso para producir con calidad y

eficiencia, dotando a los empleados de un ambiente laboral que favorezca la correcta ejecución del trabajo. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Limpieza e inspección (*Seiso*)

significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
- Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
- Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas, documentos, etc.), adecuarlos para su uso más eficiente (empalmes rápidos, reubicaciones, etc.), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes, utillajes, etc.) o que están reparados “provisionalmente”. Se trata de dejar las cosas como “el primer día”.

La limpieza es el primer tipo de inspección que se hace de los equipos, de ahí su gran importancia. A través de la limpieza se aprecia si un motor pierde aceite, si existen fugas de cualquier tipo, si hay tornillos sin apretar, cables sueltos, etc. Se debe limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Los beneficios del seiso se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Una reducción del riesgo potencial de accidentes.
- Un incremento de la vida útil de los equipos.
- Una reducción del número de averías.
- Un efecto multiplicador porque la limpieza tiende a la limpieza.

Estandarizar (*Seiketsu*)

La fase de *seiketsu* permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras “S”, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento

de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo. El principal enemigo del *seiketsu* es una conducta errática, cuando se hace “hoy sí y mañana no”, lo más probable es que los días de incumplimiento se multipliquen. Su aplicación obtiene las siguientes ventajas:

- Mantener los niveles conseguidos con las tres primeras “S”.
- Elaborar y cumplir estándares de limpieza y comprobar que éstos se aplican correctamente.
- Transmitir a todo el personal la idea de la importancia de aplicar los estándares.
- Crear los hábitos de la organización, el orden y la limpieza.
- Evitar errores en la limpieza que a veces pueden provocar accidentes.

Para implantar una limpieza estandarizada, el procediendo puede basarse en tres pasos:

- Asignar responsabilidades sobre las 3S primeras. Los operarios deben saber qué hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.
- Integrar las actividades de las 5S dentro de los trabajos regulares.
- Chequear el nivel de mantenimiento de los tres pilares. Una vez se han aplicado las 3S y se han definido las responsabilidades y las tareas a hacer, hay que evaluar la eficiencia y el rigor con que se aplican. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Disciplina (*shitsuke*)

Se puede traducir por disciplina o normalización, y tiene por objetivo convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Uno de los elementos básicos ligados a *shitsuke* es el desarrollo de una cultura de autocontrol, el hecho de que los miembros de la organización apliquen la autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S, siendo ésta la fase más fácil y más difícil a la vez:

- La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas.
- La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación.

La idea de *shitsuke* es fácil de confundir con conceptos como moralidad, ética, diligencia, pero la palabra *shitsuke* en japonés originariamente se refiere a las costuras sobre las telas, y justamente como que estas costuras deben estar correcta-mente alineadas, así todas las formas de conducta humana deben estar de acuerdo con un conjunto de reglas básicas. La conducta correcta crece con la práctica y requiere cambiar los hábitos, de manera que en el lugar de trabajo todos los operarios estén profundamente formados en los conceptos de resolución de problemas, estándares de trabajo y puedan ejecutar las tareas asignadas uniformemente y sin errores. Por todo ello, la aplicación del *shitsuke* obtenemos como resultado:

- Respetar las normas y estándares reguladores del funcionamiento de una organización.
- Reflexionar sobre el grado de aplicación y cumplimiento de las normas.
- Mantener la disciplina y la autodisciplina, mejorando el respeto del propio ser y de los demás.
- Realizar auditorías que deben ser conocidas por todos los miembros del equipo para facilitar la autoevaluación.

Los beneficios del *shitsuke* se pueden ver reflejados en aspectos como:

- Una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos.
- Una mejora del ambiente de trabajo, que contribuirá al incremento de la moral.

La creación de un medio de trabajo en el que las personas sean capaces de aplicarse a lo que ellos mismos u otros han decidido es indispensable para que una planta sea excelente. Cuanto más elevado sea el nivel de la gestión de la fábrica, más esfuerzo se hará para crear esta clase de atmósfera, y más importante será la disciplina.

La metodología de las 5S sigue un proceso establecido en cinco pasos, cuyo desarrollo implica la asignación de recursos, la adaptación a la cultura de la empresa y la consideración de aspectos humanos. Estos cinco pasos o fases son: eliminar lo innecesario, ordenar (cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa), limpiar e inspeccionar, estandarizar (fijar la norma de trabajo para respetarla) y disciplina (construir autodisciplina y forjar el hábito de comprometerse). La implantación de 5S debe realizarse de entrada en un área piloto reducida donde se puedan obtener resultados significativos de forma rápida. Algunos de los beneficios inmediatos derivados de la implantación de las 5S son:

- Facilidad para el control visual.
- Aumento de la seguridad en el área de trabajo.
- Mejora de la productividad de la planta: reduce los costes, incrementa la calidad y se dispone de mayor capacidad.
- Incremento de la vida útil de los equipos, lo que facilita la reducción del número de averías y el mantenimiento.
- Un conocimiento más profundo de las instalaciones mediante un control visual ya que cualquiera puede reconocer diversos tipos de despilfarros y anomalías tanto en los almacenes como en las operaciones de producción.
- Una mejora del ambiente de trabajo a partir de un mayor compromiso de todos.
- Un puente hacia otras mejoras.

2.2.3 Kanban

Se denomina *Kanban* a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas, aunque pueden ser otro tipo de señales. Utiliza una idea sencilla basada en un sistema de tirar de la producción (*pull*) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de tarjetas. *Kanban* se ha constituido en la principal herramienta para asegurar una alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento adecuado. Al mismo tiempo el sistema consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas,

subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los pro-veedores con el de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final. Las tarjetas se adjuntan a contenedores o envases de los correspondientes materiales o productos, de forma que cada contenedor tendrá su tarjeta y la cantidad que refleja la misma es la que debe tener el envase o contenedor. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Los objetivos de la implantación de un sistema *pull* mediante el uso de unas señales denominadas *kanban* son los siguientes:

- Simplificar las tareas administrativas de la organización de la producción y el lanzamiento de las órdenes de aprovisionamiento a los proveedores.
- Regular y reducir el nivel de los stocks, consiguiendo que cada operario solo produzca las unidades retiradas por el proceso posterior, de tal manera que la producción en cada momento coincida con las necesidades reales de este momento.
- Estimular la mejora de métodos y la reducción de stocks porque la disminución de inventarios de productos intermedios facilita la localización de problemas (cuellos de botella, averías, defectos de calidad, etc.), contribuyendo de esta manera a su resolución.
- Implantar un sistema de control visual que ayude a la localización de problemas de la producción.
- Facilitar el flujo continuo de la producción y conseguir la nivelación y el equilibrado de los procesos mediante un sistema *pull*.

Se distinguen dos tipos de *kanbans*:

- El *kanban* de producción, que indica qué y cuánto hay que fabricar para el proceso posterior.
- El *kanban* de transporte, que indica qué y cuánto material se retirará del proceso anterior.

La principal aportación del uso de estas tarjetas es conseguir el reaprovisionamiento único del material vendido, reduciéndose de este modo, los stocks no deseados.

KANBAN	
CÓDIGO Art. 63 10 2200	
DESCRIPCIÓN PLA 63x10x2200	
Cantidad a fabricar	Consumo promedio
50	100
Cantidad de Tarjetas KANBAN	
2 de 2	
Almacén Estante:	
A 02	
Material:	
63x11	

Figura 2.3 Ejemplo de Tarjeta Kanban (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Nivelación de la producción: contrato logística-producción

Para obtener la nivelación y capacidad tanto de la producción como de los materiales y recursos humanos, se establece un acuerdo, denominado “contrato”, entre las áreas de logística y de producción, referente a la variedad y cantidad a producir en un periodo mínimo de un mes. Será necesario dimensionar la cadena logística a través de los pedidos hechos por los clientes y garantizar el suministro de componentes para montar a tiempo los productos. Por su parte, el área de producción debe fabricar las cantidades pedidas, gestionando sus recursos tanto humanos como materiales, independientemente de las incidencias que se produzcan. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Relación con los proveedores

Trabajando mediante el sistema *pull*, sólo se fabrican aquellos productos que quiere el cliente. Pero si se desea obtener un verdadero flujo continuo hay que seguir tirando de este flujo y esto se traslada al almacén, dónde llega el material necesario para la producción. Una manera de conseguir este objetivo es mediante el aprovisionamiento según las necesidades igual que ocurre en las líneas de producción, disponiendo de una política de suministro de entregas frecuentes con los proveedores. En este sistema se buscan relaciones a largo plazo con los proveedores. Los proveedores entregan piezas de alta calidad varias veces al día, a menudo en la misma línea de montaje del cliente, lo que evita la recepción y la

inspección. Se trata de un sistema casi sin papeles basado en un espíritu de confianza mutua. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Polivalencia de los operarios

El sistema *pull* de producción, por un lado y los requerimientos del mercado, por otro, obligan a la polivalencia, es decir, exigen que los operarios dominen más de un proceso de forma que tengan la capacidad de trabajar en varios puestos, máquinas o técnicas distintas. La polivalencia permite al equipo tener un funcionamiento autónomo ya que las personas polivalentes no siempre se limitan a un puesto porque pueden ayudarse mutuamente, reemplazarse o cambiar de tarea. Para conseguir flexibilidad es preciso que el número de operarios se adapte a las necesidades reales de la demanda en cada momento. Desde el punto de vista del operario, esto significa que puede ver alterada su asignación de tareas incrementándose o disminuyéndose el número de actividades a realizar o, simplemente, modificándose el orden o el contenido de las mismas. En Japón se utiliza el término *shojinka* para referirse a la flexibilidad en el número de trabajadores en cada taller para adaptarse a los cambios de la demanda mediante la ampliación de la gama de tareas asignadas a los operarios. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

2.2.4 SMED (Cambio rápido de herramientas)

SMED por sus siglas en inglés (*Single-Minute Exchange of Dies*), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación/retirada/ajuste/centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

La reducción en los tiempos de preparación merece especial consideración y es importante por varios motivos. Cuando el tiempo de cambio es alto los lotes de

producción son grandes y, por tanto, la inversión en inventario es elevada. Cuando el tiempo de cambio es insignificante se puede producir diariamente la cantidad necesaria eliminando casi totalmente la necesidad de invertir en inventarios. De la misma manera Los métodos rápidos y simples de cambio eliminan la posibilidad de errores en los ajustes de técnicas y útiles. Los nuevos métodos de cambio reducen sustancialmente los defectos y suprimen la necesidad de inspecciones. Con cambios rápidos se puede aumentar la capacidad de la máquina. Si las máquinas se encuentran a plena capacidad, una opción para aumentarla, sin comprar máquinas nuevas, es reducir su tiempo de cambio y preparación. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Cabe destacar que en las empresas japonesas la reducción de tiempos de preparación no sólo recae en el personal de producción e ingeniería, sino también en los Círculos de Control de Calidad (CCC). Precisamente, SMED hace uso de las técnicas de calidad para resolución de problemas como el análisis de Pareto, las seis preguntas clásicas ¿Qué? – ¿Cómo? – ¿Dónde? – ¿Quién? – ¿Cuándo? y los respectivos ¿Por qué? Todas estas técnicas se usan a los efectos de detectar posibilidades de cambio, simplificación o eliminación de tareas de preparación a partir de identificar la causa raíz que determinan tiempos elevados de preparación o cambio de técnicas. En este sentido conviene tener presente las posibles causas que originan elevados de cambio: (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

- La terminación de la preparación es incierta.
- No se ha estandarizado el procedimiento de preparación.
- Utilización de equipos inadecuados.
- No haber aplicado la mejora a las actividades de preparación.
- Los materiales, las técnicas y las plantillas no están dispuestos antes del comienzo de las operaciones de preparación.
- Las actividades de acoplamiento y separación duran demasiado.
- Número de operaciones de ajuste elevado.
- Las actividades de preparación no han sido adecuadamente evaluadas.

- Variaciones en los tiempos de preparación de las máquinas.

Para llevar a cabo una acción SMED, las empresas deben acometer estudios de tiempos y movimientos relacionados específicamente con las actividades de preparación. Estos estudios suelen encuadrarse en cuatro fases bien diferenciadas:

Fase 1: Diferenciación de la preparación externa y la interna

Por preparación interna, se entienden todas aquellas actividades que para poder efectuarlas requiere que la máquina se detenga. En tanto que la preparación externa se refiere a las actividades que pueden llevarse a cabo mientras la máquina funciona. El principal objetivo de esta fase es separar la preparación interna de la preparación externa, y convertir cuanto sea posible de la preparación interna en preparación externa. Para convertir la preparación interna en preparación externa y reducir el tiempo de esta última, son esenciales los puntos siguientes: (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

- Preparar previamente todos los elementos: plantillas, técnicas, troqueles y materiales...
- Realizar el mayor número de reglajes externamente.
- Mantener los elementos en buenas condiciones de funcionamiento.
- Crear tablas de las operaciones para la preparación externa.
- Utilizar tecnologías que ayuden a la puesta a punto de los procesos.
- Mantener el buen orden y limpieza en la zona de almacenamiento de los elementos principales y auxiliares (5S).

Fase 2: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora de las operaciones

Las preparaciones internas que no puedan convertirse en externas deben ser objeto de mejora y control continuo. A tales efectos se consideran clave para la mejora continua de las mismas los siguientes puntos: (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

- Estudiar las necesidades de personal para cada operación.
- Estudiar la necesidad de cada operación.

- Reducir los reglajes de la máquina.
- Facilitar la introducción de los parámetros de proceso.
- Establecer un estándar de registro de datos de proceso.
- Reducir la necesidad de comprobar la calidad del producto.

Fase 3: Reducir el tiempo de preparación interna mediante la mejora del equipo

Todas las medidas tomadas a los efectos de reducir los tiempos de preparación se han referido hasta ahora a las operaciones o actividades. La siguiente fase debe enfocarse a la mejora del equipo: (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

- Organizar las preparaciones externas y modificar el equipo de forma tal que puedan seleccionarse distintas preparaciones de forma asistida.
- Modificar la estructura del equipo o diseñar técnicas que permitan una reducción de la preparación y de la puesta en marcha.
- Incorporar a las máquinas dispositivos que permitan fijar la altura o la posición de elementos como troqueles o plantillas mediante el uso de sistemas automáticos.

Fase 4: Preparación Cero

El tiempo ideal de preparación es cero por lo que el objetivo final debe ser plantearse la utilización de tecnologías adecuadas y el diseño de dispositivos flexibles para productos pertenecientes a la misma familia. Los beneficios de la aplicación de las técnicas SMED se traducen en una mayor capacidad de respuesta rápida a los cambios en la demanda (mayor flexibilidad de la línea), permitiendo la aplicación posterior de los principios y técnicas Lean como el flujo pieza a pieza, la producción mezclada o la producción nivelada.

2.2.5 Mantenimiento Productivo Total TPM

El Mantenimiento Productivo Total TPM (*Total Productive Maintenance*) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea fundamental es que la mejora y buena

conservación de los activos productivos es una tarea de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. Para ello, el TPM se propone cuatro objetivos

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida útil del equipo que se inicie en el mismo momento de diseño de la máquina (diseño libre de mantenimiento) y que incluirá a lo largo de toda su vida acciones de mantenimiento preventivo sistematizado y mejora de la mantenibilidad mediante reparaciones o modificaciones.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
- Implicar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo mantenimiento autónomo de empleados y actividades en pequeños grupos. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Existen diferentes tipos de mantenimientos que se pueden aplicar en un entorno industrial y que repercuten en la disposición de una maquinaria en buen estado. A continuación, se describen estos tipos de mantenimiento.

Mantenimiento planificado

El mantenimiento rutinario y periódico, basado en valoraciones correctas de las condiciones del equipo, debe ser planificado en función de las prioridades y los recursos actuales y futuros. El mantenimiento planificado eficiente y efectivo en cuanto al coste, requiere la estrecha colaboración de todos los departamentos implicados. Las actividades de mantenimiento planificado las realizan técnicos especialistas y están orientadas a corregir, prevenir y predecir averías.

Dichas actividades necesitan datos de la eficiencia de los equipos, estadísticas de averías e información de los operarios y directores de producción para:

- Coordinar las actividades con el departamento de Producción, para evitar el solapamiento con las actividades de mantenimiento autónomo, mediante la creación de un plan.

- Desarrollar una gestión de inventario de recambios, herramientas y dispositivos de inspección.
- Planificar y realizar reuniones con el departamento de Producción para coordinar las paradas de las líneas y las tareas de mantenimiento. (Rajadell & Sánchez, 2010)

El TPM promueve la concienciación sobre el equipo y el auto mantenimiento por lo que es necesario asegurar que los operarios adquieren habilidades para descubrir anomalías, tratarlas y establecer las condiciones óptimas del equipo de forma permanente. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

El proceso de implantación TPM se puede desplegar en las siguientes fases:

Fase preliminar:

En una fase preliminar es necesario modelizar la información relacionada con mantenimiento, identificando y codificando equipos, averías y tareas preventivas. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Paso 1 Volver a situar la línea en su estado inicial

El objetivo debe ser dejar la línea en las condiciones en las que fue entregada por parte del proveedor el día de su puesta en marcha: limpia, sin manchas de aceite, grasa, polvo, libre de residuos, etc. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Paso 2 Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso

Una fuente de suciedad (fugas de aire o de aceite, caídas de componentes, virutas de metal, etc.) es aquel lugar en el que, aunque se limpie continuamente, sigue generando suciedad. Estas fuentes de suciedad hay que considerarlas como causas de un mal funcionamiento o anomalías de los equipos, aunque está claro que unas repercutirán más que otras en el rendimiento de las instalaciones. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Paso 3 Aprender a inspeccionar el equipo

Para el proceso de implantación del TPM es fundamental que el personal de producción, poco a poco, se vaya encargando de más tareas propias de

mantenimiento, hasta llegar a trabajar de forma casi autónoma. Para ello es imprescindible formación para transmitir los conocimientos necesarios a los operarios de la línea sobre el funcionamiento de las máquinas y los equipos. Esta formación cada vez será más detallada y abarcará más tareas multidisciplinarias. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Paso 4 Mejora continua

En este paso los operarios de producción realizan las tareas de TPM de forma autónoma, se hacen cargo de las técnicas necesarias y proponen mejoras en las máquinas que afecten a nuevos diseños de línea. Los responsables verifican los esfuerzos para mejorar los procedimientos de mantenimiento preventivo y supervisan sus actividades orientadas a elevar la rentabilidad económica de la planta. En esta fase cobra vital importancia la determinación de las causas de averías para la cual se pueden utilizar las mismas técnicas de calidad total que se usan en SMED.

En este punto conviene definir un sistema de indicadores accesible y fiable para capturar, medir, analizar y evaluar los resultados y desviaciones respecto al objetivo de manera metódica y fiable. Indicadores como el rendimiento de la mano de obra, las horas dedicadas a trabajos urgentes, los costes de reparación o la disponibilidad son válidos para estos sistemas, aunque en el entorno Lean cobra vital importancia el indicador numérico natural para el TPM, denominado Índice de Eficiencia Global del Equipo, conocido como OEE (*Overall Equipment Efficiency*). (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

OEE es un indicador que se calcula diariamente para un equipo o grupos de máquinas y establece la comparación entre el número de piezas que podrían haberse producido, si todo hubiera ido perfectamente, y las unidades sin defectos que realmente se han producido. Para la utilización de este indicador, se utilizan los índices de Disponibilidad, Eficiencia y Calidad. OEE es el producto de estos tres índices, de manera que: (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

OEE (Eficiencia Global de Equipos Productivos) = $D \cdot E \cdot C$

El coeficiente de disponibilidad (D) es la fracción de tiempo que el equipo está operando realmente reflejando las pérdidas por averías y paradas. Para su cálculo se parte del tiempo disponible, también llamado tiempo de carga, que es el tiempo total de operación menos el tiempo muerto, planificado o necesario, tal como la interrupción del programa de producción, tiempos de descanso y reuniones diarias de taller. El tiempo operativo es el tiempo de carga menos el tiempo que la máquina está parada debido a averías, preparaciones, ajustes, cambio de técnicas y otras paradas. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

El coeficiente de eficiencia (E) mide el nivel de funcionamiento del equipo contemplando las pérdidas por tiempos muertos, paradas menores y pérdidas por una velocidad operativa más baja que la de diseño. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Por último, el coeficiente de calidad (C) mide la fracción de la producción obtenida que cumple los estándares de calidad reflejando aquella parte del tiempo empleada en la producción de piezas defectuosas o con errores. (Juan Carlos Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

2.2.6 Poka yoke

Poka-yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés *Shigeo Shingo* en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar. (Villalva, 2008)

La idea básica es frenar el proceso de producción cuando ocurre algún defecto, definir la causa y prevenir que el defecto vuelva a ocurrir. Este es el principio del sistema de producción Justo a Tiempo. No son necesarias las muestras estadísticas. La clave es ir detectando los errores antes de que se conviertan en defectos, e ir corrigiéndolos para que no se repitan. Como error podemos entender lo que hace mal el trabajador y que después hace que un producto salga defectuoso.

Evidentemente un dispositivo *Poka-yoke* es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo, además de reducir los defectos dentro de las actividades de producción, el concepto más fundamental es el de reconocer que los defectos son generados por el trabajo y que lo único que las inspecciones hacen es descubrir los defectos. (Villalva, 2008)

Las dos funciones de *Poka-Yoke*

Un sistema *Poka-Yoke* posee dos funciones:

- Una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas.
- La segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva.

Los efectos de un sistema *poka-yoke* en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.

Tipos de inspección *Poka-Yoke*

Inspección de criterio.

Inspección para separar lo bueno de lo malo

- Comparado con el estándar
- Muestreo o 100%, cualquiera de los dos.
- Los productos son comparados normalmente contra un estándar y los artículos defectuosos son descartados.
- El muestreo también puede ser usado, usualmente cuando una inspección de 100% es muy costosa.

La inspección de criterio o juicio es usada principalmente para descubrir defectos. La principal suposición acerca de la inspección de criterio es que los defectos son inevitables y que inspecciones rigurosas son requeridas para reducir los defectos. Este enfoque, sin embargo, no elimina la causa o defecto. (Villalva, 2008)

Inspección Informativa.

Inspección para obtener datos y tomar acciones correctivas. Este tipo de inspección ayuda a reducir defectos por medio de checar de cerca a la fuente de los defectos

e inmediatamente retroalimentar información que puede ser usada para prevenir la recurrencia de estos. Usado típicamente como: (Villalva, 2008)

- Auto inspección.
- Inspección sucesiva.
- Auto inspección Resaltada/Reforzada.

Inspección en la fuente.

La inspección en la fuente previene los defectos por medio de controlar las condiciones que influyen la calidad en su fuente.

- Identificando y controlando condiciones externas que afecten a la calidad.
- Identificando y controlando condiciones dentro de una operación que afecte a la calidad.

Este tipo de inspección está basada en el descubrimiento de errores y condiciones que aumentan los defectos, al mismo tiempo se toma acción en la etapa de error para prevenir que los errores se conviertan en defectos, no como resultado de la retroalimentación en la etapa de defecto. (Villalva, 2008)

Funciones y métodos de sistemas Poka-Yoke.

Los sistemas Poka-Yoke van estar en un tipo de categoría reguladora de funciones dependiendo de su propósito, su función, o de acuerdo a las técnicas que se utilicen. Estas funciones reguladoras son con el propósito de poder tomar acciones correctivas dependiendo del tipo de error que se cometa. (Villalva, 2008)

Funciones reguladoras Poka-yoke

Existen dos funciones reguladoras para desarrollar sistemas Poka-Yoke:

- Métodos de control.
- Métodos de advertencia

Métodos de Control.

Existen métodos que cuando ocurren anomalías apagan las máquinas o bloquean los sistemas de operación previniendo que siga ocurriendo el mismo

defecto. Estos tipos de métodos tienen una función reguladora mucho más fuerte, que los de tipo preventivo, y por lo tanto este tipo de sistemas de control ayuda a maximizar la eficiencia para alcanzar cero defectos. Sin embargo no en todos los casos que se utilizan métodos de control es necesario apagar la máquina completamente, por ejemplo cuando son defectos aislados (no en serie) que se pueden corregir después, no es necesario apagar la maquinaria completamente, se puede diseñar un mecanismo que permita "marcar" la pieza defectuosa, para su fácil localización; y después corregirla, evitando así tener que detener por completo la máquina y continuar con el proceso. (Villalva, 2008)

Métodos de Advertencia.

Este tipo de método advierte al trabajador de las anomalías ocurridas, llamando su atención, mediante la activación de una luz o sonido. Si el trabajador no se da cuenta de la señal de advertencia, los defectos seguirán ocurriendo, por lo que este tipo de método tiene una función reguladora menos poderosa que la de métodos de control. (Villalva, 2008)

En los casos donde una luz advierte al trabajador; una luz parpadeante puede atraer con mayor facilidad la atención del trabajador que una luz fija. Este método es efectivo sólo si el trabajador se da cuenta, por lo que en ocasiones es necesario colocar la luz en otro sitio, hacerla más intensa, cambiar el color, etc. Por otro lado, el sonido puede atraer con mayor facilidad la atención de la gente, pero no es efectivo si existe demasiado ruido en el ambiente que no permita escuchar la señal, por lo que en este caso es necesario regular el volumen, tono y secuencia.

Clasificación de métodos *Poka-yoke*.

- Métodos de contacto: Son métodos donde un dispositivo sensitivo detecta las anomalías en el acabado o las dimensiones de la pieza, donde puede o no haber contacto entre el dispositivo y el producto.
- Método de valor fijo: Con este método, las anomalías son detectadas por medio de la inspección de un número específico de movimientos, en

casos donde las operaciones deben de repetirse un número predeterminado de veces.

- Método del paso-movimiento: Estos son métodos en el cual las anomalías son detectadas inspeccionando los errores en movimientos estándares donde las operaciones son realizadas con movimientos predeterminados. Este extremadamente efectivo método tiene un amplio rango de aplicación, y la posibilidad de su uso debe de considerarse siempre que se esté planeando la implementación de un dispositivo *Poka-Yoke*.

2.3 Six sigma

Es una estrategia de mejora, que busca encontrar y eliminar las causas de los errores o defectos en los procesos, al enfocarse en salidas que son de crítica importancia para los clientes. Como resultado, el desempeño es incrementado, la satisfacción del cliente es mejorada y el impacto recae en ahorros e incrementos en utilidades, así mismo *Six Sigma*, es una cantidad estadística específica, que describe el número de defectos producidos debido a una variación en el proceso o en un producto. (Escobedo, 2007)

Seis Sigma, puede verse como dos aspectos clave: Como una iniciativa administrativa siendo una forma de pensar (cultura) que crecerá y mantendrá las ganancias; y como un conjunto de métodos y herramientas, como lo es el Define-Mide-Analiza-Mejora-Controla (DMAIC), que es la técnica para hacer mejoras y resolver problemas con un proceso existente. (Escobedo, 2007)

La estrategia consiste en combinar diversos métodos estadísticos, con procesos de calidad para crear una nueva metodología.

2.3.1 Los Beneficios de Six sigma

1.- Genera éxito sostenido

porque genera las habilidades y la cultura que son necesarias para renovar constantemente a la empresa.

2.- Define un objetivo de rendimiento para cada persona

Cada función, unidad de negocio y cada individuo tienen diferentes objetivos y metas. Lo que todos tienen en común, es la entrega de productos, servicios o información a los clientes ya sean internos o externos, Seis Sigma utiliza ese marco de trabajo en común, el proceso y el cliente.

3.-Aumenta el valor para el cliente:

La calidad se vuelve tan especial y valiosa para los clientes, y tan importante para el éxito, que los productos ofrecidos se convierten en su única opción realmente válida, por lo tanto, dar productos y servicios solamente buenos o sin defectos, no garantiza el éxito

4.- Acelera la tasa de mejora:

Las expectativas de mejora de los clientes se hacen cada vez más exigentes. El competidor que mejore más deprisa es el que va a ganar la carrera, Seis Sigma ayuda no solo a mejorar el rendimiento, sino a mejorar la mejora.

5.-Proporciona aprendizaje:

Es un método que puede aumentar y acelerar el desarrollo y la capacidad de compartir nuevas ideas en toda la organización. Estas se pueden compartir y el rendimiento se puede comparar más fácilmente.

6.-Lleva a cabo un cambio estratégico:

Una mejor comprensión de los procesos y procedimientos de su empresa entrega mayor habilidad para llevar a cabo tanto los ajustes menores como los cambios mayores que el éxito empresarial del siglo XXI le va a demandar.

2.3.2 Los Seis Principios de SixSigma

Principio 1: Auténtica orientación al cliente

El cliente se convierte en prioridad número uno. Las mejoras Seis Sigma se definen por el impacto en su satisfacción y su valor. Definir las necesidades del cliente, medir

el rendimiento frente a ellas y mantenerse en la cumbre de los nuevos desarrollos y de la atención de necesidades insatisfechas, es la intención de la empresa.

Principio 2: Gestión orientada a datos y hechos.

Comúnmente, las decisiones empresariales se basan en opiniones y suposiciones. La disciplina Seis Sigma empieza por esclarecer qué medidas son las fundamentales para valorar el rendimiento del negocio; luego aplica los datos y el análisis para comprender las variables clave (el cómo) y optimizar los resultados

Principio 3: Orientación a procesos, gestión por procesos y mejora de procesos en Six sigma, la acción está en los procesos.

Ya sea que se trate de diseño de productos y servicios, medir rendimiento, mejorar eficacia y la satisfacción del cliente o incluso hacer que la empresa funcione. Dominar los procesos no es un mal necesario, sino realmente una forma de construir ventajas competitivas en la entrega de valor a los clientes.

Principio 4: Gestión proactiva

La gestión proactiva significa convertir en un hábito la definición de objetivos ambiciosos y su revisión frecuente, centrarse en la prevención de problemas en vez de apagar fuegos, plantearse porque se hacen las cosas. Es un punto de partida para la creatividad y el cambio efectivo. Seis Sigma abarca herramientas y prácticas que reemplazan hábitos reactivos por un estilo de gestión dinámico, sensible y proactivo.

Principio 5: Colaboración sin fronteras

Romper las barreras y mejorar el trabajo en equipo, hacia arriba y hacia abajo y a través de las líneas de la organización. Aumenta la colaboración, a medida que el personal aprende como encajan sus roles en la imagen global y puede reconocer y medir la interdependencia de la actividad en todas las partes de un proceso. Seis Sigma puede crear un entorno y unas estructuras de gestión que den soporte a un verdadero trabajo en equipo.

Principio 6: Búsqueda de la perfección, tolerancia a los errores

Para acercarse a Seis Sigma, es necesario lanzar nuevas ideas y métodos, que siempre suponen un riesgo. Si hay temor a las consecuencias de sus errores, nunca se intentarían nuevas vías. La idea fundamental, es que cualquier empresa que use Seis Sigma, se impulsará para ser cada vez más perfecta, al mismo tiempo que estará dispuesta a aceptar y gestionar errores ocasionales. (Escobedo, 2007)

2.3.3 Fases de la Metodología Six Sigma

La metodología Six Sigma plantea una estrategia de trabajo, conocida como DMAIC; acrónimo en inglés que indican las iniciales de las cinco fases que la conforman, las etapas se mencionan a continuación: (Bernando Herrera & Paredes Vilcamisa, 2016)

- **Definir**, es la fase inicial de la metodología *Six Sigma*, donde se define el problema, los objetivos, equipo y procesos más importantes del proyecto.
- **Medir**, en esta fase se recoge la información sobre las posibles causas que afectan el proceso y afectan su desempeño, así como la determinación de las capacidades y la sigma actual del proceso.
- **Analizar**, se analizan las causas raíces que afectan el desempeño actual del proceso y la tasa de errores que le generan, con la finalidad de proponer posteriormente un rediseño del proceso o producto de acuerdo a los resultados de la misma.
- **Mejorar**, en esta etapa se identifican las posibles características dentro del proceso que se pueden mejorar, se proponen soluciones para mitigar o eliminar las causas que originan problemas en los procesos y así lograr cumplir con las expectativas y necesidades del cliente.
- **Controlar**, se elabora un plan de control del nuevo proceso con la finalidad de mantener el sigma logrado.

2.3.4 Herramientas *six sigma*

2.3.4.1 El diagrama causa-efecto

El análisis causa-efecto permite al grupo empezar con un efecto, es decir, un problema o, en algunos casos, un efecto o resultado buscados, y crear una lista

estructurada de posibles causas. El beneficio del diagrama causa-efecto son, entre otros, los siguientes: (S. PANDE, P. NEUMAN, & R. CAVANAGH, 2002)

- Es una excelente herramienta para que el grupo reúna ideas y datos, sobre todo mediante el método de tormenta de ideas estructurada
- Al establecer categorías de causas potenciales, garantiza que el grupo piense en numerosas posibilidades, en vez de limitarse a unas cuantas áreas típicas (por ejemplo, personal o materiales defectuosos).
- Ayuda a iniciar la etapa Analizar. El empleo del diagrama causa-efecto permite identificar algunas de las causas sospechosas, proporciona un enfoque para iniciar el análisis de los datos y del proceso.

hay descritos seis factores principales que causan la variación en un proceso empresarial y que, a veces, se llaman las 6 M

- **Materiales.** Los consumibles o entradas de materia prima utilizados en el proceso.
- **Métodos.** Los procedimientos, procesos e instrucciones de trabajo.
- **Máquinas.** El equipamiento que incluye ordenadores y herramientas no consumibles.
- **Medidas.** Las técnicas empleadas para evaluar la calidad y cantidad de trabajo, incluyendo la inspección.
- **Medio ambiente.** El entorno en que se realiza el trabajo o que afecta a cualquiera de las demás variables; puede incluir las «instalaciones» y no sólo el entorno natural.
- **Mano de obra.** Los nativos bípedos de la mayoría de los continentes de la tierra; hay evidencias de que pueden mostrar signos de inteligencia. A medida que pasamos a niveles más profundos del análisis de las causas principales, examinaremos todas las causas potenciales de variación, para dirigirnos a las llamadas X pocas vitales o causas que contribuyen principalmente al problema.

2.3.4.2 El gráfico o análisis de Pareto

El Pareto se utiliza para estratificar los datos en grupos de mayor a menor. Como gráfico de barras especializado, el Pareto es útil para identificar los casos más comunes o las causas de un problema. Para utilizar un gráfico de Pareto es necesario asegurarse de que los datos son discretos, porque no funciona con medidas como peso o temperatura (que son datos continuos). El análisis de Pareto se basa en la regla del 80/20, en que el 80 por ciento de costes o dificultades de una empresa se generan por causa del 20 por ciento de los problemas. Las cifras no siempre son exactamente 80 y 20, pero el efecto suele ser el mismo. Se puede utilizar un gráfico de Pareto para: (S. PANDE, P. NEUMAN, & R. CAVANAGH, 2002)

- Clasificar los datos por regiones y averiguar qué región tiene la mayoría de los problemas.
- Comparar datos de fallos por tipo y cuál es el más común.
- Comparar los problemas por día de la semana (mes, hora, etc.) y ver en qué período se producen con mayor frecuencia.
- Clasificar las reclamaciones de los clientes por tipo y ver cuáles son las más comunes.

2.3.4.3 Histograma o gráfico de frecuencias

Los histogramas se utilizan para representar la gama y la profundidad de la variación en un grupo de datos (población). Técnicamente, el histograma muestra sólo datos continuos, mientras que un gráfico de frecuencias puede mostrar un recuento de datos discretos (por ejemplo, número de fallos). Ambos presentan los datos a lo largo del eje horizontal y el número de casos/observaciones o frecuencia, en el eje vertical. En la mejora de procesos, los datos continuos se agrupan y presentan como gráficos de barras; la forma más típica de un histograma es la denominada forma de campana. Puede utilizar un histograma o un gráfico de frecuencias para lo siguiente: (S. PANDE, P. NEUMAN, & R. CAVANAGH, 2002)

- Ver la gama y la distribución de factores continuos (por ejemplo, el peso de cada envío; el dinero invertido por compra; el tamaño de cada agujero; el tiempo de reinicio de cada ordenador).

- Ver la variación y el rendimiento de una especificación/requisito del cliente (por ejemplo, tiempo de ciclo, temperatura o coste). (Nota: Solamente factores continuos).
- Ver cuántos fallos se producen por cada unidad en un grupo de elementos defectuosos (cuando hay múltiples oportunidades de error). (Puede incluir características discretas.)
- Ver la distribución de un recuento (por ejemplo, clientes por número de ventas al año; proveedores por puntuación en la auditoría de calidad)

2.3.4.4 Gráfico de dispersión o diagrama de correlaciones

El gráfico de dispersión muestra las relaciones o correlaciones entre dos factores que varían de forma discreta o continua. Este gráfico muestra las relaciones entre las causas potenciales y entre unos factores y otros. Como ejemplo, las temperaturas diarias altas y las ventas de helados tienden a correlacionarse: es razonable concluir que el tiempo más cálido hace que la gente compre más helados. Sin embargo, puede ser peligroso suponer que una correlación garantiza que un factor afecta a otro.

Sin embargo, el gráfico de dispersión puede ser una herramienta excelente para comprobar los vínculos entre las causas probables y problema. Una correlación fuerte puede ser un buen indicador de que su hipótesis es válida, siempre que aplique el sentido común cuando extraiga sus conclusiones. Realmente se pueden encontrar varios tipos de correlaciones:

- Correlaciones positivas. Es la relación en la que el incremento de un factor supone un incremento en el otro.
- Correlaciones negativas. En este caso, el incremento o reducción de un factor coincide con el efecto opuesto en el otro.
- Correlaciones curvilíneas. Es la versión del gráfico de dispersión de lo que sube tiene que bajar. En algunos factores puede existir una correlación positiva o negativa hasta cierto punto, y después cambiar al sentido opuesto.

Cuando no hay correlaciones, los puntos se dispersan literalmente en todo el gráfico, como una nube, lo que significa que el cambio de un factor nada tiene que

ver con el cambio del otro. Se puede medir estadísticamente la fuerza de la vinculación entre dos factores, lo que es bastante fácil de hacer con las fórmulas contenidas en la mayoría de los programas de hojas de cálculo y gráficos. Se puede utilizar un gráfico de dispersión o un diagrama de correlaciones para: (S. PANDE, P. NEUMAN, & R. CAVANAGH, 2002)

- Ver el grado en que el incremento en valor o rendimiento de un factor se relaciona con el incremento o disminución de otro.
- Comprobar las relaciones entre la supuesta causa principal de un problema y la intensidad del problema (defectos, costes, etc.).

2.3.4.5 Análisis de correlación y regresión

El análisis de correlación y regresión forma parte de la familia de herramientas que analizan las relaciones entre dos o más factores. Por otra parte, cuando dos factores tienen correlación significa que la modificación de uno de ellos irá acompañada por un cambio en el otro. Al aplicar cálculos estadísticos sobre los datos, podemos medir la fuerza de una posible relación entre los factores y extraer además otras muchas conclusiones útiles. (S. PANDE, P. NEUMAN, & R. CAVANAGH, 2002)

Entre los diversos tipos de correlación y regresión, hay herramientas que pueden ser de gran utilidad:

- Comprobar la hipótesis de la causa raíz, observando si hay vínculos entre la posible causa (la X) y la respuesta o resultado (la Y).
- Medir y comparar la influencia de varios factores (las X's) sobre los resultados (las Y's).
- Predecir el rendimiento de un proceso, producto o servicio bajo ciertas condiciones.

La correlación y la regresión se pueden utilizar solamente cuando hay datos parados o más factores que coinciden en elementos individuales. (Esto contrasta con las pruebas estadísticas que acabamos de ver, que comparan grupos de datos.) (S. PANDE, P. NEUMAN, & R. CAVANAGH, 2002)

2.3.4.6 Tipos de análisis de correlación y regresión

Veamos algunos de los usos más comunes y algunos conceptos clave: (S. PANDE, P. NEUMAN, & R. CAVANAGH, 2002)

- **Coeficiente de correlación.** Los mismos datos utilizados para trazar un gráfico de dispersión pueden representarse con una cifra, identificada con la letra r , que indica si los factores se correlacionan y de qué modo. El coeficiente de correlación r va de -1 a 1 ; generalmente, un valor r inferior a $-0,7$ o superior a $0,7$ indicaría que merece la pena continuar la investigación. (La r negativa indica una correlación negativa.)
- **Porcentaje de correlación.** Otra cifra, r^2 , preferida por mucha gente, porque refleja la cantidad o el porcentaje de variación de la Y o del factor dependiente que parece ser causado por el factor X . (r^2 se obtiene simplemente elevando r al cuadrado.) Por ejemplo, digamos que usted halla una aparente correlación positiva de tiempo entre el mantenimiento de la fotocopidora y los defectos de las copias, con un valor r de $0,72$. Obtendría un r^2 de $0,52$, lo que significa que aproximadamente el 50 por ciento del incremento de defectos tiene correlación con el tiempo entre un mantenimiento y otro. Observe que la forma de interpretar r o r^2 y la de responder a esa interpretación dependerá del objeto de su análisis y del tipo de datos disponibles.
- **Regresión.** Las distintas formas del análisis de regresión se concentran en el uso de los datos existentes para predecir resultados futuros. La más común es la regresión lineal (o regresión simple), que se utiliza para dos variables.
- **Regresión múltiple.** La regresión múltiple como el análisis multivariante, examina las relaciones entre varios factores y los resultados. Además, el empleo de la regresión múltiple le permitirá cuantificar el impacto de cada una de las X 's sobre las Y 's, así como observar su interacción. En aplicaciones más avanzadas, la regresión múltiple se aplica a la creación de modelos para predecir los resultados, cuando la combinación de factores interactúa bajo diversas condiciones.

CAPITULO 3

3.1 Conocer el proceso y línea de ensamble

En esta etapa inicial se requiere conocer los tipos de termostatos y su forma de fabricación conocer todos y cada uno de sus componentes que se requieren cada una de las estaciones de trabajo además de todas y cada una de las herramientas y maquinaria que se requiere para la fabricación de estos para así obtener el producto final.

3.2 Identificar posibles problemas

En esta etapa será una observación visual de la línea de ensamble de posibles problemas que puedan presentar de los cuales posiblemente estén generando desperdicios dentro de la línea

3.4 Conocer el estado actual el proceso en cuánto a desperdicios

Conocer el estado actual y de los últimos meses cual es el porcentaje de *scrap*, en esta actividad se realizará una gráfica de barras para poder el porcentaje de *scrap*, analizar el comportamiento y ver si está cerca del objetivo o si existe alguna tendencia en los últimos meses.

3.5 Realizar VSM para conocer la situación actual del proceso e identificar las áreas de mejora

Esta actividad se realiza para conocer esquemáticamente el proceso de la línea de termostato en el cual pudiéramos observar nuestras oportunidades de mejora, pero diciendo las acciones del proceso que pudieran generar algún desperdicio o alguna dificultad que esté provocando averías o provocando desperdicios del proceso

3.6 Implementación de la herramienta TPM a los dispositivos de calibración de la línea de termostatos

La línea de termostatos sé contaba con dispositivos de calibración Tenían un desgaste mayor por lo que esto Al momento de verificar sí nuestros dispositivos se encontraban dentro de los parámetros los dispositivos nos arrojaban datos mayores a las especificaciones de los parámetros por lo que se optó por corregir este

problema por lo que se tuvo que darles mantenimiento a los dispositivos de calibración

3.7 Implementación de la técnica SMED en los dispositivos de calibración

Los dispositivos de calibración de la línea de ensamble de termostatos se ocupan para diferentes tipos de versiones de termostatos por lo que se un número limitado de dispositivos de calibración para cada versión, no todos los dispositivos se pueden usar en las mismas versiones por lo que al momento de darle mantenimiento correctivo a los dispositivos de calibración se optó por implementar un nuevo sistema en el cual los dispositivos de calibración pudieran ser compartidos con otro tipo de versión de termostatos y así poder usarlas los mismos dispositivos de calibración con los diferentes tipos de termostatos que se ensamblan

3.8 Implementación de la herramienta *poka yokes* en los dispositivos de calibración

En la línea de ensamble de termostatos se tienen que calibrar los termostatos con los dispositivos de calibración entonces existe un valor determinado al cual se tiene que calibrar el termostato en los dispositivos de calibración no se cuenta con una ayuda a prueba de errores en el cual el operador identifique a cuántos grados está calibrando por lo que se optó por implementar la herramienta *poka-yoke*, es una herramienta a prueba de errores, la cuál será una ayuda visual a prueba de errores para los operadores al momento de calibrar.

3.9 Realizar un diagrama de Pareto para conocer cuáles son los principales problemas

Para realizar el diagrama de Pareto Se tomaron en cuenta datos de desperdicios de la línea de ensamble de termostatos desde el mes de noviembre del año 2020 hasta el mes de abril del año 2021 estos datos Fueron proporcionados por el Departamento de calidad estos datos nos sirvieron para tener un mejor panorama de cómo va el funcionamiento en cuanto a desperdicios de la línea y los problemas que se concentran más.

3.10 Realizar un diagrama de Causa y efecto para conocer los posibles causas

Realizar un diagrama de causa-efecto nos permite analizar todos los posibles problemas que están causando la falla principal, este diagrama nos permite analizar las posibles causas por categorías como lo son maquinaria mano de obra medio ambiente método medición materia prima y así poder tener una causa potencial claramente identificada que nos permite entender mejor la falla y como nos pueden afectar otras posibles causas

3.11 Realizar un diagrama de Causa y efecto de la falla principal

Una vez identificada la falla principal se realizará un diagrama de Causa y efecto, pero de la falla principal para poder identificar cuáles son los factores que más influyen para así poder encontrar la causa raíz está generando el scrap en la línea de termostatos y erradicar la falla principal

3.12 Realizar pruebas con el termómetro para verificar la temperatura de las tinas de calibración

Se aplicó la técnica de muestreo para tomar temperatura a las cuales está trabajando las tinas al momento de calibrar ya que es una tienda de bastante amplia temperatura tiende a variar por lo que esto podría afectar al momento de la calibración por lo que se optó recolectar datos de la temperatura que se tiene a diferentes horas del día tomando en cuenta la temperatura ambiente y así ver cuál es la afectación que pudiera tener al momento de calibrar

3.13 Realizar un histograma para conocer el comportamiento de la temperatura de las tinas de calibración

En esta actividad se realizará un histograma de los datos tomados de latina en diferentes puntos de la tina para verificar su temperatura y ver cómo es Su comportamiento y si tiene existe alguna variación y está cómo podría afectar al momento de calibrar

3.14 Realizar un muestreo de la calibración de los termostatos

Una línea de termostato se cuenta con una estación en la cual se verifica la calibración de la estación anterior por lo que se tomarán datos de la calibración en

la cual es encontrada el termostato recordamos que tiene una especificación a la cual debe ir calibrada el termostato por lo que se tomará en cuenta la calibración en la que se encuentra el termostato antes de recalibrar

3.15 Realizar un gráfico de correlación

En esta actividad se realizó un diagrama de correlaciones entre las posibles los posibles factores que pudieran afectar a la falla principal la falla principal es la calibración entonces Se tomaron diferentes factores como el resultado de la calibración la humedad relativa la temperatura ambiente y la temperatura de la tina el número del dispositivo de calibración entonces Estos factores se tomaron en cuenta para ver cuál era su comportamiento contra la calibración de los termostatos y de ahí determinar un factor que pudiera afectar a la calibración

CAPITULO 4

4.1 Conocer línea de ensamblé

Se empieza conociendo la línea de producción e identificando las áreas de oportunidad y conocer los posibles problemas que se enfrentan en esta línea de producción. Y poder proponer solución mediante las herramientas ya mencionadas

4.1.1 Desempaque y ensamble *switch*

En esta estación la operadora desempaca los termostatos como se muestra en la (figura 4.1), una vez desempacados la operadora toma el capilar del bulbo del termostato, desenrolla el capilar del termostato (Figura 4.2), posteriormente se ensambla el *switch* ver (figura 4.4)



Figura 4.1 Desempaque de Termostato



Figura 4.2 Desenrollado



Figura 4.3 Switch



Figura 4.4 Ensamble de Switch

4.1.2 Prueba switch

En esta estación la operadora hace la prueba de funcionamiento de *switch*, en esta prueba se somete a una prueba de continuidad de voltaje como se muestra en la (figura 4.5), abriendo y cerrando el *switch* mediante un herramental como se muestra en la (figura 4.6) esta prueba aplica solo para versiones de termostatos que llevan *switch*, en caso de no pasar la prueba de *switch* el componente va al contenedor de *scrap*

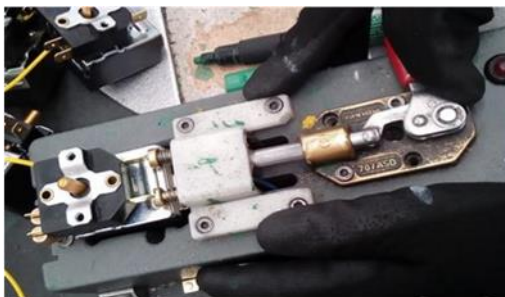


Figura 4.5 Herramental de prueba de switch

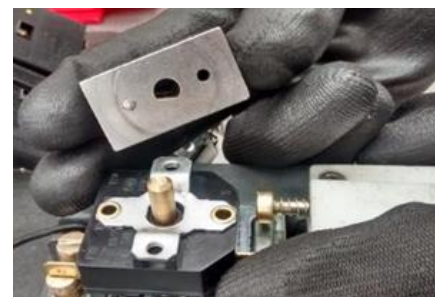


Figura 4.6 Herramental Para el Mango



Figura 4.7 Prueba de Switch

4.1.3 Ensamble PTT

En esta estación mediante un atornillador neumático semiautomático se ensamblan los componentes mango, tapa, y resorte

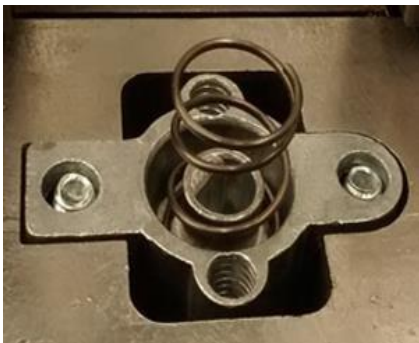


Figura 4.8 Componente de Ensamble



Figura 4.9 Ensamble de Componentes



Figura 4.10 Termostato Ensamblado

4.1.4 Calibración

En la estación de calibración, los termostatos se someten en tina con sal como se muestra en la (Figura 4.11) a una temperatura de 350 grados *farehit*, aproximadamente durante 5 minutos para que la operadora pueda comenzar a

calibrar, después se usara un dispositivo de calibración para calibrar girando el mango del termostato posteriormente la operadora con ayuda de un desarmador la operadora ajustar la calibración por la parte de atrás hasta oír un clic esto indicara que el termostato estará calibrado a los grados que marca el dispositivo de calibración véase la (figura 20), posterior mente se aplicara sellador en el tornillo de la parte de atrás para asegurar que la calibración no se modifique como se muestra en la (Figura 4.12)



Figura 4.11 Tina de Calibración

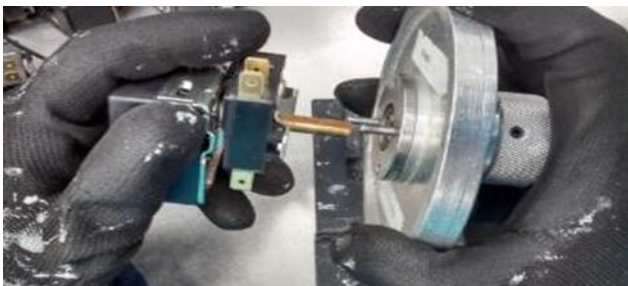


Figura 4.12 Calibración de Termostato

Figura 4.13 Aplicación de sellador

4.1.5 Estabilización y verificación de la calibración

Después el termostato se somete a una tina de estabilización a una temperatura de 350 grados Fahrenheit durante 48 hrs como se muestra en la (figura 4.15) esto con el fin de detectar alguna falla en el funcionamiento de termostato o alguna fuga en el tubo capilar de este, posteriormente se pasa a verificar la calibración del termostato como se muestra en la (figura 4.14), termostato que exceda de los límites de calibración se recalibra como se muestra en la (figura 4.16) y en caso que exceda demasiado de límites de calibración se manda a *scrap*

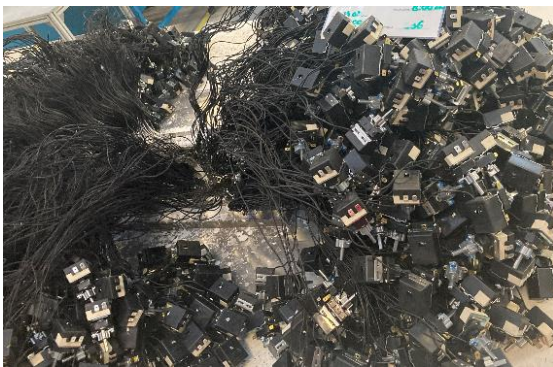


Figura 4.14 Estabilización

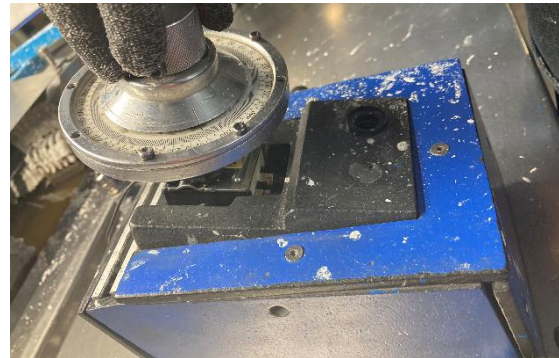


Figura 4.15 Verificación de la calibración



Figura 4.16 Re calibración

4.1.6 Enrollado

En esta estación la operadora hará uso de un herramental (Figura 4.16) para enrollar el tubo capilar del termostato (Figura 4.18), la velocidad del enrollado es controlada mediante un pedal de piso (Figura 4.17)

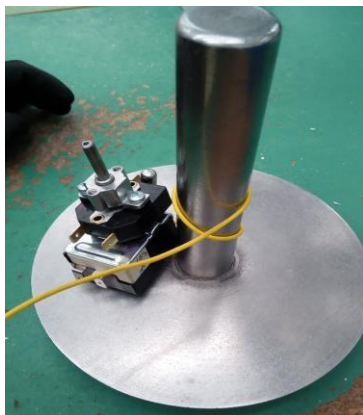


Figura 4.16 Herramental de Enrollado



Figura 4.17 Pedal de Piso

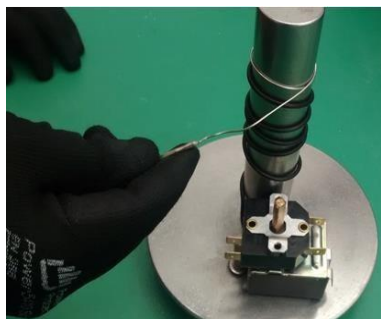


Figura 4.18 Enrollado de Tubo Capilar

4.1.7 Calibración ambiente y marca de lote

En esta estación la operadora verificará la calibración del termostato (Figura 4.19) sin ser sometido el tubo capilar a altas temperaturas, si no a temperatura ambiente, la calibración del termostato se deberá encontrar de 10 grados a 40 grados de apertura del termostato en caso de no pasar la prueba el termostato será depositado en el contenedor de *scrap*. Una vez verificada la calibración pasara a ser loteado con la fecha de fabricación de este (Figura 4.20)



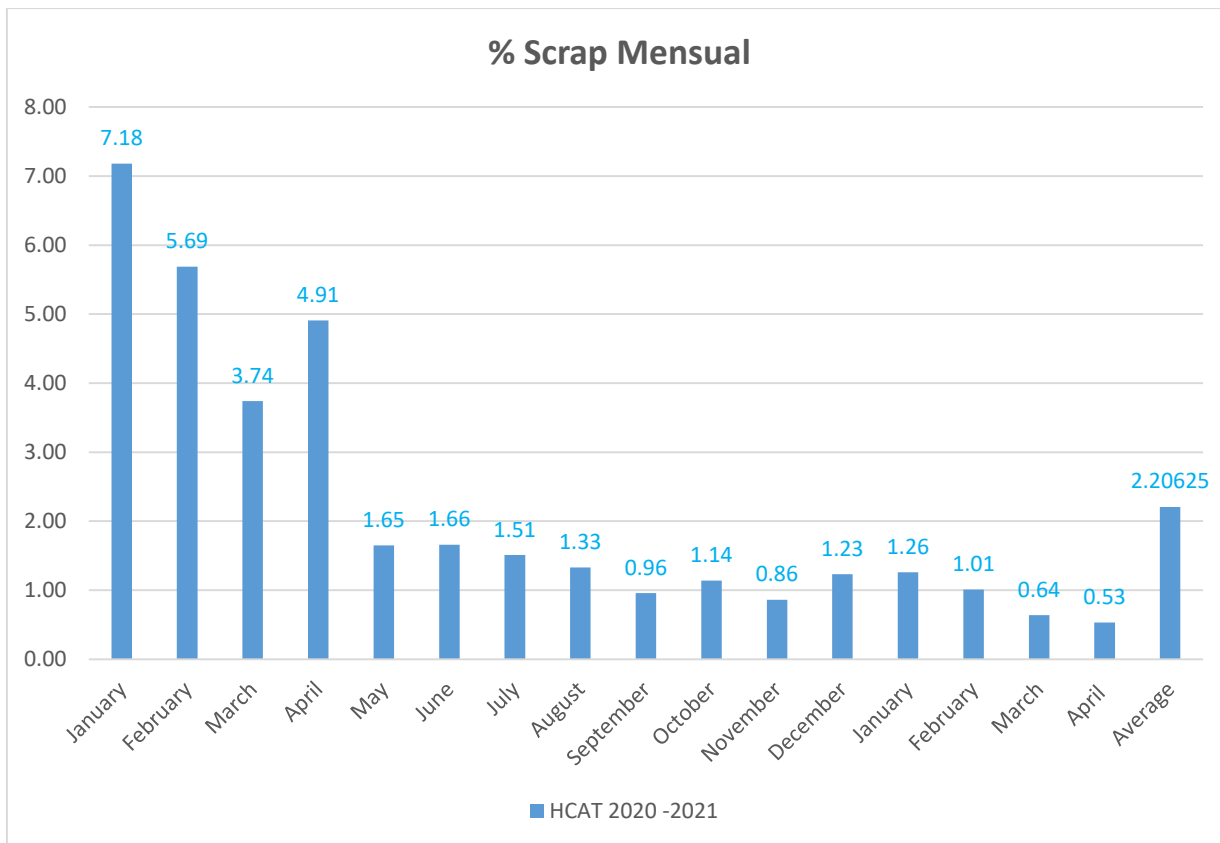
Figura 4.19 Calibración Ambiente



Figura 4.20 Loteado de Termostato

4.2 Conocer el estado actual del proceso en cuánto a desperdicios

Grafica 4.1 Scrap Mensual 2020 - 2021



En la gráfica se muestran datos obtenidos del año 2020 y parte del año 2021 del comportamiento de la línea de termostatos en cuanto a *scrap* la meta es mantener el porcentaje de *scrap* abajo del 1%, podemos observar que durante los últimos meses se tiene una tendencia descendente, pero a diferencia del año 2020 los porcentajes de *scrap* han reducido considerablemente en los últimos meses

4.3 Realizar VSM para conocer la situación actual del proceso e identificar las áreas de oportunidad

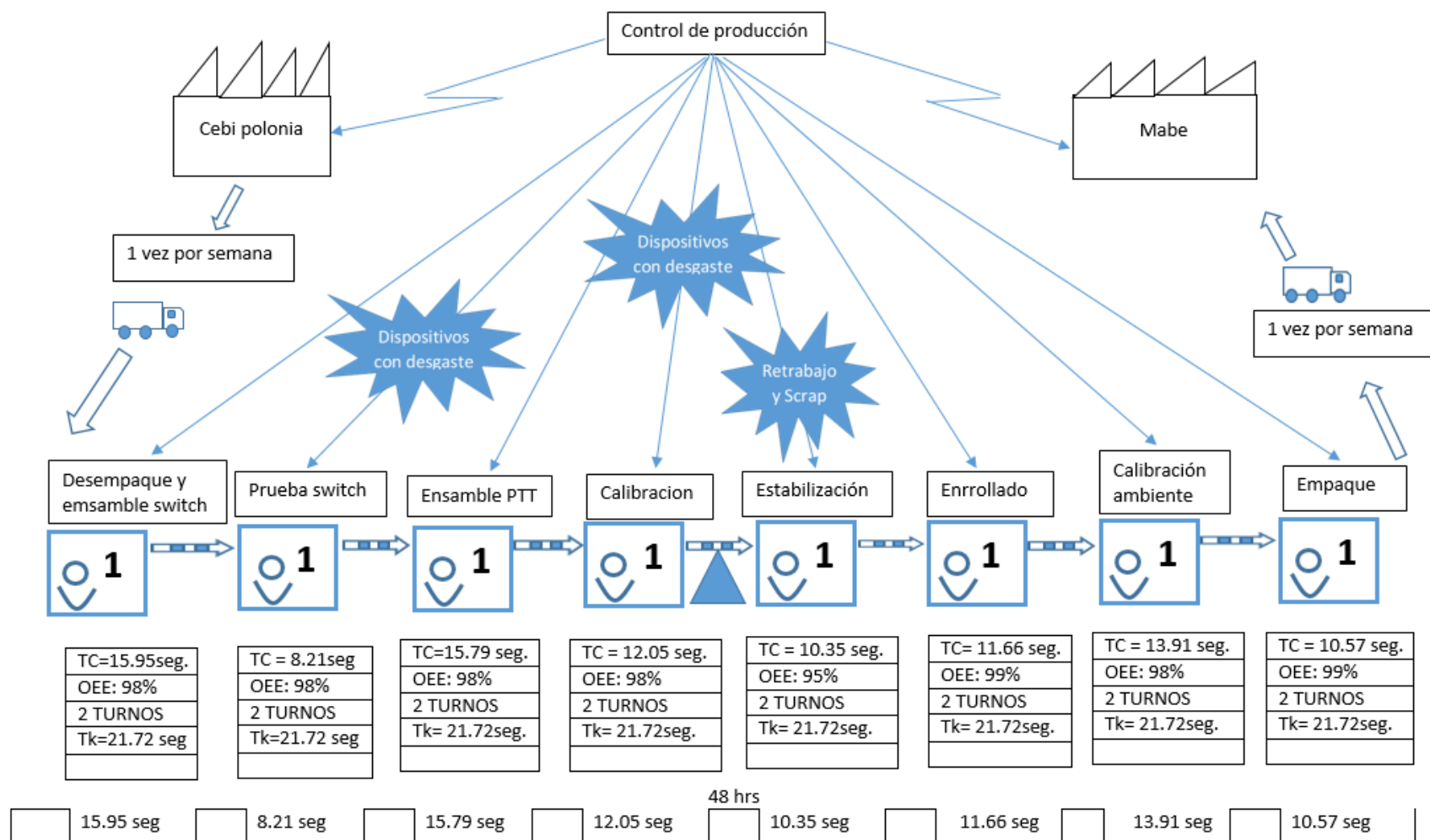


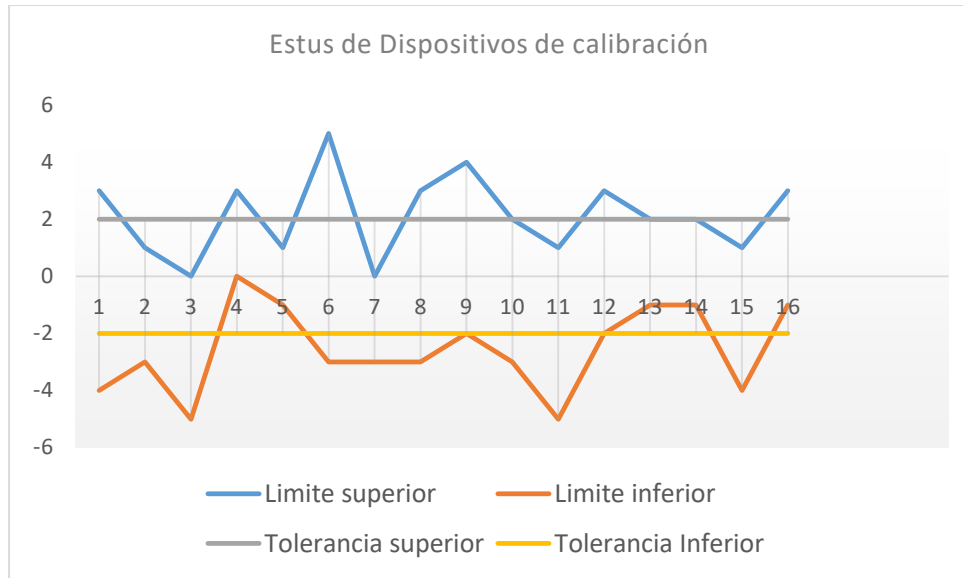
Figura 4.21 VSM Línea ensamble de Termostato

4.4 Implementación de la herramienta TPM, mantenimiento correctivo a los dispositivos de calibración de la línea de termostatos

En esta actividad se realizó un inventario de los dispositivos de calibración para conocer el estatus de estos, en la hoja de instrucción de trabajo se dice que los dispositivos deben tener una ligera variación de +/- 2 grados de libertad cuando se libera para su uso, en este caso se cuenta con 16 dispositivos de calibración de los cuales solo 3 contaba con estas condiciones. Véase la (tabla 4.1)

Tabla 4.1 Estatus de Dispositivos de calibración

NUMERO DE MANOPOLA	G.SUPERIORES	G.INFERIOIRES	Límite superior	Límite inferior	Tolerancia superior	Tolerancia Inferior
1	3	-4	3	-4	2	-2
2	1	-3	1	-3	2	-2
3	0	-5	0	-5	2	-2
4	3	-1	3		2	-2
5	46	-44	1	-1	2	-2
6	5	-3	5	-3	2	-2
7	0	-3	0	-3	2	-2
8	3	-3	3	-3	2	-2
9	49	-43	4	-2	2	-2
10	47	-42	2	-3	2	-2
11	46	-40	1	-5	2	-2
12	48	-43	3	-2	2	-2
13	47	-44	2	-1	2	-2
14	47	-44	2	-1	2	-2
15	46	-41	1	-4	2	-2
16	48	-44	3	-1	2	-2



Grafica 4.2 Grafica de Estatus de Dispositivos de Calibración

Como solución a este problema se propone integrar los dispositivos de calibración al programa de TPM (mantenimiento productivo total) con el fin de mantenerlos en un buen estado para que estos en determinado tiempo dejen no dejen de ser funcionales para la línea ya que pueden provocar problemas en la estación de trabajo



Figura 4.22 Dispositivo de Calibración con Escala dañada



Figura 4.23 Dispositivo de Calibración con Desgaste



Figura 4.24 Dispositivo con un Nuevo Centro



Figura 4.25 Dispositivos con Nueva Escala

4.5 Implementación de la técnica SMED en los dispositivos de calibración

En Cebi industrias México se fabrican 12 diferentes versiones de termostatos cada uno con diferentes tipos de componentes y diferentes dimensiones, en las diferentes versiones se tiene que algunos de estos comparten componentes o son muy similares en cuanto a dimensiones, entonces se decidió enfocarse en los dispositivos de calibración que se utilizan en las diferentes versiones, en este caso se la idea es diseñar un nuevo dispositivo de calibración el cual se adaptable en las diferentes versiones.

Para esto se realizaron mediciones de todos y cada una de las versiones de los termostatos en el laboratorio de calidad véase (anexo 1) evaluando las distancias de barrenos de la tapa y el centro del mango como se muestra la (Figura 4.26 y Figura 4.27)

Posteriormente a la propuesta de diseño fue integrar las diferentes distancias que tiene en los diferentes termostatos de los barrenos como se muestra la (Figura 33 y Figura34), esto con la idea de que en un solo dispositivo de calibración el cual fuera adaptable en diferentes versiones.

En este caso se estarían usando los mismos dispositivos de calibración y haciendo un cambio rápido de herramentales que es adaptable para diferentes versiones

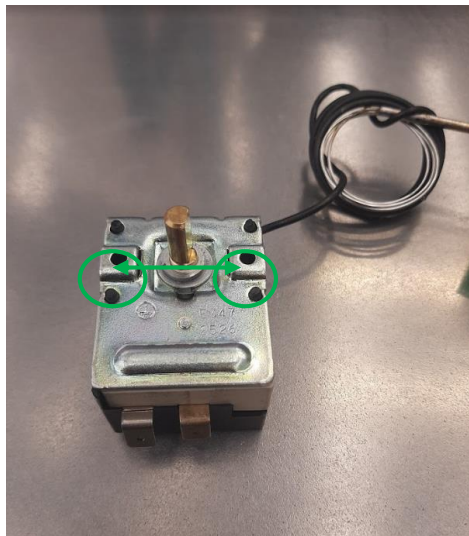


Figura 4.26 Posición 1 de Termostatos

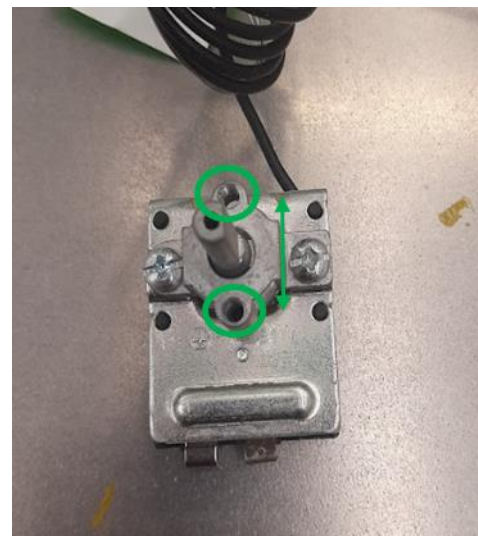


Figura 4.27 Posición 2 de Termostato



Figura 4.28 Partes del Nuevo Sistema de Adaptación



Figura 4.29 Adaptación en Posición 1

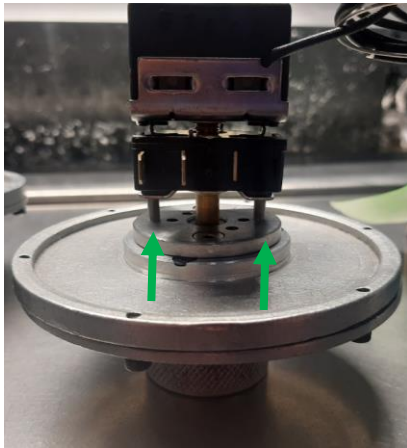


Figura 4.30 Dispositivo y Termostato en Posición 1

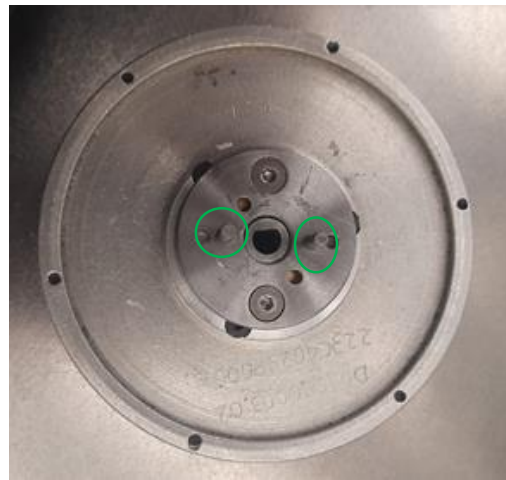


Figura 4.31 Adaptación en Posición 2



Figura 4.32 Dispositivo y Termostato en Posición 2

4.6 Implementación de la herramienta *poka yokes* en los dispositivos de calibración

En la siguiente mejora se observó que los dispositivos de calibración no contaban con una ayuda visual como se muestra en la (Figura 4.33) en la cual le indicaría a la operadora cuando se encontrara dentro de los límites de correctos de calibración y cuando se encontrara fuera de estos recordemos que las diferentes versiones de termostatos van calibrados a diferentes grados, por lo que se optó por la implementación de la herramienta de poka yoke una herramienta a prueba de errores la cual ayudaría visualmente a la operadora

para implementación de esta se decidió marcar el rango de los grados cuando se encuentra dentro de especificación de color verde y de color rojo cuando se encuentran fuera de especificación en color rojo. como se muestra en la (Figura 4.35)

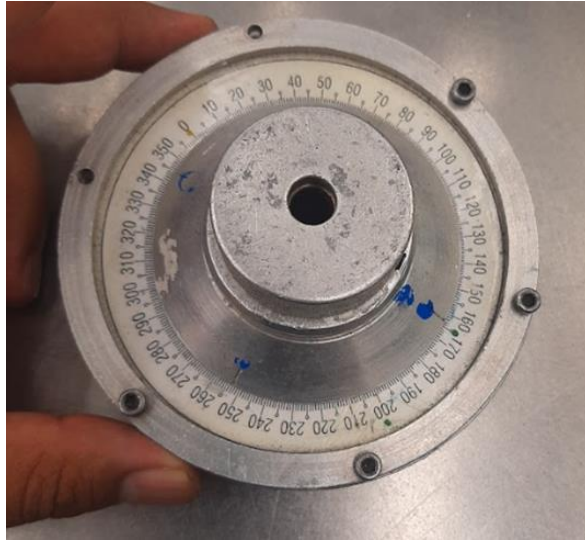


Figura 4.33 Dispositivo de Calibración sin Poka-Yoke

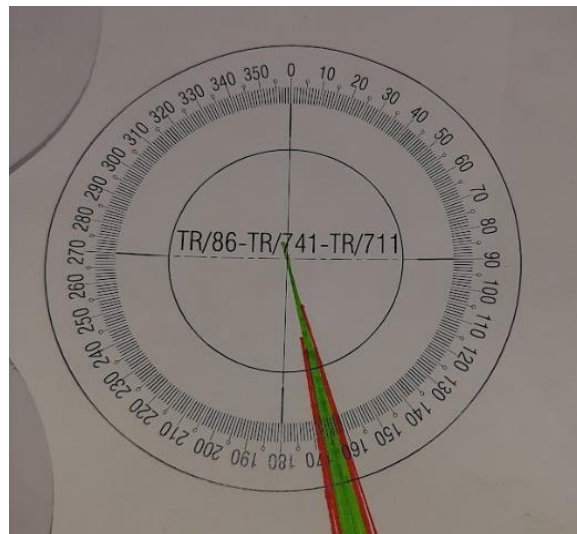


Figura 4.34 Escala Mejorada

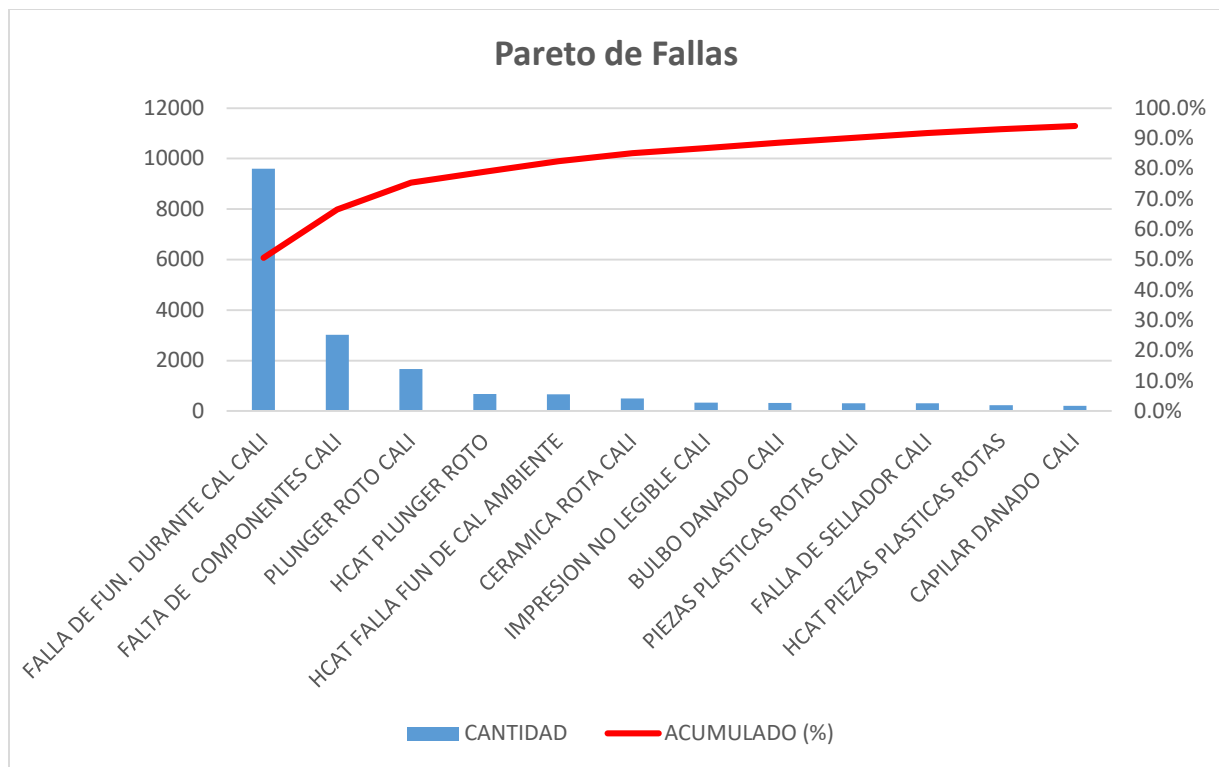


Figura 4.35 Dispositivos con Poka Yokes

4.7 Realizar un diagrama de Pareto para conocer Cuáles son los principales problemas

Se realizará un diagrama de Pareto para conocer cuáles son los principales problemas de la línea de ensamble y así atacar los principales problemas que se presenta aplicando el principio de 80, 20 el cual consiste en que 80 de nuestros desperdicios está siendo generado por el 20 de nuestros problemas.

Grafica 4.3 Diagrama de Pareto



De acuerdo a nuestra tabla y grafico de Pareto se tiene que nuestro principal modo de falla en la línea de termostato que está generando más *scrap* es la **falla de fun. durante cal cali** , por lo que solo esta falla estaría generando el 50% de desperdicios en la línea de ensamble

Tabla 4.3 Modos de Falla de Diagrama de Pareto

MODO DE FALLA	CANTIDAD	ACUMULADO (%)
FALLA DE FUN. DURANTE CAL CALI	9593	50.6%
FALTA DE COMPONENTES CALI	3024	66.5%
PLUNGER ROTO CALI	1671	75.4%
HCAT PLUNGER ROTO	681	79.0%
HCAT FALLA FUN DE CAL AMBIENTE	662	82.4%
CERAMICA ROTA CALI	500	85.1%
IMPRESION NO LEGIBLE CALI	335	86.8%
BULBO DANADO CALI	323	88.5%
PIEZAS PLASTICAS ROTAS CALI	312	90.2%
FALLA DE SELLADOR CALI	307	91.8%
HCAT PIEZAS PLASTICAS ROTAS	233	93.0%
CAPILAR DANADO CALI	202	94.1%
HCAT CERAMICA ROTA	171	95.0%

4.8 Realizar un diagrama de Causa y efecto para conocer los posibles causas

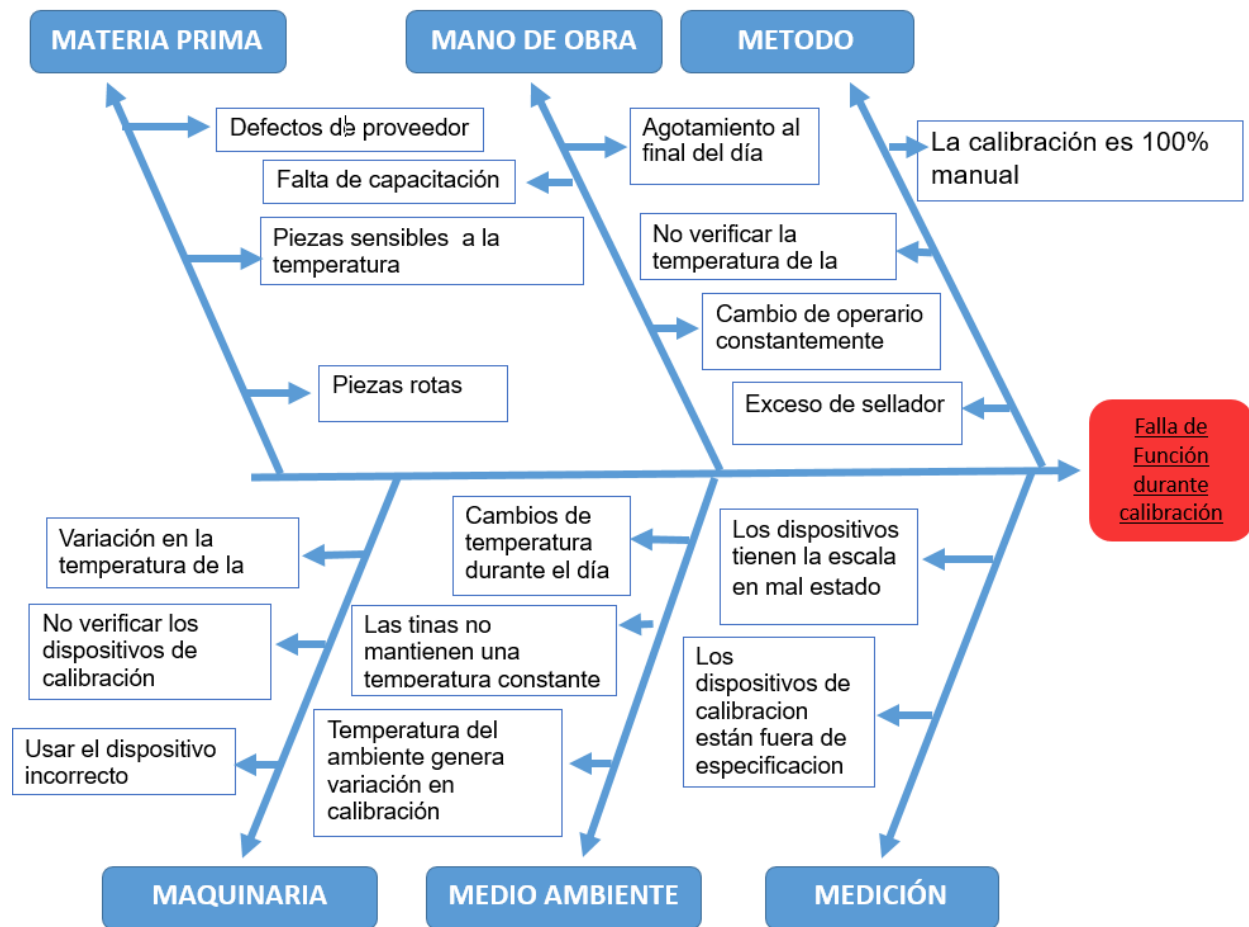


Figura 4.36 Diagrama de Causa y Efecto de la Falla Principal

Una vez encontrada la falla principal se realizó un diagrama de causa y efecto, para encontrar las causas posibles y poder determinar cuál es la causa principal de la falla en este caso se concluyó que la causa principal que los dispositivos tienen daño y desgaste por lo que dejan de ser funcionales pues estos ya estarían fuera de los límites de especificación máximo

4.9 Diagrama de Causa y efecto de la causa principal

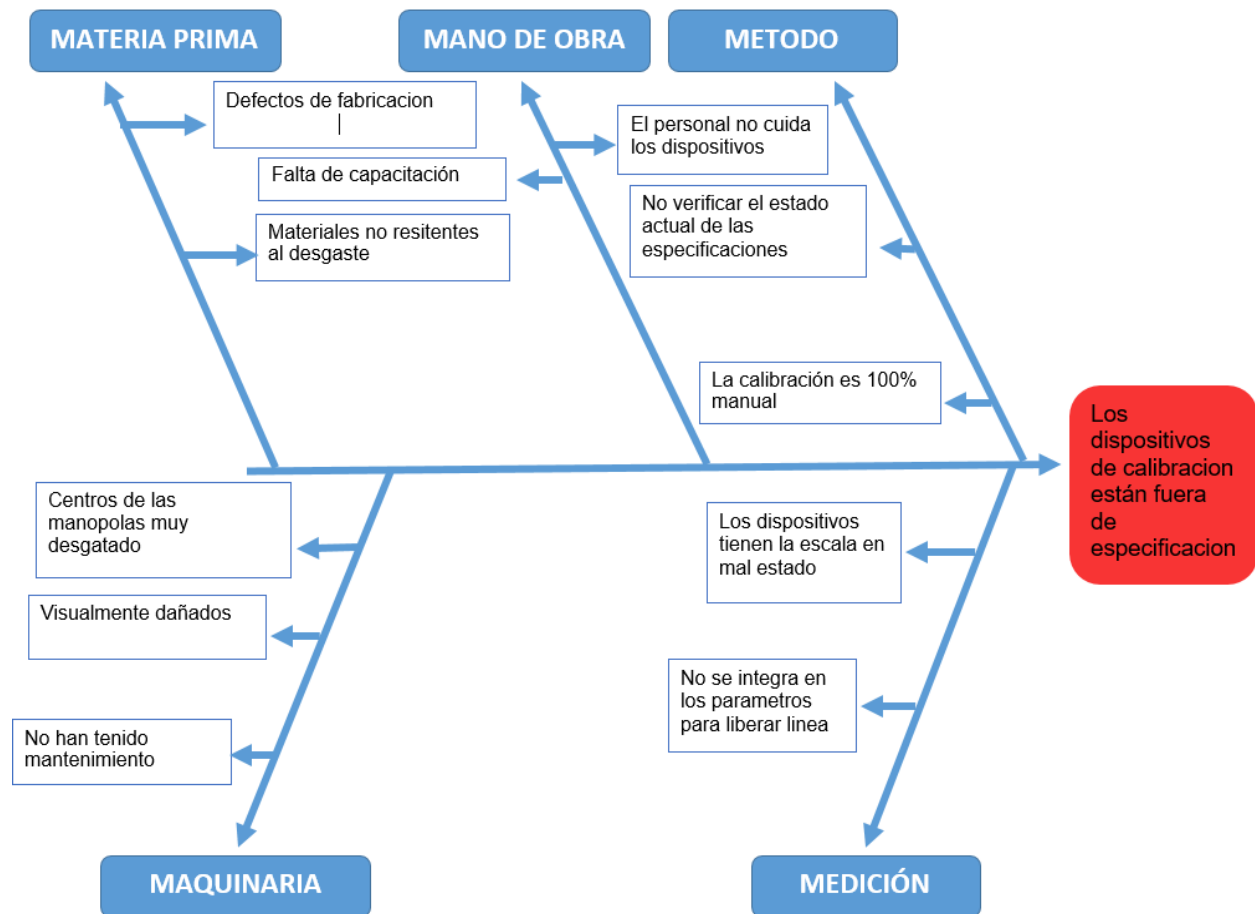


Figura 4.37 Diagrama de Causa y Efecto de la Causa Principal

4.10 Realizar pruebas con el termómetro para verificar la temperatura de las tinas de calibración

una vez identificada la falla principal se decidió tomar datos en diferentes puntos de las tinas de calibración pues que la temperatura en las tinas no es constante, para esto se ocupó un termómetro con el cual se verifica la temperatura de las tinas, al mismo tiempo se verificara la calibración de diferentes termostatos y se verificar si la temperatura tenía algún efecto en la calibración de los termostatos, teniendo en cuenta variables como lo son:

Temperatura ambiente

Temperatura de las tinas

Humedad relativa

Grados de calibración



Figura 4.37 Termómetro



Figura 4.38 Forma de Tomar la Temperatura

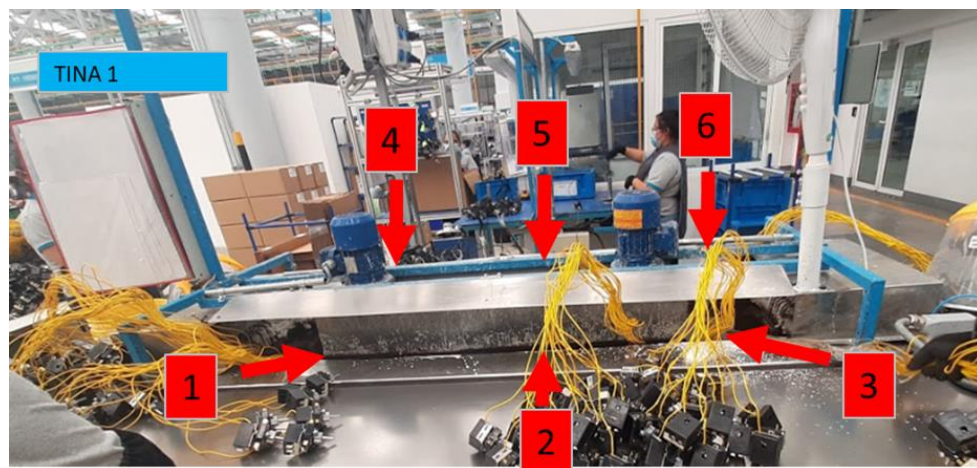


Figura 4.39 Puntos Donde Se Tomó Temperatura Tina 1

Tabla 4.4 Tina 1 Resultados de Temperaturas y calibración en

Tina 1										
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2	3	4	5	6
3:24	3/29/2021	29.4	351.7	351.8	350.9	350.2	350.3	350.3	349.9	351.3
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2	C3	C4	C5	C6
D01100006	153	16			156	156	155	156	156	156
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2	3	4	5	6
10:45	30/03/21	26.7	351.7	351.1	350.1	350.3	350.1	350.3	350.1	351
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2	C3	C4	C5	C6
D01100012	153	12			158	162	160	160	159	160
D01100006	153	12			158	159	159	159	159	157
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2	3	4	5	6
14:39	31/3/21	31.9	351.2	351.7	351.5	350.5	350.7	351.1	349.7	350.6
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2	C3	C4	C5	C6
D01100006	153	15			159	159	160	160	159	160
D01100012	153	15			160	158	160	160	160	160
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2	3	4	5	6
16:18	31/3/21	30.3	351.9	351.7	351.1	349.5	350.5	350.9	349.9	350.5
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2	C3	C4	C5	C6
D01100001	180	13			183	184	183	184	185	184
D01100002	165	13			162	163	165	166	164	164
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2	3	4	5	6
16:30	4/5/2021	30.1	321.7	351.7	350.8	350.1	350.1	350.1	349.7	350.6
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2	C3	C4	C5	C6
D01100003	165	6			160	158	156	158	157	159
D01100009	160	16			185	182	183	185	185	185
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2	3	4	5	6
9:15	4/6/2021	21.6	351.7	351.4	348.3	346.7	348.1	347.1	347.7	349.2
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2	C3	C4	C5	C6
D01100003	165	6			155	153	154	154	153	155

Tabla 2 .5 Resultados Tina 2

Tina 2						
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2
4:04	3/29/2021	30.8	180.5	180.4	349.6	348.2
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100006	153	16			156	155
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2
	30/03/21	30.3	180.5	180.5	348	348.1
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100012	153	12			160	161
	153	12			158	158
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2
15:18	31/03/21	31.3	180.5	180.5	348.5	348.7
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100006	153	15			156	155
D01100012	153	15			159	159
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2
17:01	31/3/21	29.8	180.5	180.5	348.9	348.9
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100001	180	13			180	182
D01100002	165	13			162	161
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2
17:22	4/5/2021	30.1	180.5	180.5	349	349.3
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100003	165	6			156	158
D01100009	160	16			185	185
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	1	2
9:09	4/6/2021	21.1	180.5	180.5	349.9	349.8
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100003	165	6			155	155

Fuente: Elaboración propia

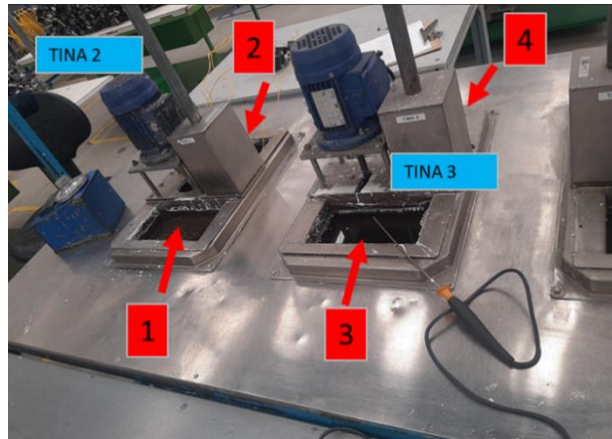


Figura 4.40 Tina 2 y Tina 3

Tabla 4.6 Resultados Tina 3

Tina 3						
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	3	4
4:21	3/29/2021	30.8	175.5	175.6	336.6	336.5
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100006	153	16			150	146
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	3	4
	30/03/21	30.5	175.4	175.5	334.4	334.8
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100012	153	12			150	155
	153	12			152	153
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	3	4
15:46	31/03/21	31.4	175.5	175.1	334.9	334.9
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100006	153	15			153	152
D01100012	153	15			153	152
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	3	4
17:17	31/03/21	31.1	175.5	175.2	335.1	334.9
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100001	180	13			174	174
D01100002	165	13			156	156
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	3	4
17:30	4/5/2021	27	175.5	175.5	335.1	335.1
No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola			C1	C2
D01100003	165	6			148	147
D01100009	160	16			172	174
Hora	Fecha	T.A	T.R	T.T	3	4
8:47	4/6/2021	20.4	175.5	175.8	334.4	334.3

No. De parte	Grados a calibrar	Numero de manopola	C1	C2
D01100003	165	6	144	142

4.11 Realizar un histograma para conocer el comportamiento de la temperatura de las tinas de calibración

Se realizó un histograma para verificar gráficamente como es su comportamiento en cuanto a la variación de temperatura y ver cuál es la tina que tienen una temperatura más estable y menos variación y determinar si esto esté causando un efecto en la calibración

Se puede concluir que la tina mayor variación tiene es la tina número 1, es la que se encuentra más inestable y esto puede estar provocando una afectación al momento de calibrar los termostatos. La tina que más estable es la tina 2, esto puede deberse a las dimensiones que tiene respecto a la tina numero 1

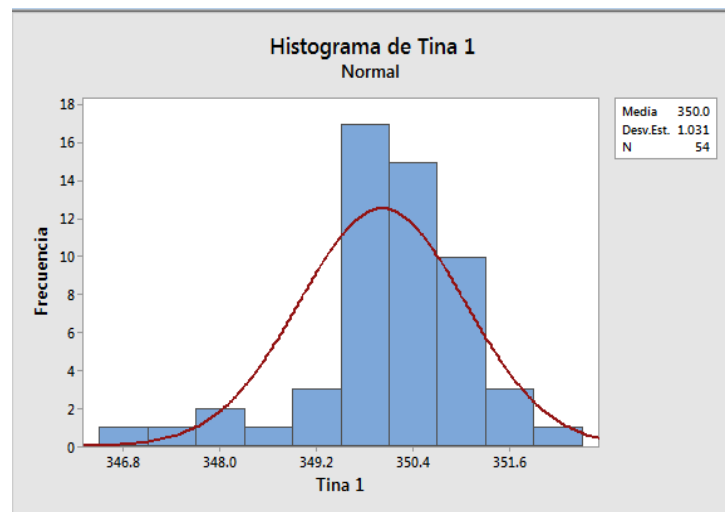


Figura 4.41 Histograma Tina 1

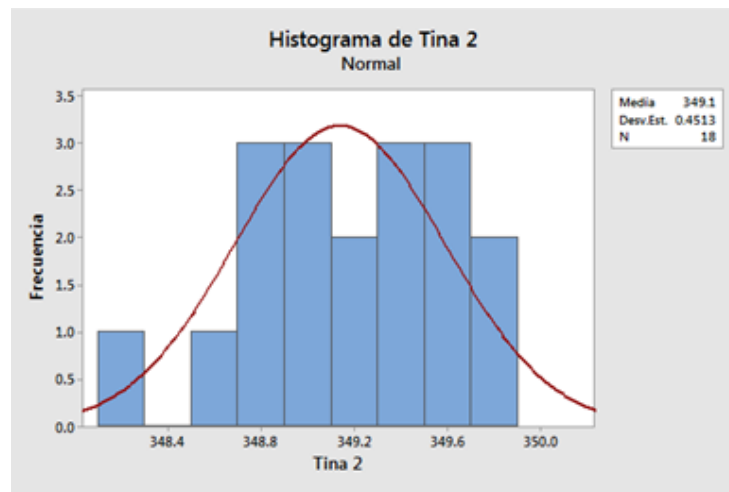


Figura 4.42 Histograma Tina 2

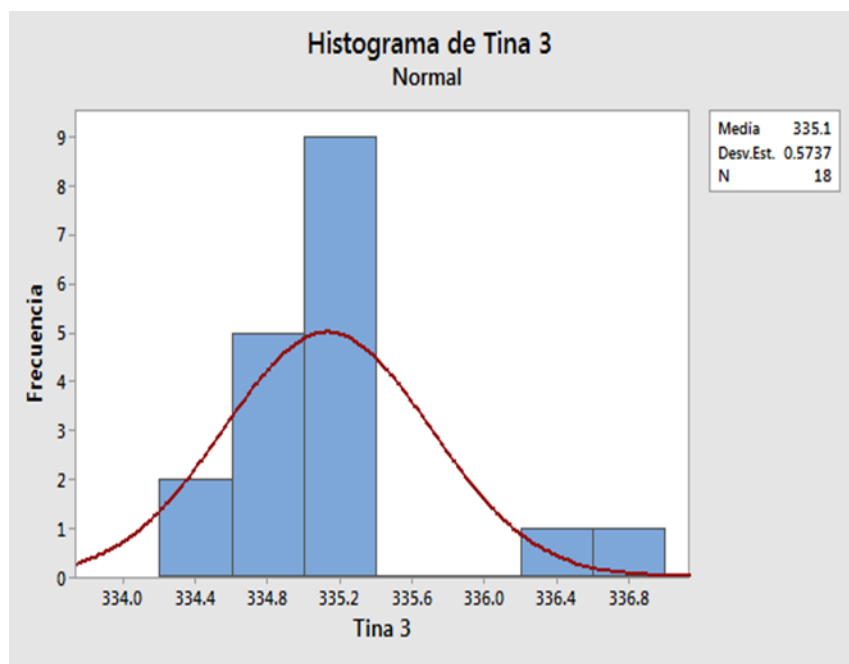


Figura 4.43 Histograma Tina 3

4.12 Realizar un muestreo de la calibración de los termostatos

se realizó un muestreo de datos de diferentes variables que pueden influir al momento de calibrar los termostatos, dentro de los datos que se tomaron en cuenta fueron: Operadora

- Resultado de calibración
- Humedad relativa
- Temperatura ambiente
- Temperatura de la tina

Cabe recalcar que esta recolección de datos se realizó con diferentes turnos y con diferentes operadoras, esto es con fin de tener un histórico de datos y desarrollar actividades posteriores con estos mismos datos

Operador: _____

Fecha: _____

Turno : _____

Numero de parte: _____

Epecificacion: grados a calibrar: _____

Tolerancia: _____

Calibro: _____

no. De manopola con que calibro: _____

Sentido: _____

Hora: _____

Numero de manopola: _____

No.	Resultado de calibracion	Humedad relativa %	Temperatura ambiente °C	Temperatura de la tina °F

Figura 4.44 Tabla Para Muestreo

Para realizar el estudio de capacidad de proceso se realizó una tabla para la captura de los datos, la tabla que se utilizo es la tabla que se muestra en la figura

Tabla 4.6 Muestreo de calibración Turno de la Tarde

Resultado de calibración	Humedad relativa %	Temperatura ambiente °C	Temperatura de la tina °F

155	25	27.9	349.6
165	22	28.3	349.6
155	22	28.4	349.6
142	22	29	349.6
162	22	29.4	349.6
155	22	29.4	349.6
160	21	29.7	349.6
160	21	29.8	349.6
150	21	29.8	349.6
160	21	29.9	349.6
157	21	30	349.6
150	19	30	349.6
160	19	30.3	349.6
167	19	30.4	349.6
155	19	30.4	349.6
140	19	30.6	349.6
162	19	30.6	349.6
157	18	30.8	349.6
155	18	30.8	349.6
157	18	30.9	349.6
161	18	30.9	349.6

161	18	31.1	349.6
167	18	31.1	349.6
150	18	31.1	349.6
155	18	31.1	349.6
161	18	31.2	349.6
150	18	31.2	349.6
156	18	31.2	349.6
155	18	31.2	349.6
162	18	31.3	349.6
146	18	31.5	349.6
155	18	31.5	349.6
165	18	31.6	349.6
161	18	31.6	349.6
162	18	31.6	349.6
165	18	31.6	349.6
162	18	31.6	349.6
146	18	31.6	349.6
156	18	31.6	349.6
160	18	31.6	349.6
150	18	31.6	349.6
155	18	31.7	349.6

160	18	31.8	349.6
161	18	31.8	349.6
153	17	31.8	349.6
165	17	31.8	349.6
160	17	31.9	349.6
159	17	31.9	349.6
165	17	31.9	349.6
165	17	32.1	349.6
159	17	31.7	350.3
150	17	31.8	350.3
167	17	31.8	350.3
167	17	32.2	350.3
170	17	32.2	350.3
161	17	32.3	350.3
164	17	32.1	350.3
155	17	32.1	350.3
155	17	31.9	350.3
167	17	31.9	350.3
160	17	31.9	350.3
160	17	31.9	350.3
162	17	31.9	350.3

161	17	31.5	350.3
160	17	31.4	350.3
158	17	31.3	350.3
161	17	31.3	350.3
162	17	31.3	350.3
167	17	31.3	350.3
159	17	31	350.3
160	17	31	350.3
159	17	31	350.3
160	17	31.1	350.3
161	17	31.1	350.3
142	17	31.1	350.3
165	17	31.1	350.3
153	17	31.3	350.3
152	17	31.3	350.3
155	17	31.3	350.3
142	17	31.3	350.3
160	17	31.3	350.3
150	17	31.5	350.3
155	17	31.5	350.3
155	17	31.5	350.3

152	17	31.5	350.3
150	17	31.5	350.3
162	17	31.5	350.3
150	17	31.4	350.3
152	17	31.4	350.3
151	17	31.4	350.3
147	17	31.4	350.3
151	17	31.5	350.3
155	20	29.4	350.3
147	20	30.2	350.3
151	17	30.5	350.3
157	17	30.5	350.3
151	17	30.5	350.3
163	17	31.4	350.3
160	17	31.4	350.3
162	17	31.4	350.3
157	17	31.9	349.5
160	17	31.9	349.5
155	17	32.2	349.5
160	17	32.5	349.5
160	17	32.5	349.5

Tabla 4.7

Calibración Turno

161	17	32.8	349.5
155	17	32.9	349.5
161	17	33.1	349.5
162	17	33.2	349.5
155	17	33.2	349.5
150	17	33.3	349.5
153	16	33.3	349.2
150	16	33.3	349.2
151	16	33.3	349.2
135	16	33.3	349.2
160	10	33.3	349.2
150	10	33.3	349.2
151	10	33.3	349.2
150	10	33.3	349.2
165	10	33.3	349.2
147	10	33.3	349.2
160	10	33.4	349.2
151	10	33.4	349.2
157	10	33.4	349.2
162	10	33.4	349.2

Muestreo de
de la Mañana

Resultado de calibración	Humedad relativa °C	Temperatura ambiente °C	Temperatura de la tina °F
169	18	29.2	348.8
167	18	29.2	348.8
167	18	29.2	348.8
162	10	30.1	348.8
168	10	30.3	348.8
164	10	30.5	348.8
165	10	30.6	348.8
166	17	30.7	348.8
163	17	30.8	348.8
158	17	30.8	348.8
167	10	30.9	348.8
166	10	31.1	348.8
164	10	31.1	348.8
168	10	31.3	348.8
165	10	31.3	348.8
164	10	31.4	348.8
167	10	31.3	348.8
165	10	31.3	348.8
163	10	31.2	348.8
161	10	31.1	348.8

169	10	31	348.8
171	10	31	348.8
170	10	30.9	348.8
166	10	30.8	348.8
166	10	30.8	348.8
167	10	30.5	349
167	10	30.5	349
165	10	30.4	349
164	10	30.4	349
166	10	30.4	349
169	10	30.4	349
164	10	30.4	349
168	10	30.4	349
169	10	30.4	349
170	10	30.4	349
170	10	30.5	349
167	10	30.6	349
166	10	30.6	349
169	10	30.8	349
170	10	30.9	349
169	10	31.1	349
170	10	31.1	349

169	10	31.2	349
171	10	31.3	349
169	10	31.3	349
167	10	31.4	349
164	10	31.4	349
168	10	30.9	349
166	10	30.9	349
175	10	30.9	349
173	10	31.8	349.9
180	10	31.8	349.9
176	10	32	349.9
173	10	32	349.9
175	10	32	349.9
174	10	32	349.9
177	10	32.3	349.9
176	10	32.5	349.9
170	10	32.5	349.9
180	10	32.6	349.9
172	10	32.4	349.9
169	10	32.3	349.9
178	10	32.3	349.9
178	10	31.9	349.9

174	10	31.9	349.9
172	10	31.8	349.9
176	10	31.8	349.9
172	10	31.8	349.9
174	10	31.8	349.9
171	10	31.8	349.9
173	10	31.8	349.9
177	10	31.8	349.9
178	10	31.8	349.9
177	10	31.8	349.9
179	10	31.9	349.9
173	10	31.5	349.7
171	10	31.5	349.7
175	10	31.6	349.7
173	10	31.6	349.7
176	10	31.6	349.7
173	10	31.6	349.7
180	10	31.7	349.7
168	10	31.7	349.7
170	10	31.7	349.7
169	10	31.7	349.7
168	10	31.8	349.7

164	10	31.8	349.7
167	10	31.9	349.7
179	10	31.9	349.7
175	10	31.8	349.7
172	10	31.8	349.7
165	10	31.9	349.7
171	10	31.8	349.7
165	10	31.8	349.7
167	10	31.8	349.7
173	10	31.8	349.7
166	10	31.8	349.7
173	10	31.8	349.7
178	10	31.8	349.7
166	10	31.8	349.7
168	10	31.8	350
171	10	31.8	350
174	10	31.8	350
159	10	31.8	350
171	10	31.8	350
166	10	31.8	350
167	10	31.8	350
168	10	31.9	350

167	10	32	350
167	10	32.1	350
165	10	32.1	350
170	10	32	350
169	10	31.9	350
171	10	31.9	350
167	10	31.9	350
165	10	31.9	350
167	10	31.9	350
172	10	31.9	350
174	10	32	350
173	10	32.2	350
167	10	32.4	350
166	10	32.7	350
168	10	33	350
167	10	33.1	350
168	10	33.1	350

4.13 Realizar un gráfico de correlación

De los datos recolectados de la tabla 6 y tabla 7 se realizó un gráfico de correlación haciendo uso del programa *minitab* de los 120 datos recolectados de los turnos de la mañana y tarde las variables que se tomaron en cuenta son:

- Resultado de calibración
- Humedad relativa
- Temperatura ambiente
- Temperatura de la tina
- Numero de dispositivo de calibración

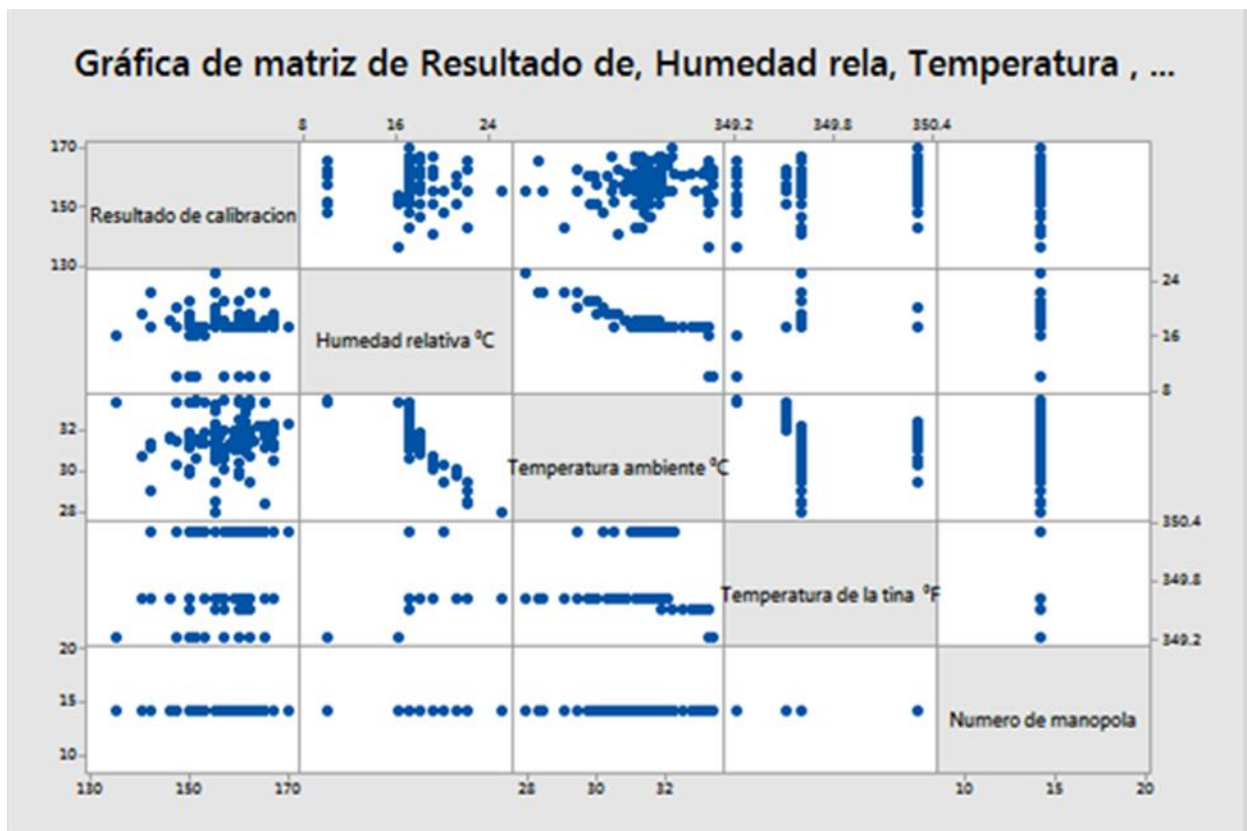


Figura 4.45 Grafico de Correlaciones Turno de la Tarde

De los grafica de correlación se busca una correlación con el resultado de calibración por lo que las variables que pudieran tener una afectación al resultado de la calibración son la humedad relativa, temperatura ambiente y temperatura de la tina.

El grafico se realizó con ambos turnos, por lo que se puede arrojar diferentes datos ya que los datos fueron recolectados a diferentes horas del día y esto pudiera estar provocando una ligera variación

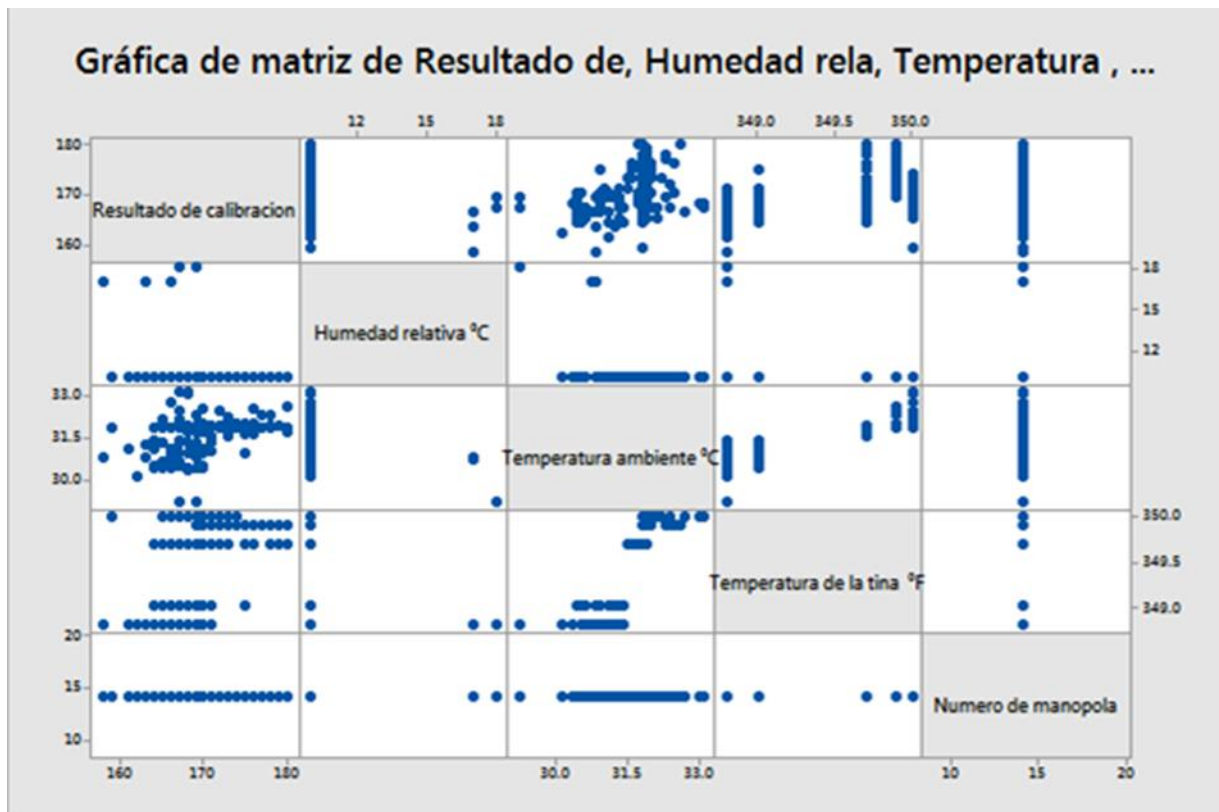


Figura 4.46 Gráfico de Correlación Turno de la Tarde

4.14 Realizar un análisis de capacidad de proceso para conocer el estado actual del proceso

Con los datos ya recolectados se realizó un análisis de capacidad de procesos para ver el estado actual del proceso cabe recalcar que de igual manera el estudio se realizó con el turno de la mañana y el con turno de la tarde teniendo como objetivo 165 grados en la calibración

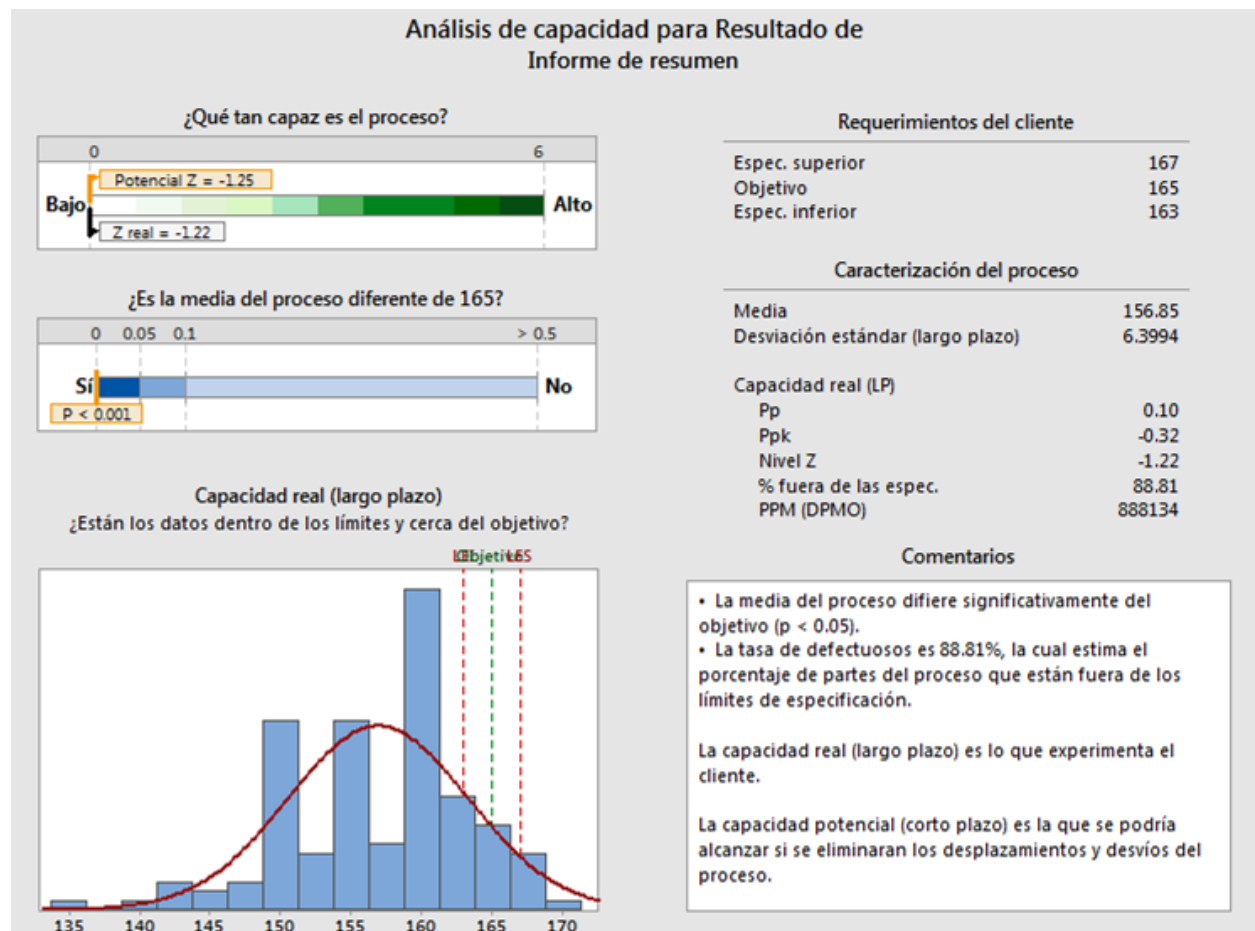


Figura 4.47 Análisis de capacidad de Procesos Turno de la Tarde

El análisis con el turno de tarde se puede observar en la (figura 4.47) que tiende a tener una distribución normal, pero con mucha variabilidad, esta tiene un sesgo hacia la parte izquierda de la distribución con una media de 156 grados, la cual difiere bastante del objetivo, otro punto es que el porcentaje de que se encuentra fuera de especificación de es de 88%, esto quiere decir que la operadora está recalibrando el 88% de las piezas producidas en el turno

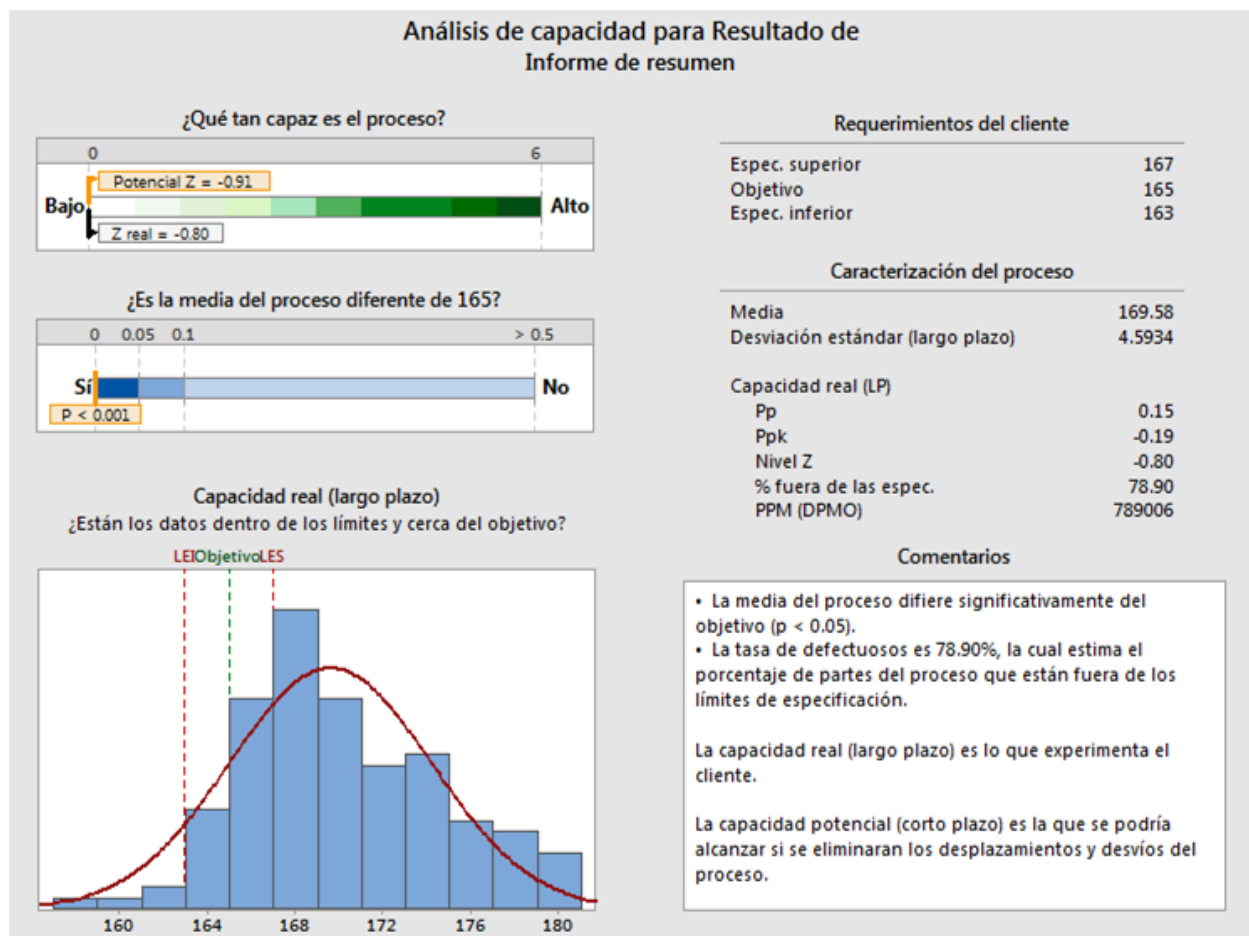


Figura 4.48 Análisis de Capacidad de Procesos Turno de la Tarde

Se realizó el mismo análisis con el turno de la Mañana, se obtuvieron valores distintos a los del otro turno en la (Figura 4.48) podemos observar que nuestro proceso tiene una distribución normal con bastante variación, pero a diferencia del otro se tiene un sesgo hacia la derecha nuestra media del proceso actual difiere bastante con 169 grados teniendo un porcentaje del 78% fuera de especificación, esto nos indica que el turno de la tarde está recalibrando el 78% de piezas producidas, durante el turno, esto quiere decir que a diferencia del otro turno este turno recalibra el 10% menos.

4.15 Realizar un análisis de correlación y regresión lineal

Se realizó un análisis de regresión lineal haciendo uso del *Software minitab*, debido a la variación que se tiene en línea se cree que una de las variables que mayor afectación puede tener es la temperatura de la tina por lo que se recolectaron datos a las diferentes horas de

día para obtener una temperatura ideal y con esto poder llegar a reducir el porcentaje de *scrap*

Tabla 4.8 Datos para Regresión Lineal

TERMOSTATO NO. 6	
TEMPERATURA	CALIBRACION
350.9	156
350.2	156
350.3	155
350.3	156
349.9	156
351.3	156
349.6	156
348.2	155
350.1	158
350.3	159
350.1	159
350.3	159
350.1	159
351	157
348	158
348.1	158
351.5	159
350.5	159
350.7	160
351.1	160
349.7	159
350.6	160
348.5	156
348.7	155

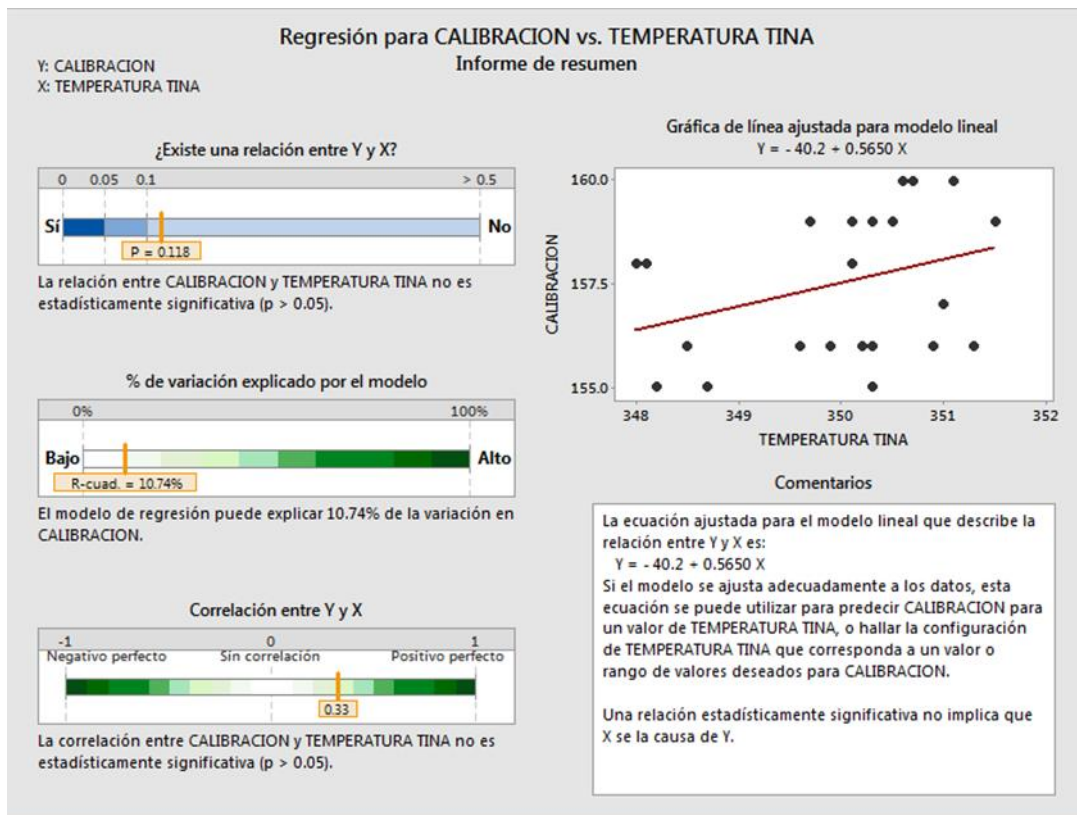


Figura 4.49 Análisis de regresión

En la (Figura 4.49) podemos observar la relación de correlación entre la temperatura y la calibración en este caso la correlación que nos arroja nos es tan significativa pues nuestro valor P: 0.118 no es estadísticamente significativa, pero nos puede ayudar a predecir la temperatura cuando se calibren las diferentes versiones que se calibran a diferentes temperaturas, es una correlación positiva débil con un valor P de 0.33

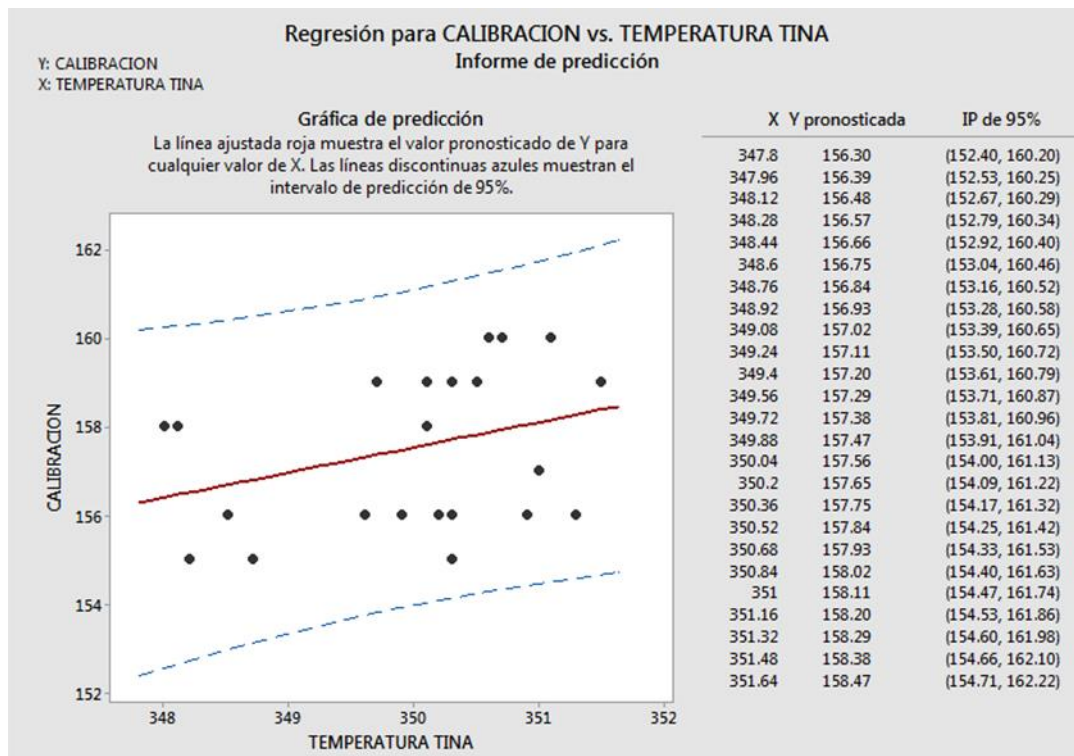


Figura 4.50 Grafica de Predicción

Objetivo de calibración del termostato: 153 grados a calibrar

$$153 = - 40.2 + 0.5650 X$$

Resolviendo la ecuación

$$X = (153 + 40.2) \div 0.5650$$

$$X = 341.94$$

Temperatura ideal de la tina para calibrar a 153 grados el tipo de termostato no. 6 es de 341.94 grados Fahrenheit

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, Y EXPERIENCIA PROFESIONAL ADQUIRIDA

Implementación para la reducción de costos en cuanto al porcentaje de *scrap* se detectó un problema en los dispositivos la cuál fue la falla principal de acuerdo a nuestro análisis en el diagrama de Causa y efecto otro punto importante es se les dio mantenimiento correctivo a los dispositivos de calibración por lo que se corrigió la zona céntrica de los dispositivos. Al momento de reparar la zona céntrica de los dispositivos se detuvieron algunas dificultades puesto que los dispositivos no eran funcionales para las operadoras compuestos dispositivos quedaban bastante incómodos Al momento de usarlos por lo que se optó por unas dimensiones con otros límites de especificación., Por otra parte se aplicaron diferentes herramientas de las herramientas y análisis de *lean manufacturing* y *Six Sigma* qué nos ayudaron a homologar lo que fue la reducción de *scrap* en la línea de ensamble fueron funcionales para el proyecto, finalmente después de haber implementado diferentes herramientas se obtuvieron buenos resultados

Pero claro un mejor rendimiento de los dispositivos de calibración se recomienda integrarlos al programa de mantenimiento productivo total en el programa la planta ya que con esto nos traerá ciertos beneficios siempre y cuando los dispositivos se encuentran en buen estado esto sería de gran ayuda para las operadoras

De esta manera los problemas que se presentan actualmente en la línea disminuirán considerablemente además de dar una buena capacitación a las operadoras pues con esto podríamos alcanzar mejor rendimiento y productividad de la línea ensamble de termostatos y eliminar productos defectuosos.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

- Capacidad de organizar y planificar
- Comunicación oral y escrita en su propia lengua.
- Habilidades básicas de manejo de la computadora.
- Habilidades de gestión de información.
- Toma de decisiones.
- Solución de problemas.
- Trabajo en equipo.
- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica
- Habilidad para trabajar en forma autónoma.

REFERENCIAS

- Bernando Herrera , K., & Paredes Vilcamisa, J. (2016). APLICACIÓN DE LAMETODOLOGÍA SIX SIGMA PARAMEJORAR EL PROCESO DE REGISTRO DE MATRÍCULA, ENLA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL PERÚ. *Tesis de licenciatura*. Universidad Autonoma de Perú, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.autonoma.edu.pe/bitstream/AUTONOMA/339/1/Bernardo%20Herrera%2C%20Katherine%3B%20Paredes%20Vilcamisa%2C%20Jannifer.pdf>
- Escobedo, A. L. (2007). Propuesta de integración de las Metodologías Manufactura Esbelta y Seis Sigma, como un Método que facilite el desarrollo de proyectos de mejora en una empresa manufacturera. *Tesis de posgrado*. NSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY, Monterrey, Nuevo León, México. Obtenido de https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/568357/SanchezEscobedo_TesisMaestria.pdf?sequence=11
- Juan Carlos Hernández Matías, & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. madrid : españa.
- Lean MDC*. (2020). Obtenido de Lean MDC: <http://www.leanmdc.com/historia-lean-manufacturing.html>
- Rajadell, M., & Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing La evidencia de una necesidad*. Madrid : Diaz de Santos.
- Ramírez, A. G. (Diciembre de 2001). CAPACITACIÓN HACIA UNA MEJORA CONTÌNUA EN EL PROCESO DE ENSAMBLE DE TERMOSTATOS. *tesis*. San Nicolas de los garza, Nuevo Leon, Mexico.
- S. PANDE, P., P. NEUMAN, P., & R. CAVANAGH, R. (2002). *LAS CLAVES DE SEIS SIGMA La implantación con éxito de una cultura que revoluciona el mundo empresarial*. Madrid : MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A. Obtenido de https://stream2.docer.com.ar/pdf_dummy/eyJpZCI6IjE3ODk3NjAiLCJuYW1lIjoiTGF

zIGNsYXZlcyBkZSBzZWlzlHNpZ21hIC0gUGFuZGUgLSAxZWQiLCJleHRIbnNpb24i
OiJwZGYiLCJjaGVja3N1bV9pZCI6IjEyMDMzMzE3In0,?

Sistemas OEE. (26 de septiembre de 2016). Obtenido de Sistemas OEE:
<https://www.sistemasoe.com/lean-manufacturing>

Villalva, G. M. (2008). HERRAMIENTAS Y TECNICAS LEAN EN SISTEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD. *Tesis de licenciatura*. Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/226/Herramientas%20y%20tecnicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>