



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

Reducción de incidentes de proveedores de tarjetas de circuitos impresos
(PCB) basado en la metodología Seis Sigma.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA

Yoselin García Díaz

ASESOR: DRA. JESÚS DEL CARMEN PERALTA ABARCA

CUERNAVACA, MORELOS

FECHA



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

DICTAMEN DEL COMITÉ REVISOR



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT
ISO 9001:2015



FORMA T-4A
NOMBRAMIENTO COMITÉ REVISOR

Cuernavaca, Mor., a 3 de Mayo del 2021

DR. JOSÉ LUIS PERALTA ABARCA
MTRA. ELIZABETH MILLAN BENITEZ
DRA. JESÚS DEL CARMEN PERALTA ABARCA
DR. MARTIN HERIBERTO CRUZ ROSALES
DR. MARCO ANTONIO CRUZ CHAVEZ
P R E S E N T E

Me permito comunicarles que han sido designados integrantes del **COMITÉ REVISOR** del trabajo de:

TESIS

Titulado:

**Reducción de incidentes de proveedores de tarjetas de circuitos impresos (PCB)
basado en la metodología Seis Sigma.**

Que presenta (el) o (la) **C. Yoselin García Díaz**

Del programa educativo de: **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

*Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia*

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
Encargada de Despacho de la Dirección
Firmado Electrónicamente

D I C T A M E N

DRA. VIRIDIANA AYDEÉ LEÓN HERNÁNDEZ
DIRECTORA DE LA FCQel
P R E S E N T E

En respuesta a su amable solicitud para emitir DICTÁMEN sobre el trabajo que se menciona, me permito informarle que los abajo firmantes otorgan su voto aprobatorio y firman electrónicamente para dar validez.

VOTO	NOMBRE	FIRMA
	DR. JOSÉ LUIS PERALTA ABARCA	
	MTRA. ELIZABETH MILLAN BENITEZ	
	DRA. JESÚS DEL CARMEN PERALTA ABARCA	
	DR. MARTIN HERIBERTO CRUZ ROSALES	
	DR. MARCO ANTONIO CRUZ CHAVEZ	

VALIU/fgs

Av. Universidad 1001 Col. Chamiña, Cuernavaca Morelos, México, 62009
Tel. (777) 329-70-00 Ext. 7039/fgel@uaem.mx



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2022



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

YREIDIANA AYDEE LEÓN HERNÁNDEZ | Fecha: 2021-01-03 15:16:07 | Firmante
Cn=ayVedRiUyWFFyge4kewCVyglFdujgtoVQWwRmyD29wC7NztdRfgueUdUjpcu0GFAC2P65ctfmsCUCh2bnAhsj2qgYH3Qmca168jyD0G6Qm0GmqqPpenc06kovLD
in0kx6C0RocAsumM022ncF04wF03Sg8L18Cew6WUwMwLx28Cw0LzT628L0oGuam0w0Vuo0T+0m1ngY791ng06k0w6EUP2460pAC0bUWjLomw065Y0y0kue0e
L4MwR0wL.D0tMz7U0y02020pPn0Auvh0S0pAgyC1H0z0w0TR60+p87y0j1m080pK0g==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



06801

<https://irma.uaem.mx/oc/RepadoSUYUURYSU9YF0zYvPR0hYlYWooney>





Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

JOSE LUIS PERALTA ABARCA | Fecha:2021-05-03 17:54:56 | Firmante
 dJUN5crR9aoDZbdD0E2RqpfVWmSVZcO1p1Fh7iQAs5gc16jmeWQDF8ySQNCwecOxctoA385TiQ2ho4ZMC4CoPdMQZ6FFXQD7ve12A9HDeKUSA/mGky6npS4Sjys
 9TEdyTIDH6SkQz7BtTnIaza+jpdjHymUgDL1eqqPClMmowMYRVRGisDeQF1LF3bzZXica5SgMlktJKqKL7GhLa6SR+Q5yZ5dHraacZ1b4DmWWgluaeNDofV5pkuaenXp5r
 K4YmQu8BbgUvfwk+Ww9dCZYFozGahG05PvdgrHEIWwCduGCISLaWmKicCOkqepA==

JESUS DEL CARMEN PERALTA ABARCA | Fecha:2021-05-12 18:29:42 | Firmante
 HETOMZjDHedewk08y6SOOoAGd0k5e3uJehXDKmH11WjyKUDe9SPV6NSUYJNq1PZ2wIjVouJVCJCX5eSSg8RHUZZ63dsD9KjVWUAEUVMGRFm6mkObMFWV/jc536Q
 NXdWbVAE05T4JiQOQygdMh6Zig7LbgahGhdpFR8NDP/Cv3wU9kHBCdKaRbf1yhg45bE1nCBMH8Z1OeE7dIE+3Z22FBEjg8taUq3AFgHMYdDyCCabDiyZowen
 p5B8k1oawbAVGT4Zn2d0GvUeP59dho1RvREKxj8zWRAhLIT49HD9GZ4KQcmb4Rug==

ELIZABETH MILLAN BENITEZ | Fecha:2021-05-17 11:07:10 | Firmante
 Kb2LNUHaN+Mof1+KiwOyC9eE7LID7oxYekEDcLJDE3kaAGaZi8UHLPjqaYLEOQKv4Q3Uxa3LXNUTd4P2Y1LdWmpTkrZC6x9HBTxVraH6DO687yo42hdQ2Pe90TL3
 NQcQ9276ZdeLoleJ4LcCZT7NxF/Ra73ud3hawlQah56dEbV8B/taMEv1GZAusigKNQBLD8HLK1uVDMPhm/mDvqUq2nD9K0de5Nae6k2GTybtrogJHYCu8rfz8dJBCo8n
 ReZdpVvHfPoz3Ekd0p6FanG8nq7JLnPQWzdMUPND6KaPgDIME0qEPggYNeVQTrndg==

MARTIN HERIBERTO CRUZ ROSALES | Fecha:2021-05-05 16:41:17 | Firmante
 LHfp8we8dLrGNRzaA868PzugZ9T7VYQh+0ZZ7ab05pdQkT4WwjoYek+8yvvchIpdGWWSYX45StamjZaqY3Cobh2ZCZjK89bH0Kz3y0qXCWN1GX849QeTzOdRMVp
 jnGAb0Z5ZoaRda7+katGedBjKqKpQ54yzy+MvIbvhqZ002PQOVR6ewPhMfG6w9xQ8GH8+T3hMMAuY9p9q8B84R6C1qN6cm7R3CQW6cmhYEAulQ29mHmUTJk
 OnVYJug3ZmVkiWpkrpdQAnV8K09phXGsdpMsdJLgeP+AMQaThCmOtpADT7WQZic0A==

MARCO ANTONIO CRUZ CHAVEZ | Fecha:2021-10-24 12:38:50 | Firmante
 xy88O580rL1bH8raOZCyKw3AV2m856VdaKqZzpaLqW47ZHGdb6LBEbr2GuB0zW4YadKAcNgR18ncRWNBj7o3FYxqzA08r1CvDyHbambQ4AWq0XqJpQx1BMQq84L
 AcZDZ7SjHfpK9ge8Fdn0BGZ4axz63XYYmpRN5vVTFSPgeWQJig5AqF0mTUPozzhmKHQ2aZJE4ev2ogJvKq3HXZNY8NF1a656n+pDolm8+8vGEURgP+2HU3CaW
 6NdOpFkVshzqRbckJLdDyzaZZJJKUTULP6PtkRacqh0K50kxRD+Ym+Plz8Dg==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
 escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



stmWRGuKE

<https://firma.uaem.mx/noRepudioTjPC1MLRXW6mCDM50Nu550GCpc1ryZ/>



AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a mi asesora, una persona con gran sabiduría quien se ha esforzado para ayudarme para llegar al punto que me encuentro ahora.

Al igual este agradecimiento es a mi familia y mis colegas participantes de esta investigación directa e indirectamente ya que me brindaron todo el apoyo para realizar esta investigación.

No fue sencillo culminar este proyecto, pero gracias a cada uno que me transmitió sus conocimientos y dedicación, he logrado importantes logros como culminar el desarrollo de mi tesis con éxito y obtener una titulación.

DEDICATORIA

Este proyecto va dedica especialmente a todas las personas que me ayudaron a seguir desarrollando la tesis y que me dijeron que no me diera por vencida por terminarla, lo cual parecía imposible.

Mis padres:

En primer lugar, se la dedico a mis padres; mi padre **SERAFIN GARCIA AMIGON** que desde el cielo tenía la deuda de entregarle mi título que hoy concluyo y que gracias a él siempre ha sido mi mayor ejemplo para seguir, por todo el tiempo que estuviste conmigo, compartiéndome tus experiencias, consejos, conocimientos y por el amor tan grande que me diste cada día. Te amo papi desde el cielo; mi madre **MINERVA DIAZ YAÑEZ** gracias por estar conmigo en cada etapa de mi vida y principalmente en esta por siempre darme los ánimos para terminarla, así como el apoyo moral y entusiasmo que me brindas para seguir adelante con mis propósitos.

Mis hijos:

A mi pequeña y hermosa hija MAYA por ser siempre mi gran motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así nos depare una vida mejor

A mi pequeño y hermoso hijo MAEL que llego en el momento indicado para no rendirme y superarme aún más, y hacerme ver que esta vida es hermosa para disfrutarlo con él y su hermana.

Mis hermanas:

Mis hermanas IVONNE y MARLET que con sus palabras no me han dejado de caer para seguir adelante y siempre sea perseverante y cumpla con mis ideales, las amo hermanas.

Mis colegas de investigación:

Mis colegas que me ayudaron a cada paso de la investigación para hacerla bien y siempre compartiéndome de su conocimiento RICHIE, CESAR, MARTIN, WENDY y GABINO.

Mi asesora:

Mi asesora de tesis Dra. Jesús del Carmen Peralta Abarca que siempre estuvo apoyando para concluir esta tesis, gracias infinitas

INDICE

1	CAPITULO I “MARCO CONTEXTUAL”	11
1.1	<i>Introducción</i>	11
1.2	<i>Frenos ABS</i>	12
1.3	<i>Transmisiones</i>	13
1.4	<i>Organización de la empresa</i>	14
1.4.1	Descripción del área de aseguramiento de calidad a proveedores	15
1.5	<i>Planteamiento del problema</i>	16
1.6	<i>Definición del problema</i>	17
1.7	<i>Objetivo general</i>	17
1.8	<i>Objetivos específicos</i>	17
1.9	<i>Alcance</i>	17
2	CAPITULO II “MARCO TEORICO”	19
2.1	<i>Introducción</i>	19
2.2	<i>Historia de Seis Sigma</i>	20
2.3	<i>Metodología Seis Sigma</i>	22
2.4	<i>Proceso DMAIC</i>	25
2.4.1	Fase de Definición (Define)	25
2.4.1.1	Mapa de procesos	27
2.4.1.2	Mapa estratégico	28
2.4.1.3	SIPOC	29
2.4.1.4	CTQ	30
2.4.1.5	Voz del cliente	31
2.4.2	Fase de Medición (Measure)	32
2.4.3	Fase de Análisis (Analyze)	33
2.4.4	Fase de Mejora (Improve)	34
2.4.5	Fase de Control (Control)	35
2.5	<i>Que es un 8D</i>	36
2.6	<i>Como se hace una reclamación a proveedor</i>	37
3	CAPITULO III “METODOLOGÍA O PROPUESTA A IMPLEMENTAR”	39
3.1	<i>Etapa de definición</i>	40
3.1.1	Definir el problema	41

3.1.2	Mapa estratégico de Calidad.....	41
3.1.3	Mapeo del proceso SIPOC.....	42
3.1.4	Identificación de las CTQ's (Características críticas para la calidad).....	43
3.1.4.1	Voz del cliente (VOC).....	43
3.2	<i>Etapa de medición</i>	44
3.2.1	Tendencia de Incidentes.....	45
3.2.2	Recolección de información.....	47
3.2.3	Mapa de Proceso.....	47
3.2.3.1	Proceso de manufactura del PCB.....	47
3.2.4	Obtención de Nivel Sigma.....	55
4	CAPITULO IV “ANALISIS DE RESULTADO”	57
4.1	<i>Etapa de analizar</i>	57
	CONCLUSIONES	67
	BIBLIOGRAFIA	69

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	Cálculo de DPMO	55
Ecuación 2	Nivel Sigma de Proveedor "U"	56
Ecuación 3	Nivel Sigma de Proveedor "D"	56
Ecuación 4	Nivel Sigma de Proveedor "CP"	56
Ecuación 5	Resultado Final de la Reducción de problemas	66

INDICE DE TABLA

Tabla 1	Niveles de desempeño de Sigma	33
Tabla 2	Nivel Sigma	55
Tabla 3	Comparación de nivel sigma antes y después	56
Tabla 4	Tabla de incidentes con acciones parte 1	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Organigrama general de la empresa	14
Figura 2	Organigrama de la Gerencia de la calidad	15
Figura 3	Organigrama del área de investigación	16
Figura 4	Variabilidad de un proceso	23

Figura 5 Procesos no centrados	23
Figura 6 Proceso controlado por 6 sigma.....	24
Figura 7 Ciclo DMAIC	25
Figura 8 Etapas de la fase de definición.....	26
Figura 9 Mapa de Procesos	28
Figura 10 Pasos para definir el CTQ.....	31
Figura 11 VOC	32
Figura 12 Diagrama de reclamación	37
Figura 13 Cronograma del proyecto.....	39
Figura 14 Grafica de incidentes	41
Figura 15 Mapa Estratégico Calidad.....	42
Figura 16 SIPOC del proceso	43
Figura 17 Diagrama de VOC	44
Figura 18 Incidentes Anuales.....	45
Figura 19 Grafica de Incidentes por Proveedor	46
Figura 20 Top de Proveedores en Incidencias.....	46
Figura 21 Proceso de manufactura de PCB.....	48
Figura 22 Gráfica de Incidentes proveedor "U"	52
Figura 23 Análisis de Ishikawa proveedor "U"	52
Figura 24 Gráfica de Incidentes proveedor "D"	53
Figura 25 Análisis Ishikawa proveedor "D"	53
Figura 26 Grafica de Incidentes proveedor "CP"	54
Figura 279 Acción Correctiva "D"	59
Figura 280 Grafica de acciones correctivas "CP"	59
Figura 291 Grafica comparativa de incidente vs acción correctiva.....	60
Figura 302 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva no ok	60
Figura 313 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva no ok.....	61
Figura 324 Grafica "U" causa vs acción correctiva ok	62
Figura 335 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva ok	63
Figura 346 Grafica comparativa "D" de causa vs acción correctiva ok.....	63
Figura 35 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva ok	64
Figura 36 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva ok	65
Figura 37 Grafica de resultado final	66

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan los resultados de los beneficios obtenidos por la empresa estudiada, al aplicar la metodología Seis Sigma; se empieza explicando la historia de la metodología, así como los principios estadísticos del funcionamiento de la metodología y requerimientos para su implementación.

Dentro de las actividades de investigación desarrolladas en este trabajo, se muestra la forma en que se desarrolló la reducción de incidentes de proveedores de tarjetas de circuitos impresos (printed circuit board PCB), además de la metodología de trabajo que ayudó a incrementar la eficiencia del proceso y redujo los incidentes por proveedores, también se utilizaron métodos estadísticos que ayudaron a evitar rechazos de material no conforme, antes de que llegue al área de producción.

También se documentan los beneficios que se lograron al concluir el proyecto, la razón de la elección del tema Reducción de incidentes de proveedores de tarjetas de circuitos impresos (PCB) basado en la metodología Seis Sigma.

Las observaciones que cubre el tema, la manera en que se trata la información para resolver el problema detectado.

La estructura de la tesis constará de cuatro capítulos, los cuales serán:

- Marco contextual: donde muestra la descripción, problemática, justificación y objetivos.
- Marco teórico: se encontrará los fundamentos y los enfoques que respaldan el trabajo de esta investigación.
- Metodología: se describirá la estrategia que se obtuvieron para la solución de este proyecto.
- Análisis de resultados: es el rendimiento de los procedimientos empleados.

1 CAPITULO I “MARCO CONTEXTUAL”

1.1 *Introducción*

En este trabajo de investigación se presenta un proyecto de investigación desarrollado en una empresa, fundada en el año 1993 en la ciudad de Cuautla, Morelos.

La empresa participa en el área automotriz con el desarrollo de productos innovadores hechos en México; teniendo excelente desempeño en procesos competitivos. Todo en el marco de la mejora continua respaldado por los valores que aseguran una movilidad segura para los clientes, la corporación, los trabajadores y la comunidad.

La planta ubicada en la ciudad de Cuautla ha sido parte de una red global de plantas centrales electrónicas desde hace más de 20 años. En las plantas electrónicas globales mantienen un fuerte enfoque en los procesos de manufactura, los procedimientos del sistema de producción, la cadena de suministros y el equipo, lo que permite garantizar el rendimiento, calidad y estructura de costos.

En el mundo, la empresa tiene más de 200 plantas de manufactura, centros de investigación y pistas de pruebas. La empresa es líder en las tendencias automotrices de seguridad, información, medioambiente y aplicaciones para los vehículos.

Uno de los máximos reconocimientos para las empresas mexicanas es obtener el Distintivo ESR (Empresa Socialmente Responsable), en 2012 a nivel nacional le fue otorgado a la empresa Cuautla por tercer año consecutivo. Posicionándose como una empresa comprometida con el desarrollo del país y su gente.

De igual forma, la planta Cuautla ha sido objeto de varios reconocimientos por su labor social, como el de “Empresa Socialmente Responsable (ESR)”; "Empresa Incluyente"; "Empresa Familiarmente Responsable" y en “Industria Limpia”. Adicionalmente, tiene la certificación ISO 14001 por los esfuerzos emprendidos a

favor del medio ambiente y su participación en el programa de Industria Limpia llevando a cabo una sólida labor de reciclaje.

Recibió el reconocimiento ESR por ofrecer una variada gama de productos innovadores, que ofrecen mayor seguridad en la conducción, facilitan el ahorro de combustible siendo amigables con el medio ambiente; por generar una cadena de valor que beneficia a sus consumidores y por innovar en condiciones de equidad, ofreciendo oportunidades de desarrollo para nuevos talentos.

La empresa produce más de 60 millones de módulos ABS, más de 25 millones de módulos de bolsas de aire y más de 10 millones de módulos de transmisiones. Esto significa que los productos han sido instalados en por lo menos 100 millones de automóviles alrededor del mundo.

La planta Cuautla fabrica módulos electrónicos para sistemas de frenos ABS, para sistemas de Transmisiones (T76, L6ITA, UTCU2, DKG250), para sistemas 4x4. Sus principales clientes son: Ford, GM, Chrysler, Allison, VW, BMW, Porsche, Magna, Getrag, Allison Transmission y American Axle. Actualmente emplea mil 850 personas.

Su producción inicio con módulos para VW en México, en el año 2000 tuvo más clientes y en el año 2014 se implementaron bobinas.

Se explicará el proceso de frenos y transmisiones como se realiza en la planta.

1.2 Frenos ABS

El sistema antibloqueo de frenos (ABS, por sus siglas en inglés) es un sistema de seguridad activa que reduce la distancia de frenado al evitar que las ruedas se bloqueen y patinen.

De esta manera, el vehículo desacelera de manera óptima, permanece estable y permite al conductor mantener la dirección durante la frenada.

El objetivo de un sistema de frenos ABS es evitar el bloqueo de las ruedas y la consiguiente pérdida de control del vehículo. Esto es especialmente importante cuando se circula sobre superficies deslizantes.

Debido a la inercia, durante el frenado se corre el riesgo de que el coche siga en movimiento, aunque las ruedas estén completamente bloqueadas. Esto supone un grave peligro, ya que, si las ruedas se bloquean durante el frenado, el vehículo seguirá moviéndose sin que el conductor tenga control de la trayectoria.

El sistema de frenos ABS impide que cualquiera de las cuatro ruedas patine, lo que permite hacer un frenado de emergencia y mantener la dirección al mismo tiempo.
[1]

En el departamento de frenos ABS o bien llamada Chassis & Safety los cuales se dividen en dos procesos la cual comienza en SMD (Surface Mounted Device) significa dispositivo de montaje superficial y se refiere tanto a una forma de encapsulado con la materia prima de las tarjetas de circuitos impresos (PCB) en los cuales se integran los componentes electrónicos la cuales sirve para procesar la orden que se desea efectuar en este caso sería el del frenado, una vez terminando sigue el producto con el proceso de BE (Back End) donde se integra el software que especifica la orden y la carcasa es la que protege la tarjeta electrónica con componentes para ser enviada a clientes.

Terminando este producto se manda a cliente (VW, Nissan, BMW, entre otros) para ser montado.

1.3 Transmisiones

El Módulo de Control de Transmisión es un sistema electrónico guiado por computadoras, que se encarga de controlar los cambios, en los vehículos de transmisión automática.

Este se encarga de recibir la información emitida por componentes instalados en las cajas automáticas, ésta se encarga de procesarla con rapidez y precisión, para que el motor haga los cambios con seguridad y delicadeza.

Cuenta con un sistema de autodiagnóstico que se encarga de almacenar un código de diagnósticos, con el fin identificar las áreas donde, eventualmente, ocurran problemas en las transmisiones. [1]

En el área de Transmisiones conocida como Powertraint al igual que en la otra unidad de negocios ya explicada se realiza el mismo proceso antes mencionado, solo cambia el software ya que este es para el control de las transmisiones automáticas de los vehículos.

Los clientes principales para esta unidad de negocio de Transmisiones son Ford, BMW, Eaton, GM, entre otros.

Estas dos unidades de negocio requieren de áreas de soporte como Calidad, Recursos Humanos, Logística e Ingeniería Industrial.

1.4 Organización de la empresa

La empresa tiene una forma de organizarse de tipo lineal descendente que se muestra en la figura 1.

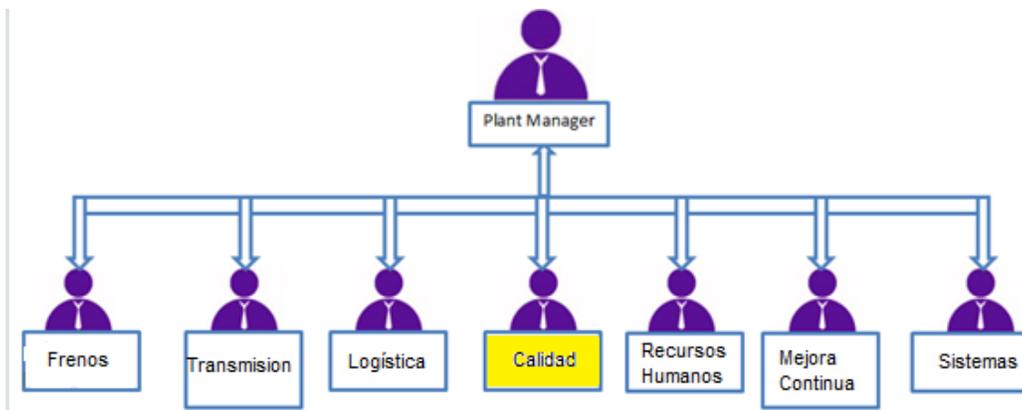


Figura 1 Organigrama general de la empresa

El departamento de Calidad es donde se presentó el problema de calidad a resolver.

El departamento de aseguramiento de calidad a proveedores es el encargado de revisar los defectos de las tarjetas de circuitos impresos, la figura 2 muestra el organigrama funcional del área de calidad.

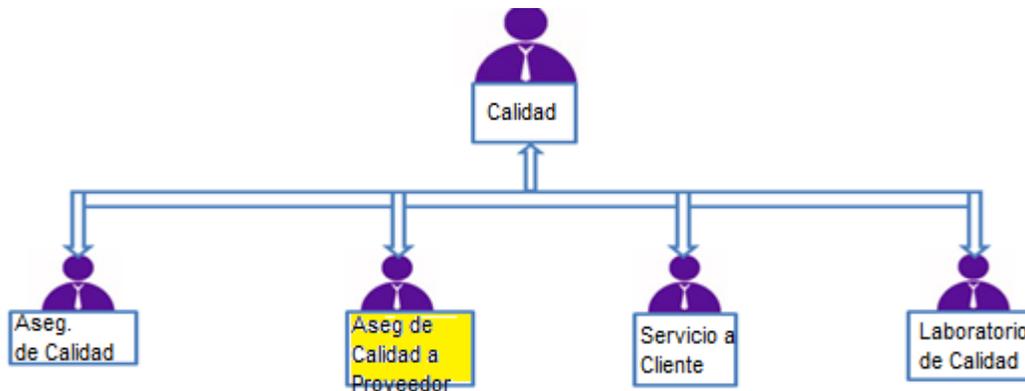


Figura 2 Organigrama de la Gerencia de la calidad

1.4.1 Descripción del área de aseguramiento de calidad a proveedores

Aseguramiento de calidad a proveedores, esta área está dividida en:

- Ingeniero SQM de Introducción de componentes se encargan de revisar los materiales no existentes en planta para ser utilizados en nuevos proyectos, basándose en la norma VDA() e ISO IATF 16949 asegurándose que el proveedor o nuevos proveedores cumplan con todos los requerimientos de esta norma realizando el PPAP() asegurando el proceso y demostrando que el proveedor ha desarrollado su proceso de diseño y producción, satisfaciendo las necesidades del cliente, así como minimizando el riesgo de incumplimiento y fallas al producto para poder ser usado en producción serial.
- Ingeniero SQM de Producción Serial son los que atiende las alertas de calidad en líneas de producción relacionado a materia prima del proveedor (PCB, Químicos, etc.), así como trabaja la causa raíz del defecto encontrado de material del proveedor y buscan las acciones correctivas para evitar que vuelva a ocurrir el

mismo incidente, coordinan sorteos de material que ya se encuentra en planta para evitar paros de líneas o escapes de defectos del material en producción o en clientes, también dan soporte al área de servicio al cliente final por algún escape que se haya llegado a pasar en producción.

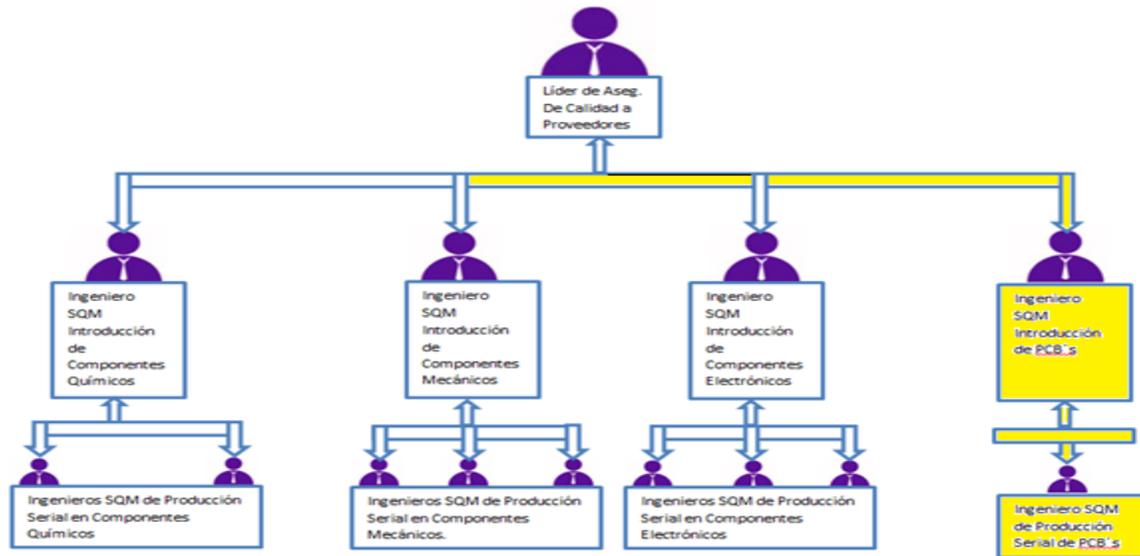


Figura 3 Organigrama del área de investigación

1.5 Planteamiento del problema

En el año 2016 la empresa empezó a tener problemas con los PCB por defectos de proveedores. Una problemática crucial para la empresa es que en el año 2016 no cumplió con sus objetivos. En el año 2017, las tarjetas de circuitos impresos (PCB) fueron los componentes con un alto promedio de defectos de calidad (denominado incidentes en este trabajo), debido a varios defectos generados desde la entrega de lotes de los proveedores.

1.6 Definición del problema

El problema que afecta la calidad de los PCB es generado por los defectos de la materia prima (Contaminación, corto y open vía) que se recibe por proveedores externos mismos que afectan la funcionalidad del producto.

Este proyecto busca eliminar estos defectos, el aumento de la calidad de la materia prima, la reducción del material de Scrap.

1.7 Objetivo general

Disminuir al menos un 65% de Incidentes en los proveedores de PCB's en comparación con los incidentes del 2017 en la unidad de negocios con base en la metodología Seis Sigma en la empresa Mexicana Cuautla.

1.8 Objetivos específicos

- Identificar los incidentes de cada uno de los proveedores de PCB's.
- Identificar los incidentes más recurrentes para desarrollar una metodología de solución al proveedor con mayor incidencia.
- Analizar las causas -raíz y sus acciones correctivas de cada defecto por proveedor.

1.9 Alcance

Gran parte de la información presentada en esta tesis tiene fundamentos de estadística; los datos estadísticos están presentados y solucionados en algunos

programas computacionales para Seis Sigma. En esta tesis no se muestra el uso de estos paquetes (Minitab, Excel) o la realización de las ecuaciones estadísticas o aritméticas, únicamente la manera en que se utilizó la herramienta para encontrar alguna solución al problema planteado.

Se reducirá los incidentes de PCB's en base a los tres proveedores, que son U, CP y D. Esto en un período de 6 meses, de febrero a julio de 2018. Que se utilizan en todas las líneas de producción de la empresa Automotriz.

2 CAPITULO II “MARCO TEORICO”

2.1 *Introducción*

6 σ (Seis Sigma) surgió en la industria en 1979 para mejorar la calidad en los procesos de manufactura y alcanzar un nivel de tan solo 3.4 defectos por millón de unidades producidas. Comprende todo un sistema donde se da importancia al establecimiento de metas acordes con los requisitos del cliente, la medición estadística de los resultados, la reingeniería, el trabajo en equipo y la mejora continua.

En 1981 Bob Gavin director de Motorola, estableció el objetivo de mejorar 10 veces el desempeño en un periodo de 5 años y en 1985 Bill Smith en Motorola concluyo que, si un producto se reparaba durante la producción, otros defectos quedarían escondidos y saldrían con el uso del cliente. Adicionalmente si un producto se ensambla libre de errores, no fallaba en el campo.

En 1987 Motorola inicio con la aplicación de Seis Sigma seguida de las compañías Allied Signal y General Electric que dieron fuerte y renovado impulso a la metodología Seis Sigma. En 1988 Motorola gano el premio Malcolm Balgride, y las empresas se interesaron en analizarla. Mikel Harry desarrolla la estrategia de cambio hacia Seis Sigma, sale de Motorola e inicia el “Six Sigma Research Institute” con la participación de IBT, IT, Asea y Kodak. La metodología se expandió a Allied Signal, ASEA, GE, Sony, Texas Instruments, Bonbardier, Lockheed Martin, ABB, Polaroid y otras.

En la actualidad algunas empresas utilizan la metodología con muy buenos resultados. La consideración inicial es desarrollar proyectos para mejorar procesos y lograr ahorros sustanciales al final de la línea de producción. [2]

2.2 *Historia de Seis Sigma*

La historia de Seis Sigma se inicia en Motorola cuando el ingeniero Mikel Harry comienza a influenciar a la organización para que se estudie la variación en los procesos (enfocados en los conceptos de Deming), como una manera de mejorar los mismos. Estas variaciones son las que estadísticamente se conoce como desviación estándar (alrededor de la media), la cual se representa por la letra griega sigma (σ).

Esta iniciativa se convirtió en el punto focal del esfuerzo para mejorar la calidad en Motorola, capturando la atención del entonces CEP de Motorola, Bob Galvin. Con su apoyo, se hizo énfasis no solo en el análisis de la variación sino también en la mejora continua, estableciendo como meta obtener 3.4 defectos (por millón de oportunidades) en los procesos; algo casi cercano a la perfección.

Esta filosofía se inicia en los años 80's como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, introducida por Motorola, la cual ha sido ampliamente difundida y adoptada por otras empresas de clase mundial, tales como: General Electric, Allied Signal, Sony, Polaroid, Dow Chemical, FedEx, Dupont, NASA, Lockheed, Bombardier, Toshiba, Johnson & Amp; Johnson, Ford, ABB, Black & Amp; Decker, etc. [3].

Esta iniciativa llegó a oídos de Lawrence Bossidy, quien en 1991 y luego de una exitosa carrera en General Electric, toma las riendas de Allied Signal para transformarla de una empresa con problemas en una máquina exitosa. Durante la implantación de Seis Sigma en los años 90's (con el empuje de Bossidy), Allied Signal multiplicó sus ventas y sus ganancias de manera dramática. Este ejemplo fue seguido por Texas Instruments, logrando el mismo éxito. Durante el verano de 1995 el CEO de GE, Jack Welch, se enteró del éxito de esta nueva estrategia de boca del mismo Lawrence Bossidy, dando lugar a la mayor transformación iniciada en esta enorme organización.

El empuje y respaldo de Jack Welch transformaron a GE en una “organización 6 σ ”, con resultados impactantes en todas sus divisiones. Por ejemplo: GE Medical Systems recientemente introdujo al mercado un nuevo escáner para diagnóstico (con un valor de 1.25 millones de dólares) desarrollado enteramente bajo los principios de Seis Sigma y con un tiempo de escaneo de solo 17 segundos (lo normal eran 180 segundos). En otra de las divisiones: GE Plastics, se mejoró dramáticamente uno de los procesos para incrementar la producción en casi 500 mil toneladas, logrando no solo un beneficio mayor, sino obteniendo también el contrato para la fabricación de las cubiertas de la nueva computadora iMac de Apple.

Su aplicación requiere del uso intensivo de herramientas y metodologías estadísticas, en su mayoría para eliminar la variabilidad de los procesos y producir los resultados esperados, con el mínimo posible de defectos, bajos costos y máxima satisfacción del cliente. Esto contrasta con la forma tradicional de asegurar la calidad, al inspeccionar post-mortem y tratar de corregir los defectos, una vez producidos.

Un proceso con una curva de capacidad afinada para 6 σ , es capaz de producir con un mínimo de hasta 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), lo que equivale a un nivel de calidad del 99.9997%.

Este nivel de calidad se aproxima al ideal del cero-defectos y puede ser aplicado no solo a procesos industriales de manufactura, sino también en procesos transaccionales y comerciales de cualquier tipo, como, por ejemplo; en servicios financieros, logísticos, mercantiles, tecnología, etc.

Quizá la contribución más importante para el auge y desarrollo actual de 6 σ , haya sido el interés y esfuerzo dedicado para su implantación en todo General Electric (G.E.) desde sus divisiones financieras, hasta sus divisiones de equipos médicos y de manufactura. La fuerza impulsadora de apuntalo y apoyo esta iniciativa: Jack Welch, CEO de G.E. “Miren, Solamente tengo tres cosas que hacer: tengo que seleccionar a las personas correctas, asignar la cantidad adecuada de dólares y

transmitir ideas de una división a otra a la velocidad de la luz. Así que realmente estoy en el negocio de promover y transmitir ideas”. [4]

2.3 Metodología Seis Sigma

En la actualidad la visión de algunas empresas se ha convertido en ser fabricantes de clase mundial, produciendo productos en clase mundial. Lo que las ha llevado a una tendencia a mejorar sus procesos de manufactura y servicio; logrando con esto incrementar su rentabilidad del negocio.

La calidad puede y deber ser cuantificable; con base en esa, 6σ ofrece una ventaja competitiva para toda aquella empresa que la posee o pretende incorporarse en esta cultura de la calidad. Donde la calidad se debe medir y controlar los factores de un proceso, si no se mide, el proceso estará sujeto a la variabilidad de los factores. [5]

6σ es una metodología en la cual se basa en alcanzar el bajo costo de la calidad en los procesos, esto es, bien y a la primera evitando gastos que los ajusten y los corrijan, por lo anterior 6σ es considerada como una metodología sistemática y que, con la ayuda de la estadística, tomada como una herramienta confiable; sea determinante para alcanzar objetivos a corto o a largo plazo.

Tiene alcance en cualquier proceso donde una falla o defecto puede suceder, es decir, en toda la Cadena de Suministro de una organización.

Actualmente las desviaciones para que el desempeño de un proceso sea aceptable debe estar en el rango de 3σ la cantidad de defectos hará que el proceso sea cuestionado por defectos encontrados en el producto terminado, (Fig.4) es decir, el proceso debe estar en control, tener capacidad y estar centrado.

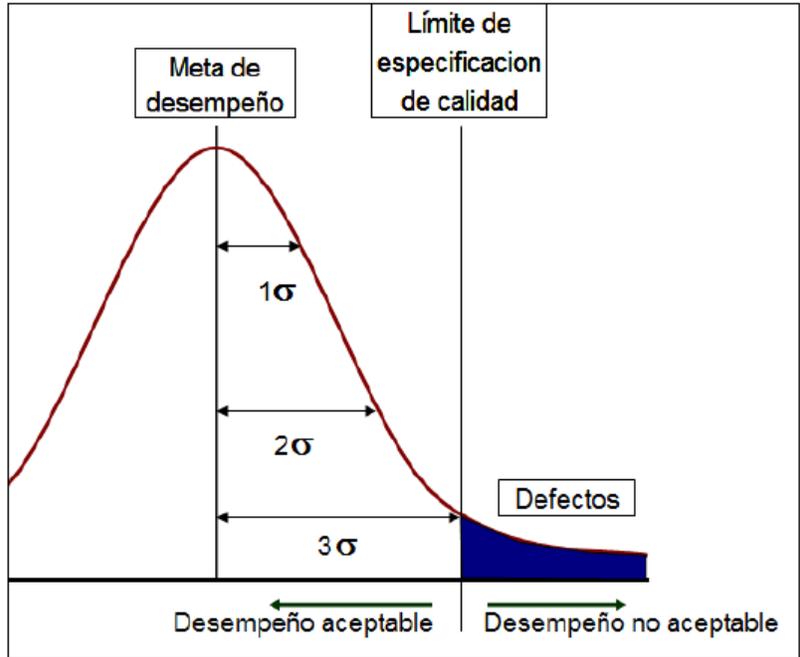


Figura 4 Variabilidad de un proceso

Al realizar un muestreo representativo de un universo normal, se puede llegar a determinar que hay una gran variedad de defectos ocasionados por una o varias fallas de un proceso, las cuales desplazan la media definida entre los LIE (Límite Inferior Especificado) y el LSE (Limite Superior Especificado). Aun cuando la cantidad de defectos de la muestra pueden ser mínimos, pero frecuentes, provocan un desplazamiento de la media definida para un proceso controlado. (Fig.5)

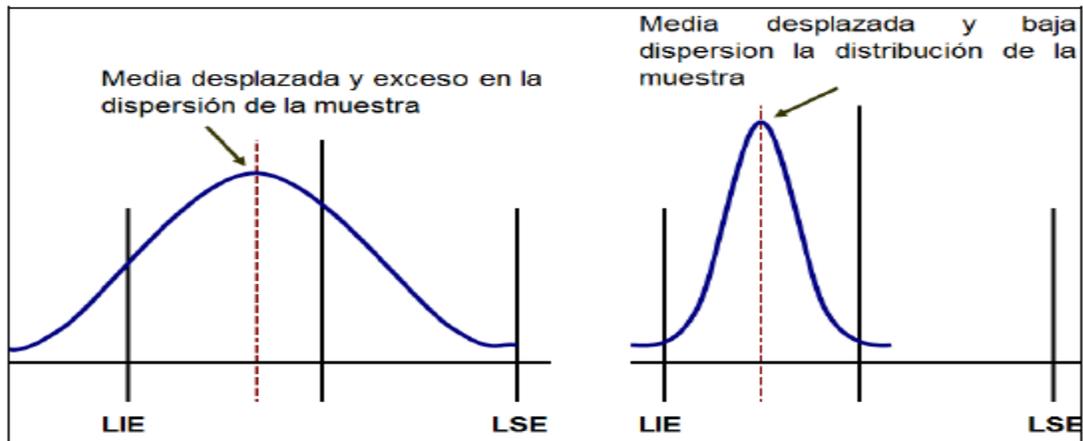


Figura 5 Procesos no centrados

La metodología 6- σ lleva a la mejora continua de los procesos disminuyendo la probabilidad de defectos, errores o fallas en los procesos de manufactura o servicios, según donde se aplique, la tendencia es tener un proceso controlado con una desviación estándar de 6- σ equivalente a 3.4 PPMO (Partes Por Millón de Oportunidades). Esto es, a menor número de defectos, mayor es el nivel Sigma. [6] (Fig.6)

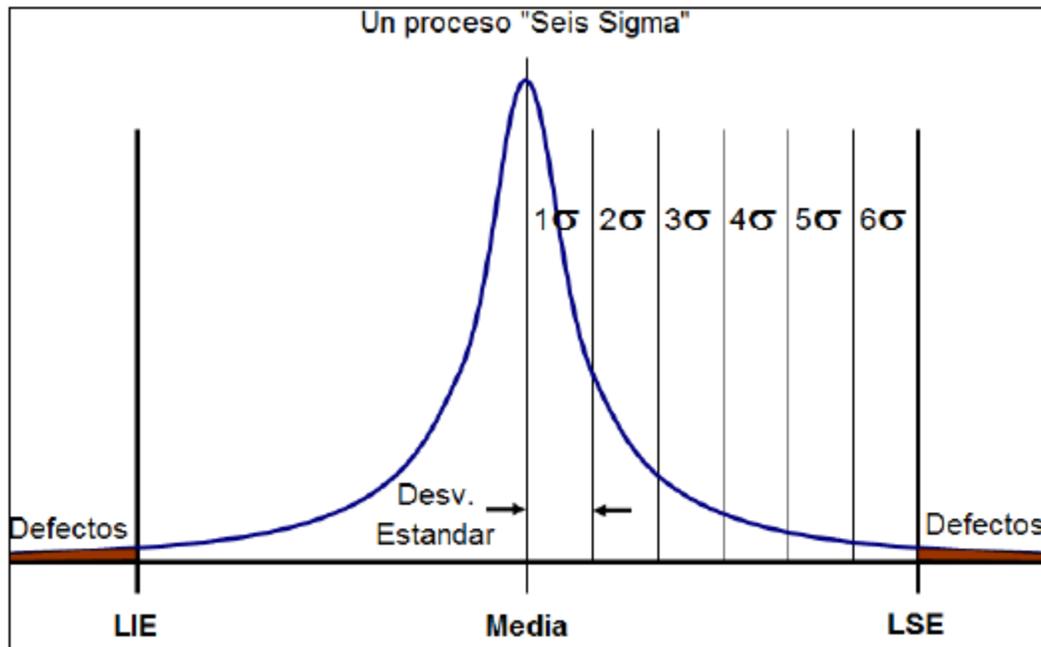


Figura 6 Proceso controlado por 6 sigma

Al lograr implementar la metodología 6- σ dentro de una organización se proporcionará:

- Incrementar la rentabilidad del negocio
- Mayor protección al patrimonio de los accionistas
- Reducción de costos en todos los procesos de la organización
- Tener una cadena de suministro más eficiente
- Enfrentar metas estratégicas obteniendo resultados de éxito

- Crear una cultura de mejora continua en todos los procesos que se traduzca en la satisfacción de las necesidades de los clientes y consumidores de los productos y servicios que se ofrezcan
- Ser líder en el ramo industrial al que se pertenezca

2.4 Proceso DMAIC

En la metodología seis sigma se ha desarrollado una herramienta para resolver los problemas de la variabilidad de proceso de una manera ordenada siguiendo unos pasos que explicara a continuación, es llamado DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) siendo un vocablo formado por las iniciales de las palabras en inglés de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

Siendo esta una herramienta que en cada uno de sus pasos se enfoca a la disminución de la probabilidad de los errores de un proceso. (Fig.7) Es importante recalcar que las fases del modelo DMAIC en realidad no se presentan en secuencia lineal. [7]



Figura 7 Ciclo DMAIC

2.4.1 Fase de Definición (Define)

Definir es la primera fase del modelo DMAIC. El propósito de la Fase de Definición es refinar aún más la comprensión del problema por el equipo del Proyecto 6- σ

enfocado al Consumidor. En esta fase, el equipo del proyecto definirá lo que se necesita para tener un proyecto 6- σ exitoso, esto incluye:

- Identificación de los clientes
- Identificación de las necesidades de los clientes. También llamadas CTQ's (Critical to Quality por sus siglas en ingles).
- Metas del proyecto
- Alcance del proyecto

La fase de definición comienza con el desarrollo de una declaración del Problema de Alto Nivel. El equipo del proyecto utilizara la fase de Definición para organizarse, determinar funciones y responsabilidades, establecer objetivos y metas inmediatas y repasar los pasos del proceso. La conclusión de la fase de definición es la terminación de la Asignación de Proyecto.

Las etapas de la fase de definición se muestran en el siguiente diagrama de flujo. (Fig.8)

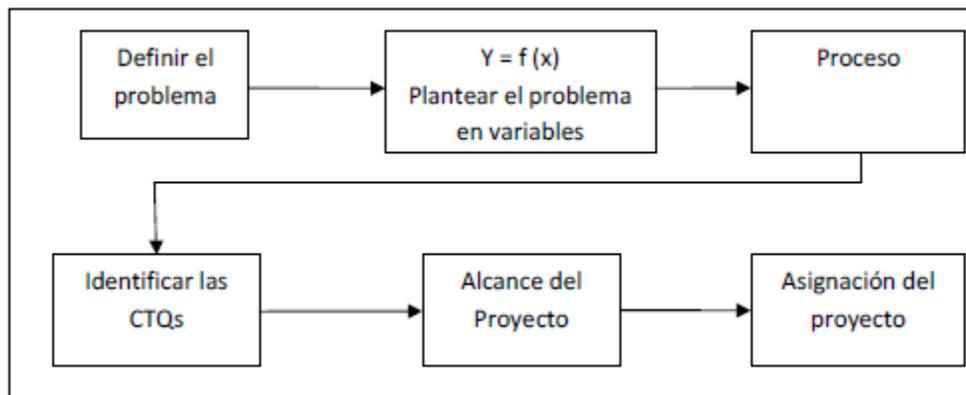


Figura 8 Etapas de la fase de definición

Es sumamente importante definir el problema desde un inicio, posteriormente plantear el problema a resolver en forma detallada y concreta. Es conveniente representar el proceso de manera gráfica para así poder comprender como es actual y posteriormente replantearlo en forma más eficiente. El equipo del proyecto debe ser capaz de identificar los requisitos críticos para la calidad (CTQs) y cuáles de ellas son más importantes para el cliente, ya sea de un producto o servicio. Las

CTQs deben de ser medibles para determinar el nivel de desempeño. El alcance del proyecto limita el rango de variables o factores que se van a medir y analizar.

Lo más importante es que el problema quede dentro del área de control del equipo. La asignación del proyecto se refiere a los documentos y registros que se deben de llevar a cabo sobre el proyecto. [8]

2.4.1.1 Mapa de procesos

El mapa de procesos recoge la interrelación de todos los procesos que realiza una organización. Existen diversas formas de hacer un mapa de procesos.

Un proceso es el conjunto de actividades y recursos interrelacionados que transforman los elementos de entrada en elementos de salida aportando valor para el usuario. Por ejemplo: un proceso productivo, es aquel en que se transforman los insumos y bienes intermedios en un bien final que contiene más valor que la suma de sus componentes porque se le ha añadido valor.

Es importante no confundir procesos con procedimientos. Los procesos tienen como propósito ofrecer al cliente o usuario un servicio que cubra sus necesidades y satisfaga sus expectativas. Un procedimiento es la forma específica de realizar un proceso o una parte de este.

Además, el mapa de procesos permite contar con una perspectiva global-local, ubicando cada proceso en el marco de la cadena de valor. Simultáneamente relaciona el propósito de la organización con los procesos que lo gestionan, de modo que sirve también como herramienta de aprendizaje para los trabajadores. [9]

MAPA DE PROCESOS GENERAL



Figura 9 Mapa de Procesos

2.4.1.2 Mapa estratégico

Un mapa estratégico es una completa representación visual de la estrategia de una organización, describe el proceso de creación de valor mediante una serie de relaciones de causa y efecto entre los objetivos de las cuatro perspectivas: financiera, del cliente, de los procesos, y, por último, de aprendizaje y crecimiento.

Usando un mapa estratégico, cada empleado puede conocer la estrategia organizacional y cuál es su lugar dentro de ella. Adicionalmente, el mapa estratégico ayuda a mantener a todos en la misma página y permite a las personas ver cómo sus trabajos impactan los objetivos estratégicos de la empresa.

Estos son algunos de los beneficios de tener un mapa estratégico dentro de su compañía:

- Al crear un mapa estratégico con sus objetivos estratégicos, en donde se incluyan y se relacionen las cuatro perspectivas que mencionamos anteriormente, usted tiene la posibilidad de involucrar al equipo ejecutivo

dentro de toda la estrategia, a la vez que les da mayor claridad y compromiso con toda la ejecución.

- Podrá usarla como una herramienta de comunicación poderosa para que sus empleados conozcan toda la estrategia y puedan traducirla en acciones concretas que aporten al éxito de la organización.
- Un mapa estratégico puede darle una estructura clara para todas las reuniones de análisis estratégico; los cargos gerenciales podrán identificar rápidamente cuáles aspectos de la estrategia están siendo desarrollados con éxito y cuáles deben ser optimizados.
- Gracias a que puede conocer relaciones concretas de causa y efecto, con un mapa estratégico podrá comprobar la validez de las hipótesis en las que está basando toda su planeación estratégica. [10]

2.4.1.3 SIPOC

El Diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier – Inputs- Process- Outputs – Customers, es la representación gráfica de un proceso de gestión. Esta herramienta permite visualizar el proceso de manera sencilla, identificando a las partes implicadas en el mismo:

- **Proveedor** (supplier): persona que aporta recursos al proceso
- **Recursos** (inputs): todo lo que se requiere para llevar a cabo el proceso. Se considera recursos a la información, materiales e incluso, personas.
- **Proceso** (process): conjunto de actividades que transforman las entradas en salidas, dándoles un valor añadido.
- **Cliente** (customer): la persona que recibe el resultado del proceso. El objetivo es obtener la satisfacción de este cliente. [11]

2.4.1.4 CTQ

Un CTQ en cualquier producto, proceso o servicio es aquella característica que satisface un requerimiento clave para el cliente o el proceso.

Los atributos más importantes de un CTQ es que vienen trasladados directamente de la voz del cliente (VOC, de las siglas en ingles de Voice Of Customer) y esto nos da un panorama completo de las necesidades del cliente.

Si tuviéramos que expresar un CTQ de forma matemática seria de esta manera:

$$Y=F(x)$$

Dónde:

Y = CTQ del cliente o la cosa que necesitamos mejorar utilizando Lean Six Sigma.

$F(x)$ = El proceso o procesos internos que afectan directamente el CTQ del cliente.

La expresión la leeríamos como Y , o el CTQ del cliente está en función de x o los procesos internos. Visto de otra manera, lo que nuestro cliente experimenta es consecuencia de nuestros procesos internos. Una vez que conocemos lo que nuestro cliente (interno o externo) desea, tendremos un mejor entendimiento de lo que necesita ser mejorado en nuestros procesos, políticas, productos o servicios.

Una vez que establecemos los CTQ del cliente, aprenderemos en las siguientes fases del proyecto Lean Six Sigma como ligar estos CTQ con los procesos internos que necesitan mejorar. [12]

En la figura 10 de abajo podrás observa tres pasos que nos ayudan a definir los CTQs del cliente:

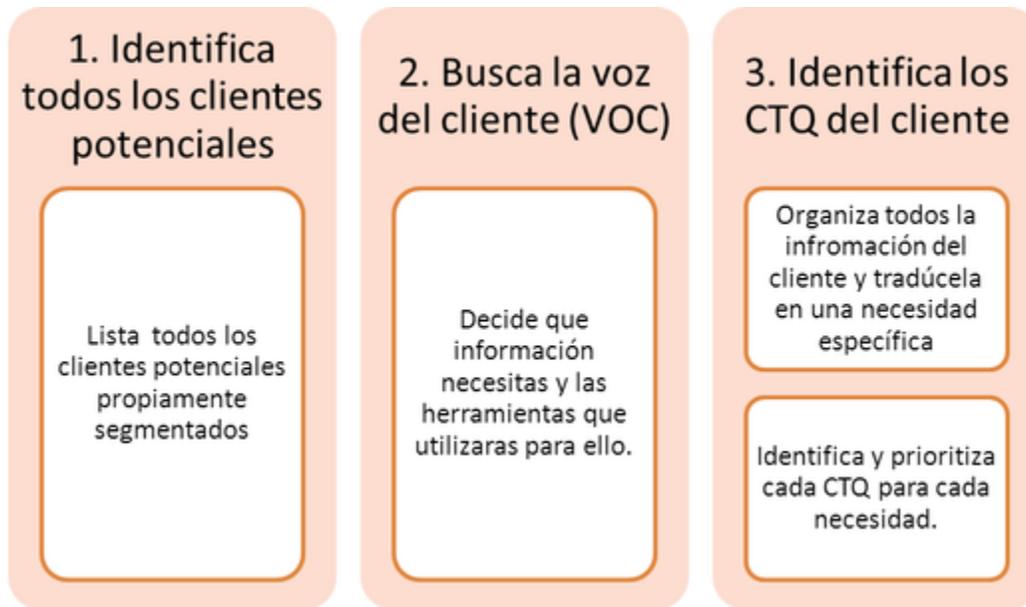


Figura 10 Pasos para definir el CTQ

2.4.1.5 Voz del cliente

El término Voz del Cliente (VOC) se utiliza para describir las necesidades, expectativas, y/o percepciones del cliente con relación a los productos o servicios provistos por la compañía.

La Voz del Clientes es...

- ✓ Lo que el cliente quiere (Wants)
- ✓ Lo que el cliente necesita (Needs)
- ✓ Lo que el cliente demanda (Demands)
- ✓ Lo que el cliente requiere (Requirements)
- ✓ Lo que el cliente desea (Wishes)
- ✓ Lo que excita al cliente (Delighters)
- ✓ Lo que el cliente espera (Expectations)
- ✓ Las características críticas para la satisfacción del cliente (CTS)

Necesitamos descubrir cuáles son las cosas que hacen que el cliente compre de nosotros, aquello que más le gusta y lo que no le gusta, en otras palabras, ... ¡LA VOZ DEL CLIENTE!

Cerrando la brecha entre su Necesidad y lo que Hacemos. [13]

¿Qué tenemos que hacer para identificar ese espacio?

- ✓ Escuchar a la voz del cliente

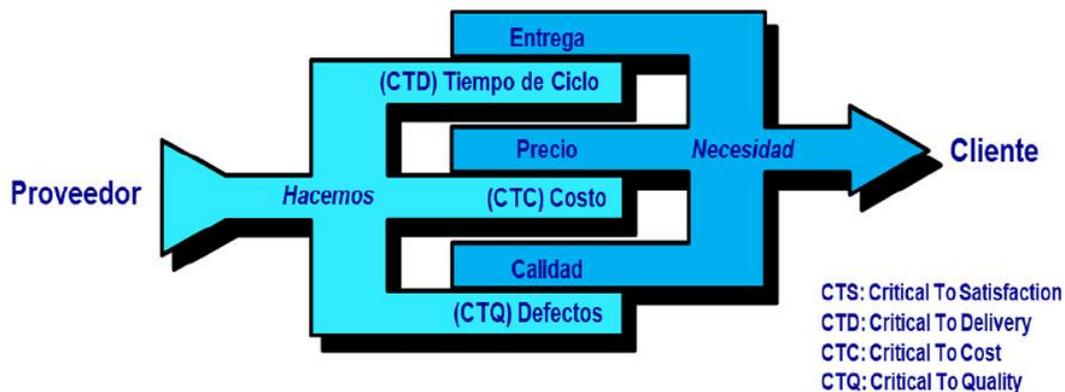


Figura 11 VOC

2.4.2 Fase de Medición (Measure).

El propósito de la fase de medición es establecer los procedimientos de medición y relacionar las mediciones a los requerimientos del cliente estableciendo el desempeño del proceso.

Es importante determinar que se va a medir. En un proceso habrá de determinarse las entradas y salidas a medir de tal forma que dichas mediciones permitan cumplir con los requerimientos críticos de los clientes.

Para el manejo de la medición, se debe establecer los criterios específicos para las mediciones, indicar la metodología que sea empleada para obtener el valor de la

característica que se desea medir, desarrollar un plan de medición, recopilar datos y por último desplegar y evaluar la información.

Para entender la variación, siempre habrá diferencias entre dos o más elementos obtenidos de un mismo proceso, las variaciones pueden ser reales del proceso o por variación de la medición. Las fuentes de variación proporcionan las oportunidades para mejorar la situación descrita en la Declaración del Problema.

La fase de Medición también proporciona una estructura para monitorear el proceso después de que se haya hecho las mejoras. Determinar el desempeño de Sigma será la consistencia de nuestro proceso para cumplir con las necesidades de nuestro cliente con base al DPMO (Defecto Por Millón de Oportunidades). [14]

Tabla 1 Niveles de desempeño de Sigma

Nivel Sigma (σ)	Defecto por millón de oportunidades (DPMO)
1	
2	690000
3	308537
4	6210
5	233
6	3.4

2.4.3 Fase de Análisis (Analyze)

La fase de análisis permite al equipo del proyecto enfocarse en las oportunidades de mejora al observar más de cerca los datos obtenidos en la fase de medición. El objetivo de la fase de Análisis es estratificar y analizar la oportunidad para identificar el problema específico y definir una declaración del problema que sea fácilmente

entendida. Identificando y validando las causas raíz asegurando la eliminación de las causas raíz “reales”.

Generar ideas de mejora es una de las actividades primordiales en la fase de análisis, ello permite realizar un ejercicio colectivo en el cual se planteen ideas que aporten a la mejora del proceso (uso de las mejoras prácticas, lluvia de ideas, ideas provenientes de otros proyectos, etc.). Es importante evaluar y seleccionar las soluciones de mayor impacto que ofrezcan mayor beneficio al cliente y/o negocio.

En esta etapa, el uso de herramientas graficas adecuadas es muy útil y se aplican a los datos recolectados durante la fase de Medición. Una vez que se conoce el valor básico de Sigma, el equipo de proyecto seleccionara las herramientas graficas adecuadas y las aplicara a los datos recolectados durante la fase de Medición algunas de las herramientas estadísticas a utilizar son los diagramas de Pareto, histogramas, diagramas de dispersión entre otras.

La fase de análisis termina una vez que el equipo de proyecto es capaz de identificar fuentes de variación que pueden ser la base para la acción en la fase de Mejoramiento

2.4.4 Fase de Mejora (Improve)

El propósito de la Fase de Mejora es permitir al Equipo de Proyecto desarrollar, aplicar y evaluar las alternativas de Mejora que logran el nivel de desempeño deseado según lo definido por las CTQ's.

La fase de mejora comienza con actividades de generación de ideas para generar Alternativas de Mejora.

El equipo del proyecto prueba la solución propuesta utilizando un Piloto y evalúa la mejora.

Una vez que el equipo de proyecto selecciona la mejor alternativa, creara un nuevo mapa del proceso para ilustrar el nuevo flujo del proceso, y entonces realizara un

AMEF (Análisis de modo de fallas y efectos) y un Análisis de Costo/Beneficios para asegurar que la posible mejora es viable y costeable.

La fase de mejora utiliza herramientas para la generación de ideas, experimentación, creación de pilotos, procesos de validación, mapas de procesos.

La fase de Mejora concluye cuando el equipo de proyecto realiza un segundo análisis de capacidad para el nuevo proceso y demuestra mejoras validadas.

2.4.5 Fase de Control (Control)

La quinta fase es la fase de Control. El propósito de la fase de control es institucionalizar las mejoras al producto/proceso y monitorear el desempeño continuo a fin de mantener las ganancias logradas en la fase de Mejoramiento. Muchas de las herramientas utilizadas son Control de Proceso en la Estación, prueba de error y fábrica visual, todas ellas están integradas en la fase de Control. Dicha fase es un medio para sostener la mejora ya sea eliminando la oportunidad de defectos o monitoreando el desempeño del proceso utilizando un sistema de retroalimentación. El equipo del proyecto desarrollara una estrategia de control basada en las primeras cuatro fases de la metodología; un plan de control que incorpore cambios en el proceso de manera oportuna; y un procedimiento estándar de procedimientos actualizados y un plan de entrenamiento para documentar los cambios y mejoras.

La fase de control concluye con procedimientos y capacitación para asegurar la implementación de los métodos revisados. Una vez que esta fase concluye, el equipo de trabajo devolverá el proceso al equipo de operación del proceso estudiado.

En la actualidad, 6- σ es una de las diversas metodologías que existen en el entorno de la Calidad. 6- σ no solamente puede ser aplicado a procesos industriales sino también a procesos transaccionales y comerciales.

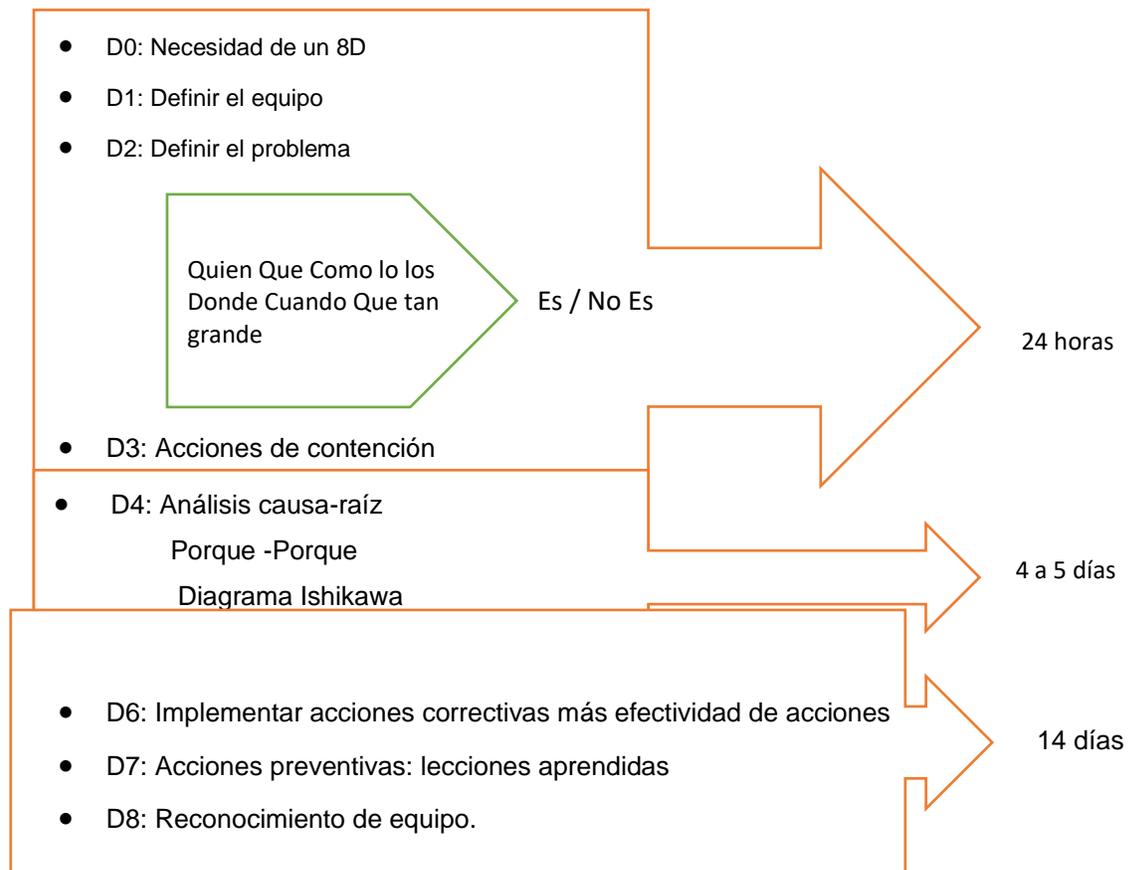
Sin la estadística no se podría comprender ni aplicar la metodología 6- σ . En el ámbito de la Calidad hay una premisa que dice “lo que no se puede medir, no se

puede controlar”, ello quiere decir que cualquier proceso que no se mide, estará siempre a la variabilidad de los factores. Estadísticamente 6- σ está basado en la desviación estándar, un proceso estudiado por 6- σ debe de estar centrado, bajo control y tener capacidad. Los proyectos 6- σ más exitosos son aquellos que garantizan la rentabilidad de una organización, el valor de los accionistas y reducción de costos entre otros. [15]

2.5 Que es un 8D

8D es una metodología de resolución de problemas multidisciplinaria. Se utiliza para hacer frente y resolver algunos de los problemas que se dan con más esmero en las empresas. 8D propone ocho pasos secuenciales que deberemos seguir para resolver con éxito cualquier tipo de problema.

Está definida como 8 Disciplinas/ Pasos



2.6 Como se hace una reclamación a proveedor

Se explica con un diagrama el proceso que se debe realizar una reclamación a proveedor debido alguna falla de las tarjetas de circuitos impresos en la figura 12.

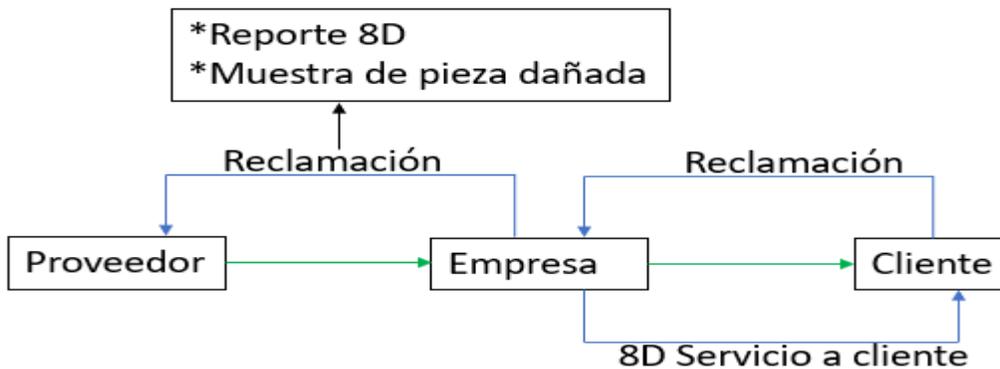


Figura 12 Diagrama de reclamación

Existen tres tipos de reclamación o QN (Notification Quality)

- Inspección/ alerta: Materia que no ha llegado en línea
- Producción: Se clasifica como Q4 reclamo de material defectuoso encontrado o detectado por producción.
- Cliente: Se clasifica como Q5 de las cuales se dividen en dos y es cuando llega al cliente.

*Okm: Se detecta con el cliente directo

*Campo: Se detecta al cliente final

La información fluye de la siguiente manera:

- Se detecta que hay una reclamación formal (QN)

- Si llega a cliente nos hace la reclamación y se tiene que enviar un 8D
- Una vez teniendo la reclamación o alerta se hace una reclamación al proveedor y ellos tienen que mandar su Reporte 8D

Este tipo de reclamación que se pide a proveedor y nos pide el cliente es para que exista un método para detectar la causa raíz de dicho problema y dar una acción correctiva para evitar que vuelva a pasar.

3 CAPITULO III “METODOLOGÍA O PROPUESTA A IMPLEMENTAR”

Este proyecto está basado con una problemática crucial para la empresa ya que en el año pasado no cumplió con sus objetivos en reclamación de cliente por material de proveedor. Sin duda existen muchos factores por el cual ese objetivo no se cumplió, pero para la aplicación de la técnica Seis Sigma es necesario mantener el enfoque en problemas sencillos y simplificados por lo que se decidió analizar únicamente al departamento de Calidad en las tarjetas de circuitos impresos. Revisando los tipos de reclamación que se tuvieron y analizando los reportes 8D.

El proyecto se concentrará en el análisis de las variables del proceso de las tarjetas de circuitos impresos que intervienen directamente en la calidad del producto al cliente. Los principales puntos para estudiar serán las mayores incidencias de reclamaciones a proveedores, causa- raíz de las reclamaciones y acciones correctivas efectivas.

Para una buena coordinación de las etapas del proyecto, dentro de la planeación de actividades se desarrolló un cronograma el cual se presenta en la Fig.13

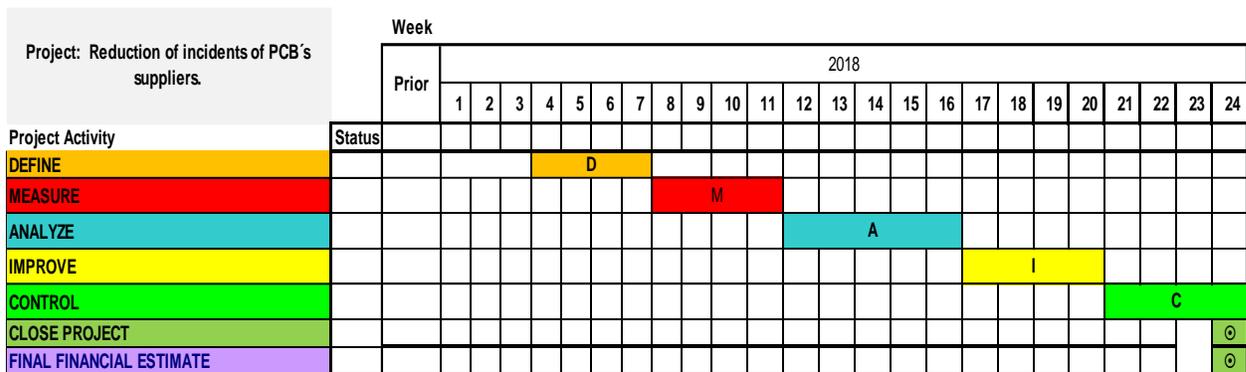


Figura 13 Cronograma del proyecto

3.1 Etapa de definición

En esta primera etapa se presenta el mapeo de procesos como herramienta indispensable para definir oportunidades de mejora, a través de precisar claramente todas aquellas actividades que se desarrollan en la empresa con el fin de mejorarlas, eliminarlas, o cambiarlas, lo cual se traducirá en un beneficio tangible.

Dentro de la etapa de definición existen pasos concretos que permiten delimitar la problemática y que serán desarrollados en este capítulo.

- Definir el problema: En este paso se obtiene una definición preliminar de la problemática concreta a enfocarse, con la salvedad de que al final del análisis se tendrá una definición exacta de la problemática.
- Mapa estratégico de Calidad: ayuda a evaluar y presentar el impacto financiero de tomar una u otra decisión
- Mapeo del Proceso: Aquí se plantea el mapeo del proceso mediante una herramienta llamada SIPOC donde se identifica las entradas y salidas del proceso, así como también se identifica al cliente del proceso.
- Identificar las CTQ's: En este paso se hace referencia a los criterios que el proceso debe cumplir que son críticos para la calidad en función de las necesidades del cliente (Critical to Quality).
- Alcance del proyecto: Una vez definido el proceso y las características críticas para la calidad se delimitan los alcances del proyecto Seis Sigma enfocándose a solucionar una problemática concreto de todo el panorama. Para esto se utilizan diagramas y matrices de causa efecto.

3.1.1 Definir el problema.

Durante el año 2016 se registraron 158 incidentes de Tarjetas de circuitos impresos y en el año 2017 hubo 87 incidentes de los cuales se trabajaron en mejoras para que estos incidentes disminuyeran, pero jamás se registraron en un proyecto es por eso por lo que en el 2018 se propuso este proyecto para que la reducción se mantuviera con registros y no volviera a ver reincidencias de defectos, debido a esto se hizo esta mejora para el 2018, como se muestra en la figura 14.

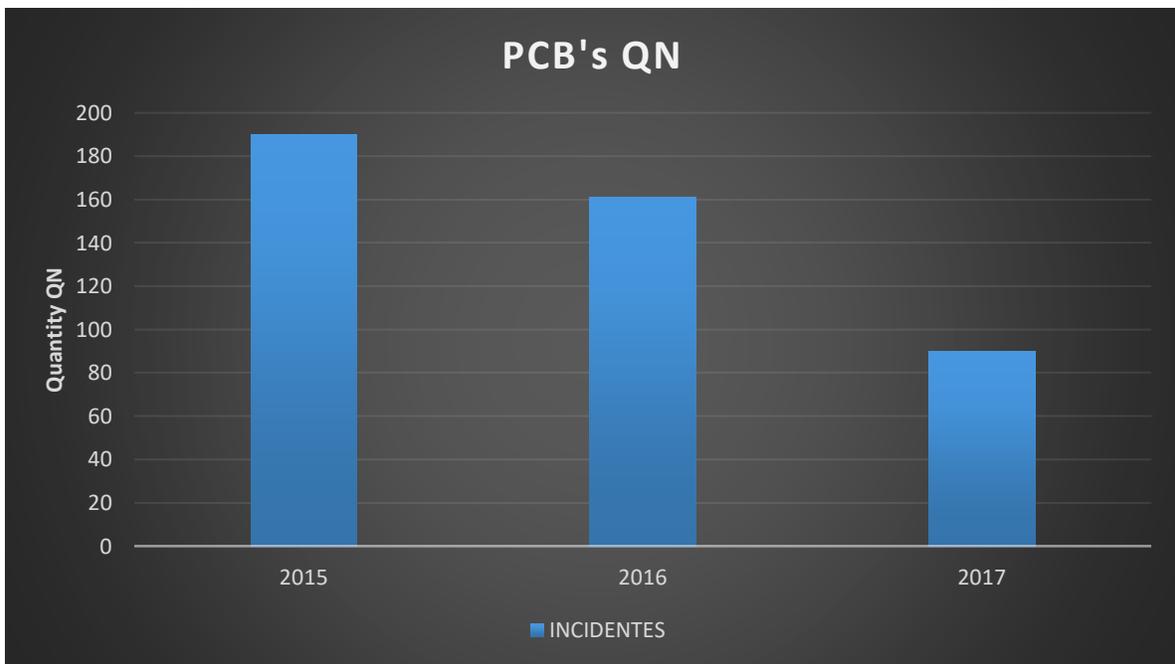


Figura 14 Grafica de incidentes

3.1.2 Mapa estratégico de Calidad

Esta herramienta nos permite justificar la inversión que se hará en el proyecto y los puntos que se tomaran en cuenta se muestra en la Figura 15.

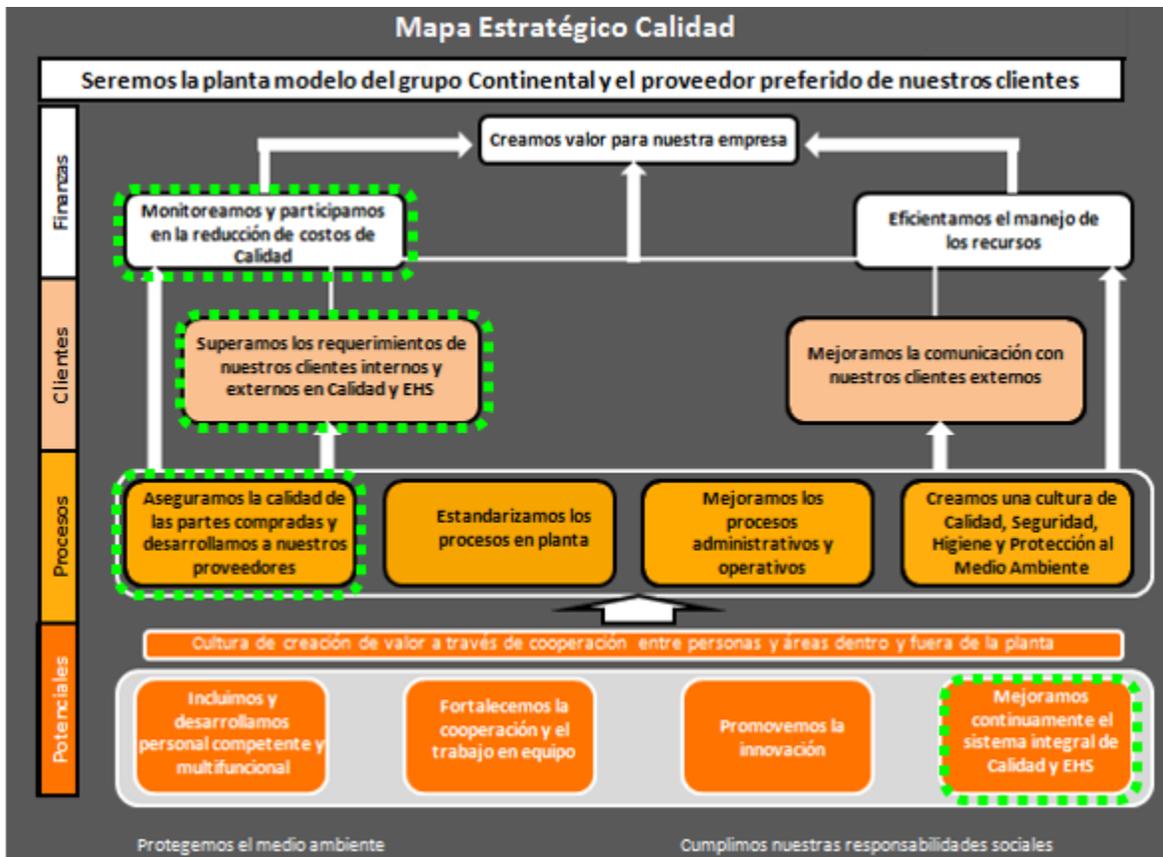


Figura 15 Mapa Estratégico Calidad

3.1.3 Mapeo del proceso SIPOC

Se empleó esta herramienta para analizar el proceso de las tarjetas de Circuitos impresos ya que permite reflexionar sobre cada etapa de dicho proceso identificando los elementos que se involucran en este para llevar a cabo la ejecución figura 16.

PROVEEDOR	ENTRADA	PROCESO	SALIDA	CLIENTES
<u>Elite Material/Nanya</u>	<u>Thin Core (CCL)</u>	Proceso de manufactura de una tarjeta de circuito impreso	PCB	<u>Cuau</u>
<u>Elite Material/Nanya</u>	Preimpregnado			<u>Buda</u>
<u>Co-Tech</u>	Hoja de cobre			<u>Shan</u>
<u>Taiyo (PSR)</u>	Máscara para soldar			<u>Mani</u>
<u>Atotech</u>	Revestimiento químico			

Figura 16 SIPOC del proceso

Donde los proveedores, son los departamentos que proporcionan información o suministran elementos que motivaran a la ejecución del proceso.

Las entradas, son los elementos suministrados por diversos departamentos y que serán empleados durante el proceso de Calidad.

El proceso, es el conjunto de actividades que deberá realizar con las tarjetas de circuitos impresos para la labor de calidad.

Las salidas, es la parte resultante del proceso el cual se puede conformar por reportes, llenado de formatos, etc. Como consecuencia de la ejecución de ventas y que a su vez participarán en la medición del proceso.

El cliente, se considera a los que se les ha sido entregado el producto final

3.1.4 Identificación de las CTQ's (Características críticas para la calidad)

3.1.4.1 Voz del cliente (VOC)

La voz del cliente es una herramienta para recopilar, con base a la experiencia de los clientes, los datos de diferentes causas que interfieren en la motivación de

problema que se está atendiendo. La voz el cliente se enfoca en tres aspectos primordiales:

- Calidad, el proceso de ventas debe cumplir con determinadas especificaciones u objetivos.
- Confiabilidad, el proceso de ventas debe satisfacer de manera consistente los objetivos.
- Costo, el precio de la ejecución del proceso de ventas debe ser razonable

En la figura 17 se muestra un diagrama de como manejan el VOC dentro de este sistema.

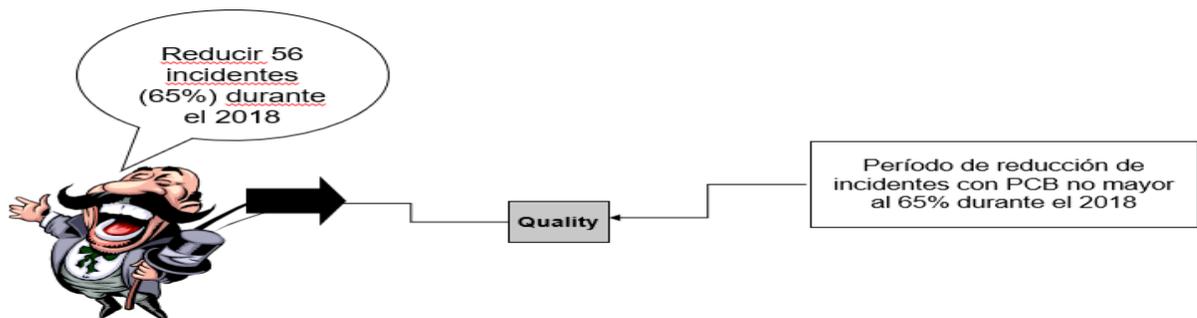


Figura 17 Diagrama de VOC

Como ya se ha observado anteriormente, todo proceso que está integrado al enfoque de los objetivos de una organización debe estar documentado, monitoreado y evaluado; para obtener de forma consistente los alcances de los indicadores, que en este caso corresponderá a los de calidad. Por lo que es importante que se establezca procedimientos e indicadores.

3.2 Etapa de medición

El objetivo de esta etapa de medición es plantear un esquema confiable de mediciones para que el proceso de calidad descrito en la etapa de medición.

Actualmente la empresa cuenta con sistemas de medición para el área de reclamos (QN). Lo encargados de la recolección de la información son los SQM por medio del sistema CBW (Con... Business Warehouse)

Por medio de este sistema se checa el métrico y el SQM Leader es el encargado de evaluarlos de acuerdo con las quejas que se tienen.

Este presenta datos de qué tipo de QN es, cantidad y proveedor, el monitoreo que se realiza

3.2.1 Tendencia de Incidentes

De acuerdo con el sistema Business Warehouse y SAP se hizo un registro desde año 2015 de cuantos incidentes hubo en total por cada año (Figura18)

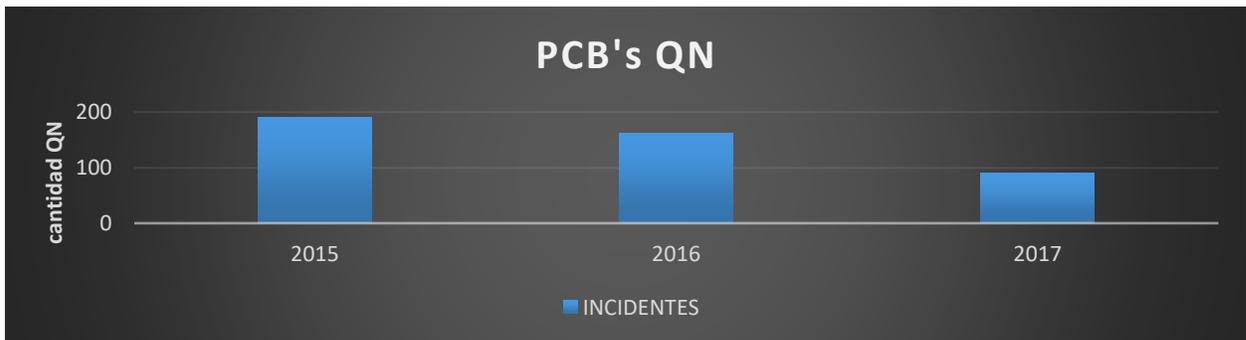


Figura 18 Incidentes Anuales

De acuerdo con esto se enfocaron para hacer una comparación del año 2016 y 2017 y todos los proveedores que tuvieron más incidentes y de ahí hacer un análisis para empezar un estudio de que proveedor tiene más incidencias y empezar atacar la causa-raíz. (Figura 19)

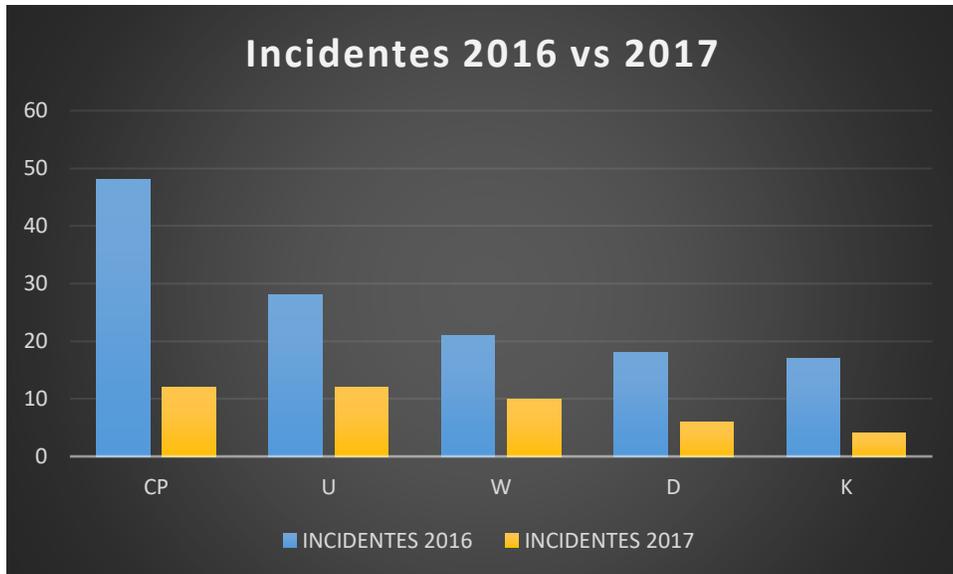


Figura 19 Grafica de Incidentes por Proveedor

A continuación, se muestra el Top de Proveedor con mayores incidencias de acuerdo con el análisis que se obtuvo a los años anteriores y el año 2017 (Figura 20).



Figura 20 Top de Proveedores en Incidencias

3.2.2 Recolección de información

La recolección de datos es un proceso por el cual se acumula información por proveedor (Incidentes con mayor frecuencia); recaudando los datos de la plataforma de Bussines Warehouse y la plataforma SAP para la revisión de los 8 D e identificar las posibles causas raíz encontradas.

3.2.3 Mapa de Proceso

El mapa de procesos proporciona una perspectiva global-local, obligando a “posicionar” cada proceso respecto a la cadena de valor. Al mismo tiempo, relaciona el propósito de la organización con los procesos que lo gestionan, utilizando también herramienta de consenso y aprendizaje.

El plan de recolección de información debe de ser el siguiente, basándose primero en el proveedor que tuvo mayor incidencia, por tal motivo se seguirá el siguiente orden de los proveedores:

- U
- D
- CP

3.2.3.1 Proceso de manufactura del PCB

Como se observa en la figura 21, el proceso de manufactura de PCB está conformado por dos etapas de capa interna y externa. Esta figura muestra las actividades que agregan valor y las que no.

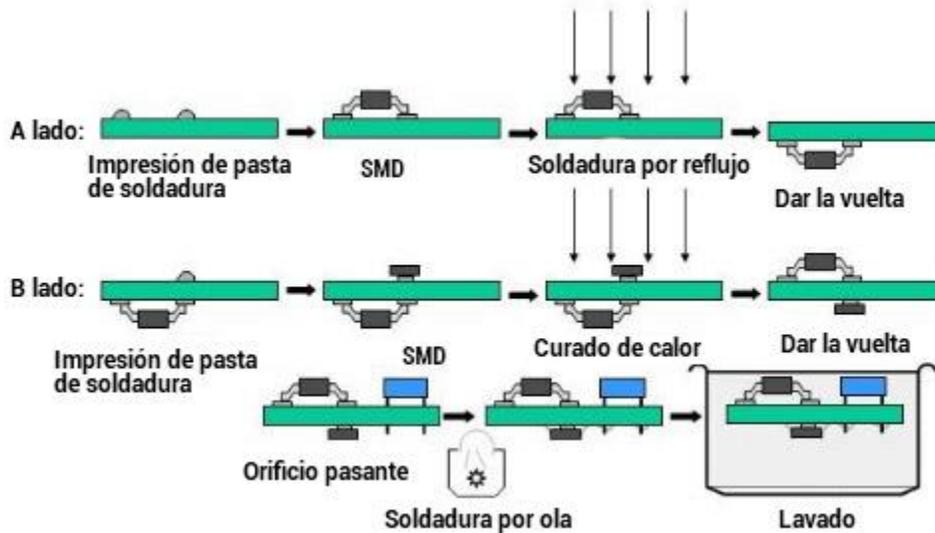


Figura 21 Proceso de manufactura de PCB

3.2.3.1.1 Proceso de capa interna

Consiste en imprimir en las capas internas los circuitos que servirán como conexión de componentes. Consta de los siguientes subprocesos

- 1) Corte: La gran lámina base de cobre denominada *Copper Clad Laminate* se corta al tamaño adecuado del panel de trabajo.
- 2) Transferencia de imagen interna: Se coloca sobre la lámina cortada una película sensible a la luz que servirá como protectora de las zonas de la lámina de cobre que se deseen mantener (esta película se denomina *Dry Film –DF*).

Posteriormente se expone la lámina a la luz ultravioleta (UV) que pasa a través de una plantilla que contiene las formas de las pistas a imprimir. Esta plantilla recibe el nombre de *Art Work* y bloquea el paso de la luz en ciertas zonas de la lámina. La película que entra en contacto con la luz UV se endurece (o “cura”), mientras que la que no fue tocada por la luz permanece blanda.

- 3) *Developing*: Se refiere al proceso químico que permite eliminar el DF no curado.

- 4) *Etching*: Es el proceso químico que remueve el cobre que se encontraba por debajo del DF removido en el *Developing*. Este es un cobre no deseado en el diseño del PCB.
- 5) *Stripping*: Es el proceso químico de remoción del DF curado que protegía el cobre deseado en el diseño del PCB.
- 6) Inspección óptica automática de capa interna: Consiste en un escaneo que se realiza para revisar la condición de las pistas después de los procesos mencionados anteriormente.
- 7) Oxidación Negra o café: Es un proceso de oxidación que incrementa la rugosidad de la superficie de cobre mejorando la adhesión entre la lámina de capa interna las capas externas que se irán anexando posteriormente.
- 8) Laminación: Se colocan capas de adhesivo y capas de cobre sobre la lámina oxidada en el proceso anterior y se laminan (enlazan) a través de alta presión y temperatura.

3.2.3.1.2 Proceso de capa externa

Consiste en imprimir en las capas externas los circuitos que servirán como conexión de componentes, así como generar los orificios que harán la conexión entre capas y el acabado del PCB. Consta de los siguientes subprocesos:

- 1) Perforado: Orificios a través del PCB son perforados con brocas controladas automáticamente en velocidad y posición por máquinas. Estos orificios servirán como medio de comunicación entre las capas del PCB.
- 2) Platinado de orificios (PTH de sus siglas en inglés *Plated Through Holes*): Es un proceso que consiste en cubrir con cobre (platinar) los orificios taladrados en el proceso anterior y así formar una conexión eléctrica entre todas las capas del PCB.

- 3) Transferencia de imagen externa: Al igual que en la capa interna, se coloca una película sensible a la luz (*Dry Film*) sobre las capas externas del PCB y se aplica luz UV para marcar la imagen de las pistas en dichas capas.
- 4) *Developing*: Este proceso químico es realizado para remover el DF no curado.
- 5) Platinado del patrón: Un segundo platinado de cobre se aplica sobre el cobre expuesto para aumentar su espesor y alcanzar la especificación de diseño. Un platinado posterior de estaño se aplica como protección del patrón.
- 6) *Stripping*: Un ataque químico se aplica para remover el DF curado.
- 7) *Etching*: Un nuevo ataque químico se utiliza para remover el cobre no deseado que se encontraba debajo del DF removido en el proceso anterior.
- 8) *Stripping*: Un segundo ataque químico para remover la capa de estaño que protegía al patrón principal.
- 9) *Inspección óptica automática de capa externa*: Consiste en un escaneo que se realiza para revisar la condición de las pistas después de los procesos mencionados anteriormente.
- 10) Recubrimiento de mascarilla: La mascarilla (o *solder resist*) es un compuesto químico a base de Bario (Ba) que se aplica en las áreas que no deberán ser soldadas. Esta mascarilla evita que se formen puentes de soldadura entre conectores y circuitos.

La mascarilla se imprime utilizando una pantalla de impresión denominada (*Printing Screen*). Una vez aplicada la mascarilla, se expone el PCB a la luz UV para curar o endurecer la mascarilla.
- 11) Corte (Routing): Es un proceso de separación del panel de trabajo a paneles más pequeños que serán del tamaño que requiere el cliente.
- 12) Prueba eléctrica (*Electrical test*): Es una revisión eléctrica realizada para revisar la funcionalidad del PCB.

13) Acabado de la superficie (*Surface finished*): Es un tipo de superficie soldable del PCB. también se le llama tecnología del PCB. Los principales tipos de acabados son:

Inmersión de estaño, HASL, ENIG y OSP.

14) Inspección visual automática: Como su nombre lo indica es un proceso de inspección de la superficie del PCB en busca de posibles defectos cosméticos o visuales. Se realiza al 100% del material para asegurarse que la superficie del PCB no presente no conformidades.

15) Control de calidad final: Es una revisión que realiza el operador para revisar cada pieza de forma visual de acuerdo con el estándar del material.

16) Empaque: Sellar cada paquete de PCBs al vacío y almacenar en cajas para su envío al cliente.

Una vez explicando el proceso de manufactura del PCB se expondrá el cómo se hizo la recolección de datos para seguir con la etapa de analizar.

Considerando el diagrama de flujo de la Fig. 21, se inició el análisis del desempeño de los proveedores, comenzando con el proveedor U, y posteriormente será con los proveedores D y CP.

La recolección de datos se hizo con la metodología siguiente:

1.- Del Top de Proveedores con mayores incidencias se obtiene el Mapa de Proceso (Figura 21)

2.- Una vez teniendo el mapa de proceso, se realiza una consulta en el sistema SAP, sacando la información de cuantos incidentes hay y que tipo de incidentes hay

3.- Obteniendo los datos se realiza una gráfica para saber cuál es el incidente con mayor frecuencia para así poder atacar el más afectado buscando la causa raíz. (Figura 22) Con estos nombres se identifican el defecto.

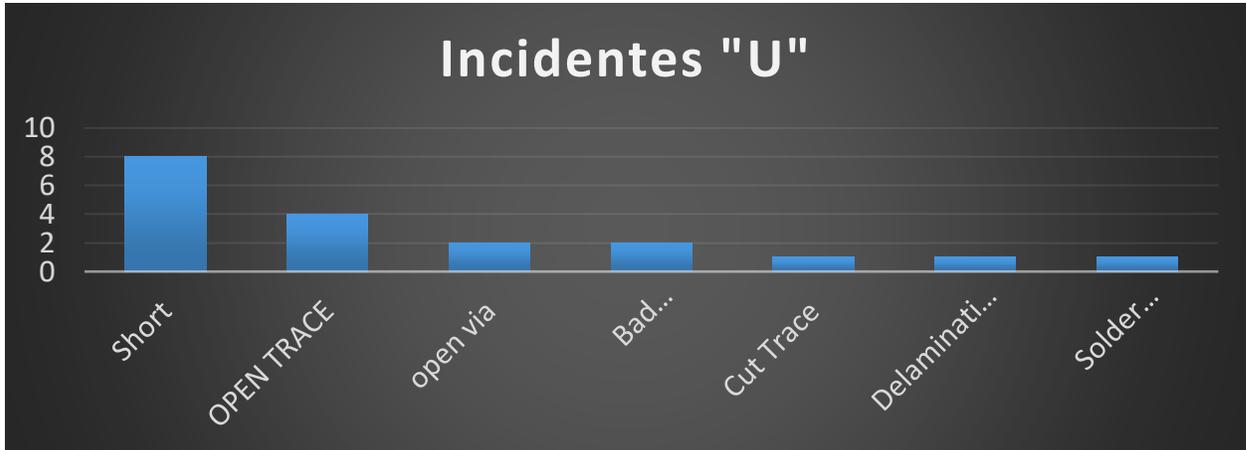


Figura 22 Gráfica de Incidentes proveedor "U"

4.- Basándonos en el proveedor "U" con el defecto de "Short/ Corto" y los resultados que se dieron en el análisis, se utiliza la metodología del Ishikawa para poder investigar la causa-raíz del problema. (Figura 23)

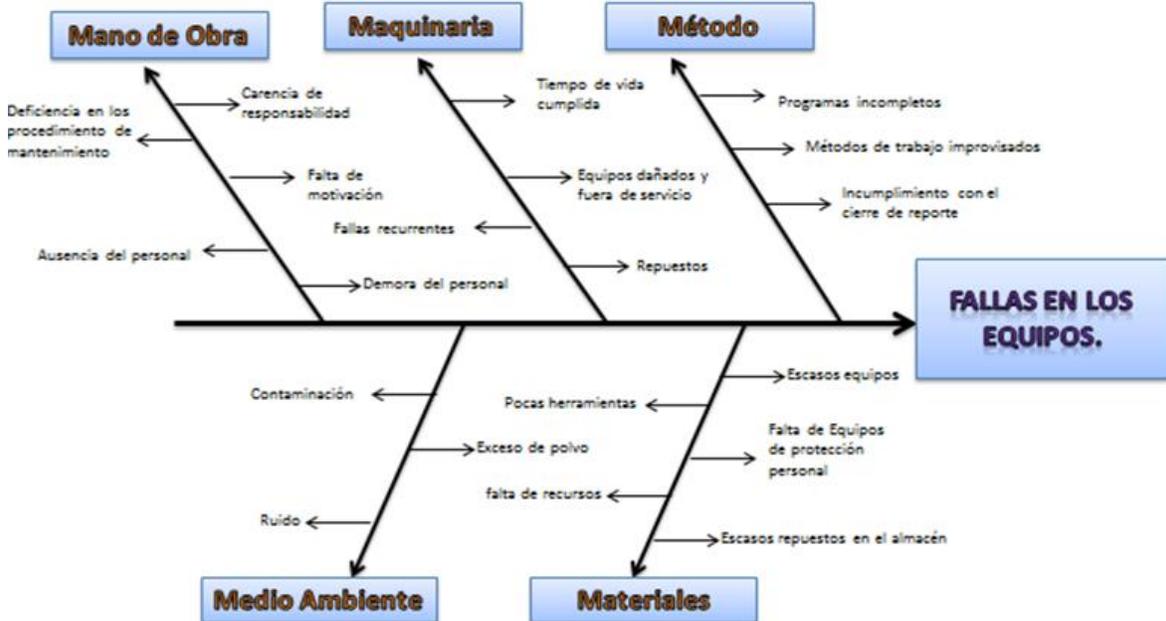


Figura 23 Análisis de Ishikawa proveedor "U"

El siguiente proveedor con el que se hará la inspección será “D”, en el cual se hizo la misma secuencia que el realizado para el proveedor “U” y con la figura 21.

1.- Obtenemos el mapa de procesos de este proveedor para conocer el proceso por el cual pasa la tarjeta de circuito impreso.

2.- Analizando el Mapa de procesos, se sigue con la recaudación de datos en SAP para obtener que incidente es mayor con este proveedor. (Figura 24)

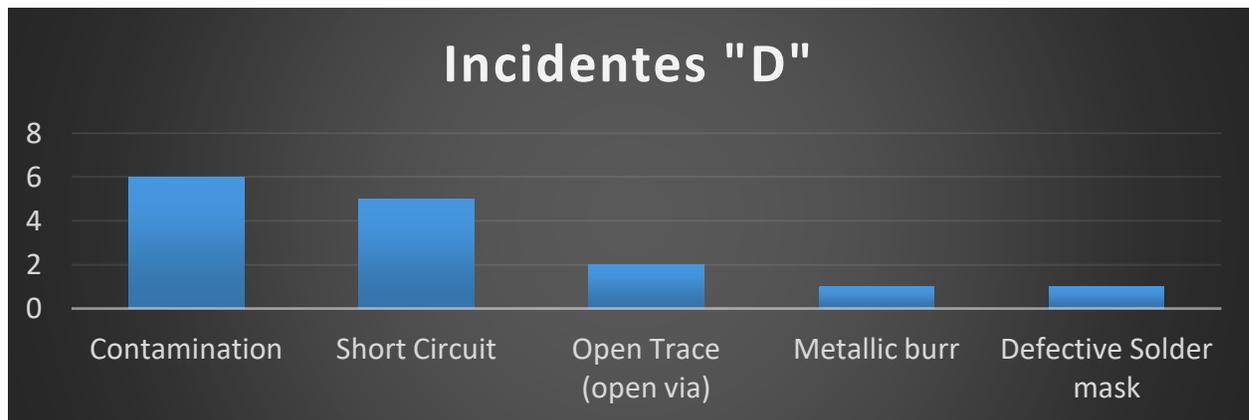


Figura 24 Gráfica de Incidentes proveedor "D"

3.- Basándonos en el proveedor “D” con el defecto de “Contaminación” el resultado que se encontraron en el análisis, se utiliza la metodología del Ishikawa para poder investigar la causa-raíz del problema. (Figura 25)

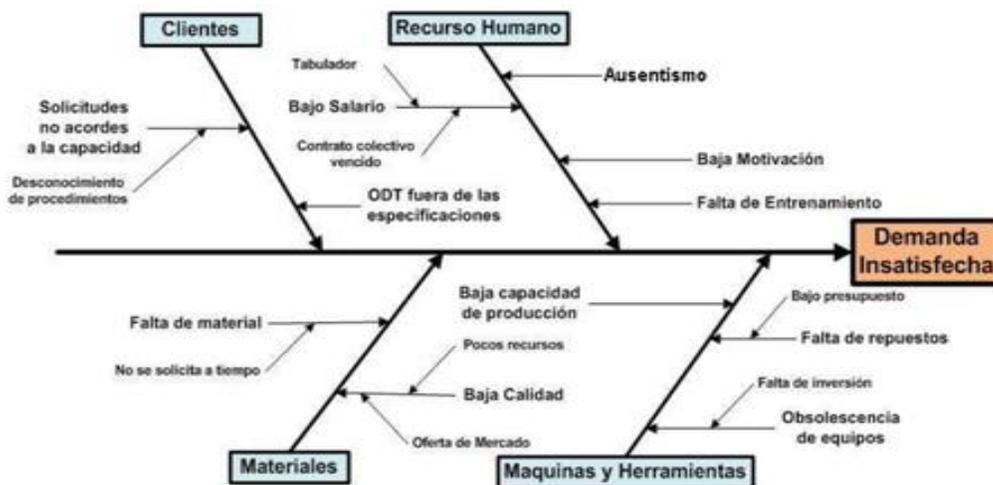


Figura 25 Análisis Ishikawa proveedor "D"

El siguiente proveedor con el que se hará la inspección será CP, en el cual se realizará la misma secuencia

1.- Obtenemos el mapa de procesos de este proveedor para conocer el proceso por el cual pasa la tarjeta de circuito impreso.

2.- Analizando el Mapa de procesos, se sigue con la recaudación de datos en SAP para obtener que incidente es mayor con este proveedor. (Figura 26)

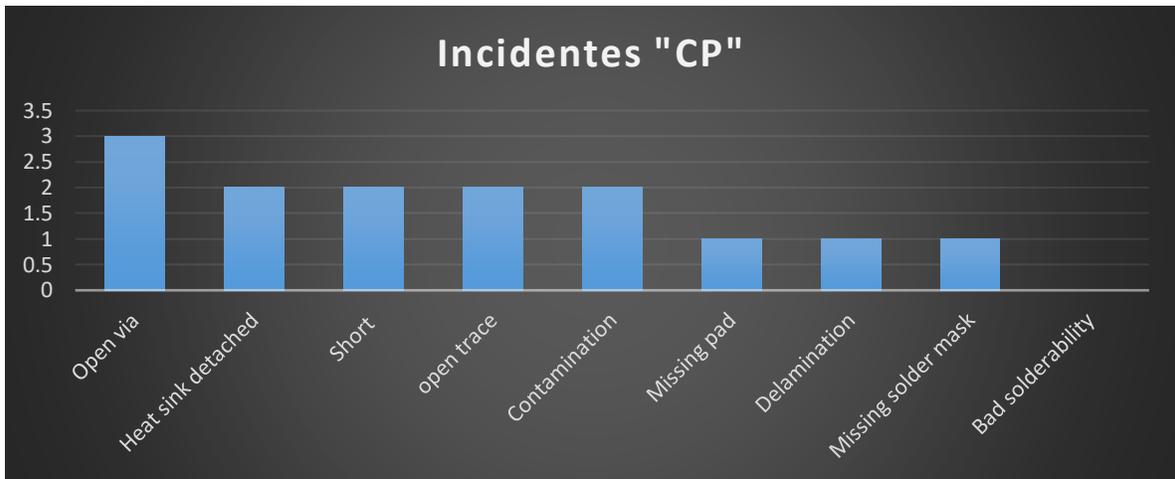


Figura 26 Grafica de Incidentes proveedor "CP"

3.- Basándonos en el proveedor "CP" con el defecto de "Open via" el resultado que se encontraron en el análisis, se utiliza la metodología del Ishikawa para poder investigar la causa-raíz del problema. (Figura 27)



Figura 27 Análisis Ishikawa proveedor "CP"

3.2.4 Obtención de Nivel Sigma

Para obtener el DPMO se calculó con la siguiente fórmula, basada en la tabla 2:

Ecuación 1 Cálculo de DPMO

$$\frac{(1,000,000)(D)}{(N)(O)} = \text{DPMO}$$

Dónde:

- (D) Número de defecto
- (N) Piezas que iniciaron el proceso
- (O) Oportunidades de defecto

Tabla 2 Nivel Sigma

DPMO	Sigma	DPMO	Sigma	DPMO	Sigma	DPMO	Sigma
5	5.9	337	4.9	8198	3.9	80757	2.9
9	5.8	483	4.8	10724	3.8	96800	2.8
13	5.7	687	4.7	13904	3.7	115070	2.7
21	5.6	968	4.6	17865	3.6	135666	2.6
32	5.5	1350	4.5	22750	3.5	158655	2.5
48	5.4	1866	4.4	28717	3.4	184060	2.4
72	5.3	2555	4.3	35930	3.3	211856	2.3
108	5.2	3467	4.2	44565	3.2	241964	2.2
159	5.1	4661	4.1	54799	3.1	274253	2.1
233	5.0	6210	4.0	66807	3.0	308537	2.0

El número de incidentes y el total de piezas entregadas por cada proveedor durante el período de estudio de enero a diciembre del año 2017 se obtuvieron de la base de datos de SAP y CBW.

De acuerdo con la fórmula 2, se calculó el nivel sigma obtenido de cada proveedor. De lo cual se mostrará a continuación sus resultados.

- Proveedor U
(N) Piezas totales = 3798136

Piezas ok = 3798119

D = 17

O = 0.001

Ecuación 2 Nivel Sigma de Proveedor "U"

$$\frac{(1000000)(17)}{(3798136)(0.001)} = 4475.8797473287 \quad \text{Nivel } \sigma \text{ 4.1}$$

- Proveedor D

(N) Piezas totales = 720532

Piezas ok = 720517

D= 15

O= 0.013

$$\frac{(1000000)(15)}{(720532)(0.013)} = 1601.3808600397 \quad \text{Nivel } \sigma \text{ 4.4}$$

Ecuación 3 Nivel Sigma de Proveedor "D"

- Proveedor CP

(N) Piezas totales= 4266286

Piezas ok = 4266272

D =14

O =0.01

Ecuación 4 Nivel Sigma de Proveedor "CP"

$$\frac{(1000000)(14)}{(4266286)(0.01)} = 328.154278 \quad \text{Nivel } \sigma \text{ 4.9}$$

En la etapa siguiente el nivel sigma logrado después de hacer mejoras en el proceso, se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Comparación de nivel sigma antes y después

<u>PROVEEDOR</u>	<u>NIVEL SIGMA ANTES DE LA MEJORA</u>	<u>NIVEL SIGMA DESPUÉS MEJORA</u>
------------------	---------------------------------------	-----------------------------------

U	2.3	4.1
D	2.8	4.4
CP	3.2	4.9

4 CAPITULO IV “ANALISIS DE RESULTADO”

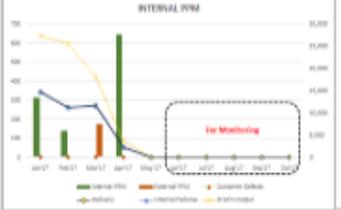
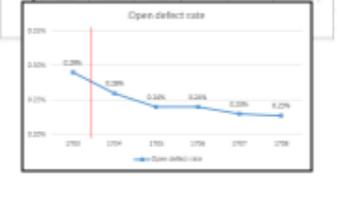
Este capítulo está basado en las acciones que se tomaron para poder corregir estos defectos, seguir su proceso y evitar que se repitan estos fallados realizando las acciones correctivas que cada proveedor dio.

4.1 Etapa de analizar

En esta etapa, las causas de los incidentes que tenían cada proveedor se identificaron para conocer la cantidad de defectos y causa, una vez que se agruparon se enumeraron la cantidad de incidentes disminuyó.

Tabla 4 *Tabla de incidentes con acciones parte 1*

NUMERO DE QUEJA	NUMERO DE PARTE	PROVEEDOR	FECHA DE DETECCION	FECHA CODIGO	CAUSA-RAIZ
500040355	A2C7469570000	Unitech	1749	1722	<p>Ocurrencia: Durante el período de remachado, tuvimos que colocar el núcleo en la mesa de madera dañada de la máquina remachadora y la partícula se transirió y se unió al tablero.</p> <p>Detección: Después de la prueba de aislamiento de alto voltaje a nuestro lado y la prueba del cliente, apareció la falla.</p>
400043166	2858105302100	Daeduck		1709	<p>Ocurrencia: No se limpia la almohadilla del cojín en la lata de inmersión.</p> <p>Detección: Flujo de salida en inspección</p>
400042326	2858117401100	Chin Poon		1702	<p>Ocurrencia: El residuo permanece en el rodillo para causar una vía pegada.</p> <p>Detección: Mezcla</p>

ACCIÓN CORRECTIVA	EFECTIVIDAD	FECHA LIMPIA
<p>Ocurrencia: 1. Hemos cambiado toda la mesa de madera a la mesa de acero en la sala de remaches a finales de septiembre. 2. Para evitar residuos de cobre, hemos encontrado el área dedicada para quitar el remache y la acción se implementó en diciembre.</p> <p>Detección: Para evitar este problema nuevamente, aumentamos la Prueba de aislamiento de alto voltaje de 1 vez a 2 veces.</p>	<p>No hay</p>	<p>Ocurrencia: D/C:1802</p> <p>Detección: D/C:1735</p>
<p>Ocurrencia: Estandarización de la limpieza de la almohadilla en lata de inmersión. Antes: No Definir la limpieza de la almohadilla del cojín Después: antes del uso de la almohadilla del cojín</p> <p>Detección: Realice AVI en el número de pieza afectado. Antes: inspección FVI + QA Después: inspección AVI + QA</p>		<p>Ocurrencia: DC 1726</p> <p>Detección: DC 1726</p>
<p>Ocurrencia: El rodillo se limpiará mediante enjuague a alta presión cada 6 horas a medida que la frecuencia de limpieza del tanque de revelado se renueve.</p> <p>Detección: Pregunte al operador que debe volver a colocar la placa de no prueba en el área pendiente. Para considerar el riesgo de que el operador coloque la placa en el área incorrecta, ahora cambiamos el OK, NG y la ruta del área pendiente para evitar el problema del mezclador.</p>		<p>Ocurrencia: D/C 1704</p> <p>Detección: D/C 1710</p>

4.1.1 Análisis Exploratorio

A partir del código de fecha de fabricación de la PCB en la que se produjo el defecto, se realizó un gráfico de barras donde se muestra el número de defectos con su respectiva acción correctiva (que está marcada con una línea vertical del mismo color a la causa raíz que pertenece).

A continuación, se mostrará por cada proveedor su respectiva grafica de los incidentes que se tuvieron su acción correctiva por ocurrencia.

Como se podrá mostrar en la gráfica las barras (Figura 28 – 30) son las causas o defectos que se tuvieron mostrado con fecha de año y la semana. Su acción correctiva que se tuvo a ese defecto lo muestra con la barra delgada.

Este ejemplo aplica lo mismo para todos los proveedores que se analizaron.



Figura 28 Acciones correctivas "U"

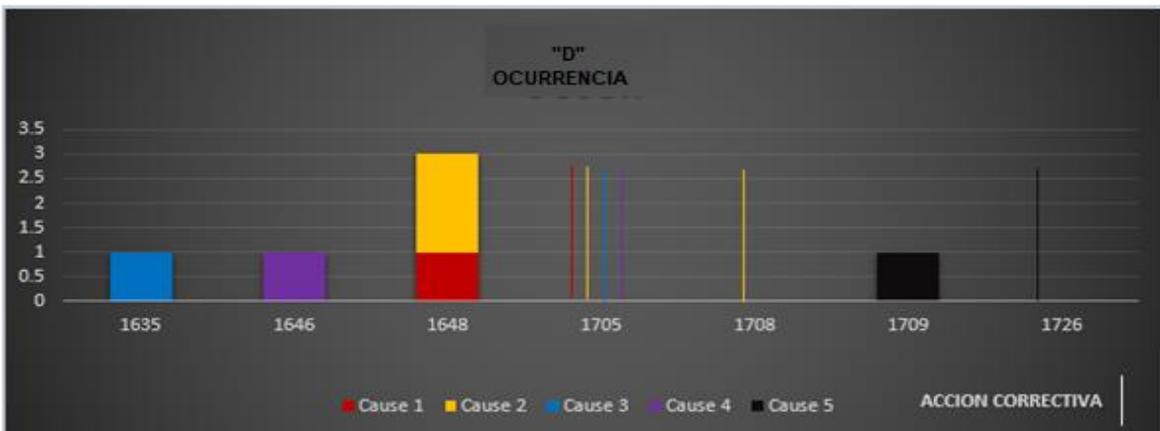


Figura 279 Acción Correctiva "D"

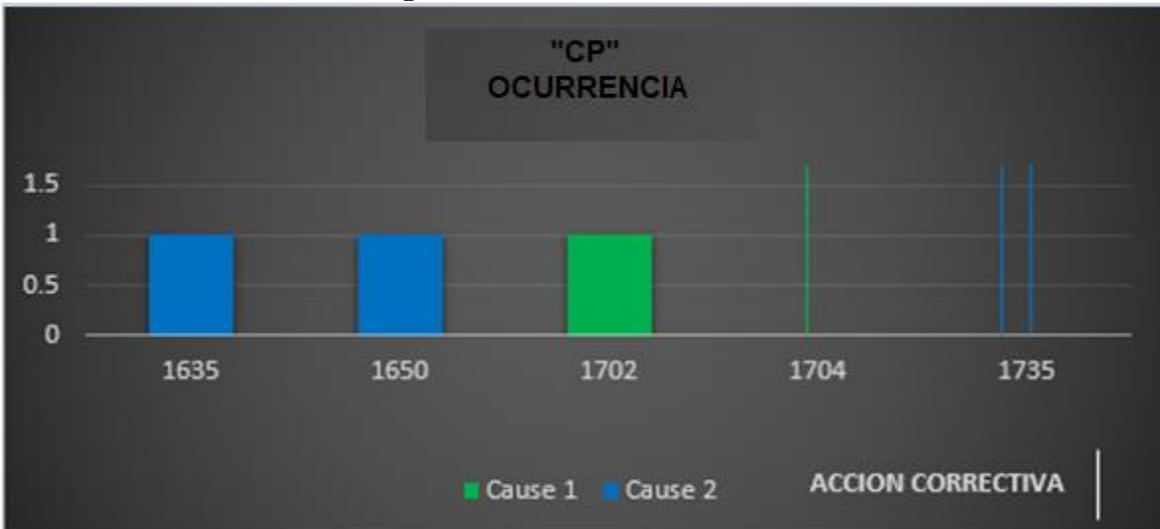


Figura 280 Grafica de acciones correctivas "CP"

4.1.2 Validación de la causa raíz

Debido a que las cantidades entregadas por los proveedores eran demasiado grandes en comparación con los defectos encontrados, no es posible mostrarlas mediante pruebas estadísticas.

Por lo tanto, las pruebas se justificaron visualmente con el cuadro respectivo (Figura 31).

➤ Proveedor "U"

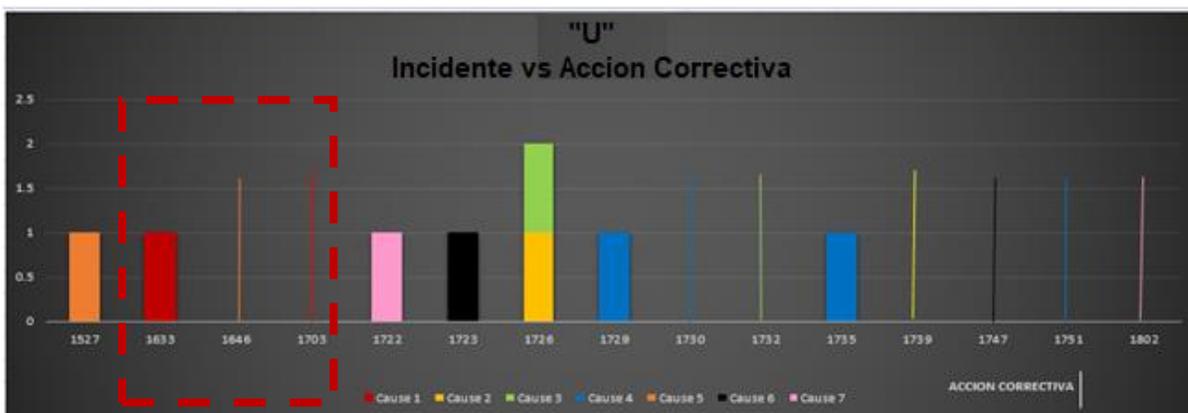


Figura 291 Grafica comparativa de incidente vs acción correctiva

Debido al número de incidentes de la causa 1 se implementaron acciones correctivas y después de esta implementación no se obtuvo ningún incidente a esta causa.

Las acciones del proveedor que no fueron efectivas fueron identificadas y estudiadas a mayor profundidad (Figura 32).



Figura 302 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva no ok

El número de incidentes de la causa 4 antes de la acción correctiva es el mismo número de incidentes de la causa 1 después de la acción correctiva.

4.2 Etapa de mejora

En esta etapa revisaremos las acciones correctivas que propusieron los proveedores para evitar que vuelva a pasar estos defectos, así como el porcentaje de efectividad que se tuvieron en el proceso.

Como se muestra en los siguientes casos:

1.- Proveedor U en este caso se obtuvieron 7 causas o bien llamados defectos por los cuales de cada causa se trabajó una acción correctiva diferente entregado por un reporte 8D.

En este caso en “U” se tuvo una efectividad del 75% debido a que en la causa con fecha código 1729 su acción correctiva empezó a salir en los PCB’S con fecha código 1730 pero este mismo defecto se volvió a detectar en el PCB 1735 por lo cual se tuvo que aplicar una nueva acción correctiva la cual hizo que ya no hubiera reincidencia.

En esta siguiente Figura 33 mostraremos el defecto por el cual la causa raíz no tuvo efectividad su acción correctiva por lo cual volvió a reincidir.

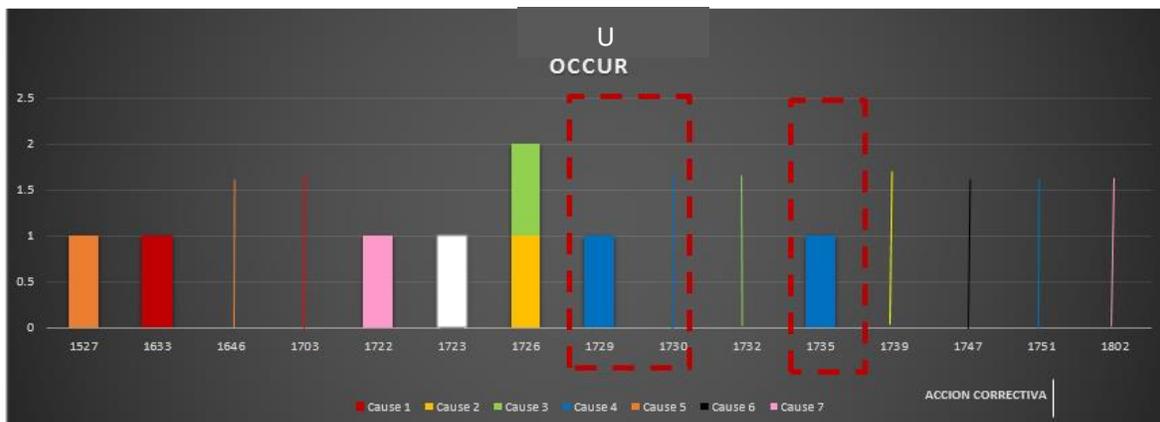
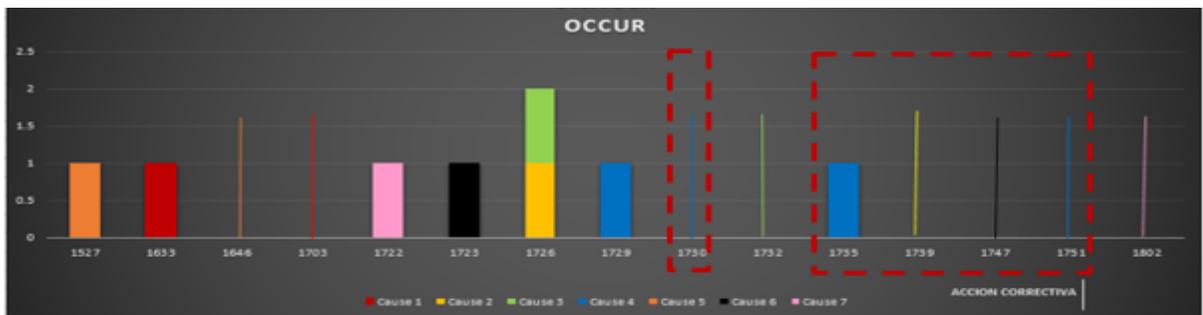


Figura 313 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva no ok.

En lo cual se muestra su acción correctiva no efectiva.

CAUSA - RAIZ	ACCIÓN CORRECTIVA	EFFECTIVIDAD
El operador que tomo las tarjetas ok de la estación no coloco las tarjetas en la misma dirección	Se estandarizo que el operador la coloque de la misma dirección basándose en la marca del ID	

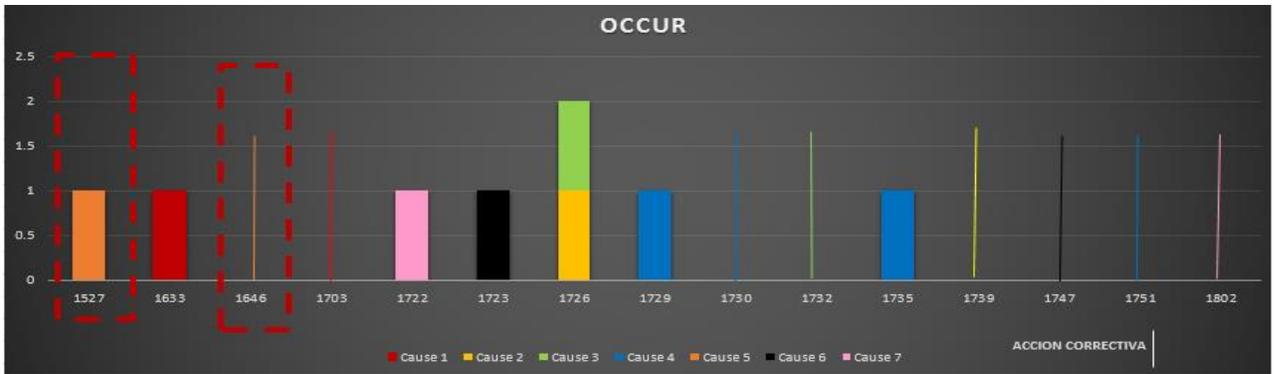
En este caso se le pidió a proveedor buscar la causa raíz del porque su acción correctiva no fue efectiva, se buscaron las causas y se realizó una nueva acción correctiva la cual se aseguró que fuera efectiva (Figura 34).



ROOT - CAUSE	CORRECTIVE ACTION	EFFECTIVIDAD
El operador que recogió el tablero OK, no puso los tableros en la misma dirección	Cambiamos el tipo de portador y retiramos la mesa de trabajo. Después del pretratamiento, las tablas se colocaron en el bastidor en L. Usamos un portador de tipo nuevo para transferirlo a la máquina de impresión. El operador ya no necesita mover las tablas del soporte al bastidor en L, el soporte se convirtió en la mesa de trabajo después de su transformación.	

Figura 324 Grafica "U" causa vs acción correctiva ok

En las primeras Figuras mostramos un ejemplo de un defecto encontrando su causa- raíz y su acción correctiva que sí tuvieron efectividad (Figura 35).



CAUSA- RAIZ	ACCIÓN CORRECTIVA	EFFECTIVIDAD
El operador no siguió la instrucción de trabajo de tomar pieza por pieza	Se instalo un dispositivo automático para tomar las piezas en el pretratamiento de la mezcla soldante para eliminar el riesgo de que se golpeen entre si.	

Figura 335 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva ok

2.- Con el siguiente proveedor que es "D" se tomaron 6 causas de las cuales las 6 sus respectivas acciones correctivas que se propusieron el reporte 8D fueron 100% eficientes (Figura 36).

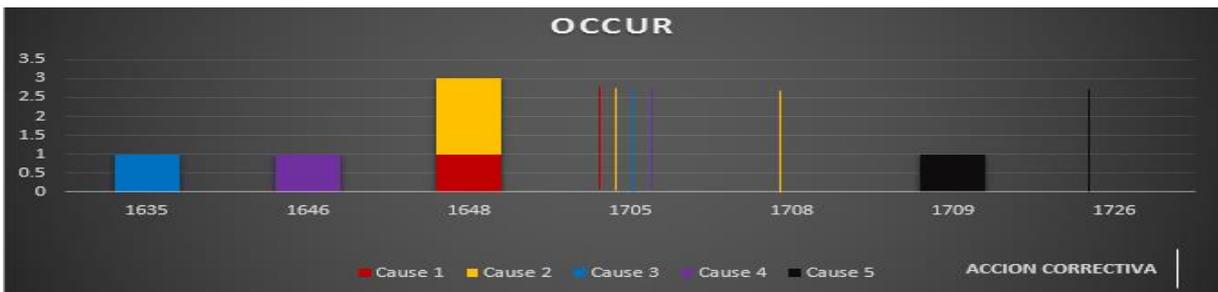
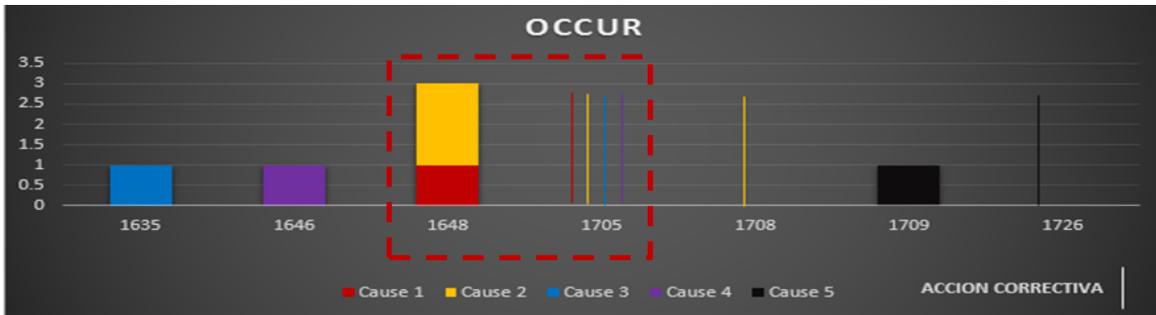


Figura 346 Grafica comparativa "D" de causa vs acción correctiva ok

Un ejemplo de esta causa en la cual las acciones correctivas que se presentaron en cada una fueron efectivas (Figura 37).



CAUSA - RAIZ	ACCIÓN CORRECTIVA	EFFECTIVIDAD
No se retiro el pedazo cinta adhesiva después del recubrimiento de estaño	Se cambio la cinta adhesiva usada para el recubriendo de estaño por una cinta roja para ser detectada por los operadores.	

Figura 37 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva ok

3.- En este siguiente caso mostraremos el proveedor CP en el cual al igual que “D” tuvo un 100% de efectividad y con solo 3 causas como se muestra en la gráfica (Figura 38).

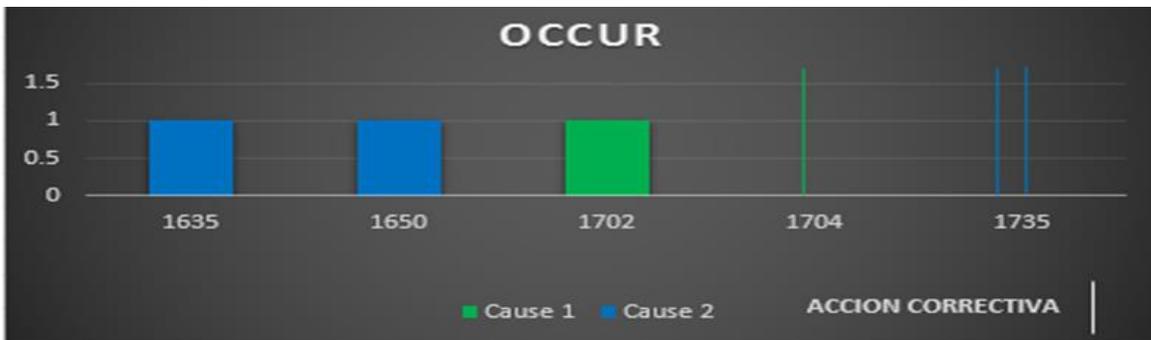


Figura 35 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva ok

Aquí mostraremos un ejemplo de la causa 1702 con su acción correctiva que se propuso (Figura 39).

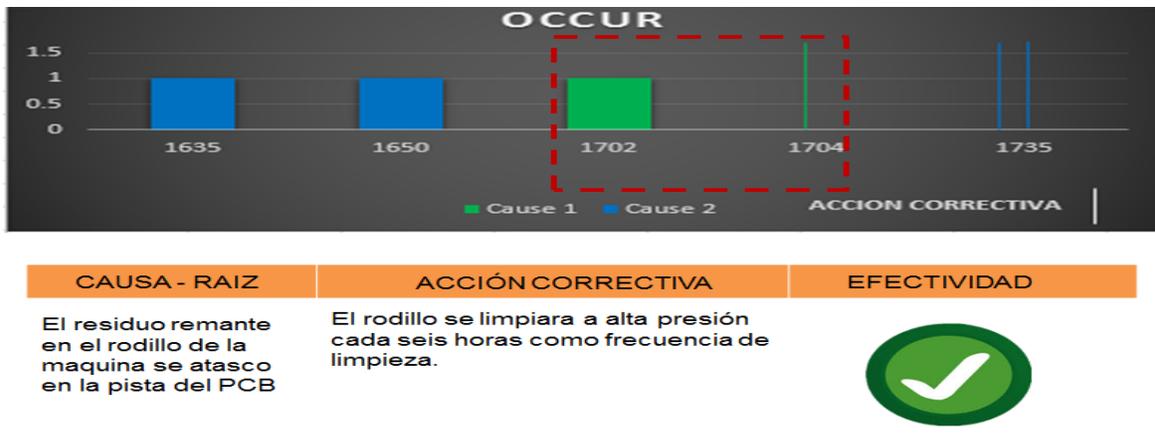


Figura 36 Grafica comparativa de causa vs acción correctiva ok

Con esto demostramos que se está obteniendo el objetivo que se propuso utilizando el Ishikawa para poder encontrar la causa raíz los diferentes incidentes que se tuvieron por cada proveedor para así cada uno proponer su acción correctiva en el reporte 8D.

4.3 Etapa de controlar

En esta etapa mostraremos como se pudo lograr el objetivo de reducción de incidentes del año 2018 disminuyera más del porcentaje que se había propuesto como se muestra en la gráfica.



Figura 37 Grafica de resultado final

$$\% \text{ REDUCCIÓN} = \frac{\text{QN's 2017} - \text{QN's YTD 2018}}{\text{QN's 2017}} \times 100 = \frac{85 - 20}{85} \times 100 = 76.47\%$$

Ecuación 5 Resultado Final de la Reducción de problemas

Una vez obtenidas las mejoras que se han realizado, así como, la efectividad de las acciones correctivas implementadas se hará un monitoreo semestral sobre los defectos más recurrentes que se vayan presentando y se trabajará con ellos.

CONCLUSIONES

Como conclusión tenemos que la metodología del Seis Sigma proporciona una herramienta de mejora continua eficaz, a través de estadística aplicada, que apoya la satisfacción del cliente, y optimización de recursos.

De acuerdo con las etapas del DMAIC se mostrarán las conclusiones por cada una:

Etapa de definición

- › Se calculó la meta del año 2018, para que sea exitosa
- › Se conoció la variación de números de incidentes de cada mes.
- › El trabajo en equipo es muy importante para el éxito del proyecto.
- › La voz del cliente establece el curso del proyecto.
- › Se conocieron las dimensiones del problema.

Etapa de medición

- › En esta fase se recopiló toda la información relevante del problema, esto facilitó las causas de análisis de presentación.

Etapa de análisis

- › Se identificaron de cada proveedor, las causas raíz de los incidentes que afectaban la calidad del producto realizando un cuadro comparativo donde se puso la fecha afectada, su causa raíz, la acción correctiva que se le dio al defecto que efectividad se tuvo y a partir de qué fecha el producto ya fue limpio.
- › Se analizaron las acciones correctivas que fueron eficaces y las que no las fueron

Etapa de mejorar

- › Con base en el análisis con las causas raíz y las acciones correctivas, existe una efectividad del 100% con todos los problemas y soluciones.
- › Cuando hay una acción correctiva que no funciona, es necesario trabajar con el proveedor para seguir el problema hasta encontrar acciones correctivas que funcionen en la causa raíz y resolver el problema.

Etapa de controlar

- › La mejora y el ahorro de costos son enormes, pero el proceso requiere compromiso de tiempo, dedicación y persistencia en esta mejora.
- › Se evitó paros de línea en el proceso mejorando la calidad del PCB y evitando que estos defectos ya no se tuvieran en producción después de los cambios que se implementaron.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Central Recambio Original CRO. (2014). Explicación técnica sobre el funcionamiento del ABS del coche. 06 DE FEBRERO 2021, de Central Recambio Original CRO Sitio web: <https://www.recambiooriginal.com/blog/recambios-originales/mecanica/explicacion-tecnica-funcionamiento-del-abs-del-coche/>
- [2] Peter S. Pande y Larry Holp. (2009). ¿Qué es Seis Sigma? México: McGraw Hill
- [3] IDG Communications. (2012). Sigma. 06/Febrero/2021, de CIO Sitio web: <http://www.cio.com/archive/120103/sigma.html>
- [4] Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar. (2009). CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMAS, 2ª Edición; México, D. F.: Mc Graw Hill.
- [5] Peter S. Pande, Robert P. Neuman y Roland R. Cavanagh. (2004). LAS CLAVES PRÁCTICAS DE SEIS SIGMA. Colombia: McGraw Hill.
- [6] R. Eric Reidenbach, Reginald W. Goeke. (2010). SIX SIGMA ESTRATEGICO: Claves para lograr una ventaja competitiva sostenible. México, D.F.: Panorama.
- [7] Humberto Gutiérrez Pulido, Román de la Vara Salazar. (2013). CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD Y SEIS SIGMAS, 3ª Edición; México, D. F.: Mc Graw Hill.
- [8] Dale H. Besterfield. (2009). CONTROL DE CALIDAD. México: Pearson, Prentice Hall 8ª edición.
- [9] Universidad ESAN. (2019). ¿Qué es el mapa de procesos de la organización? 06/febrero/2021, de Universidad ESAN Sitio web: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/10/que-es-el-mapa-de-procesos-de-la-organizacion/#:~:text=Un%20mapa%20de%20procesos%20es,hacer%20un%20mapa%20de%20procesos>
- [10] Gabriel Rocancio. (2018). ¿Qué es un mapa estratégico en el Balanced Scorecard y como se hace? 06/FEBRERO/2021, de Pensemos S.A. Sitio web: <https://gestion.pensemos.com/que-es-un-mapa-estrategico-en-el-balanced-scorecard-y-como-se-hace>

[11] Asociación Española para la Calidad (AEC). (2019). Diagrama SIPOC. 06/Febrero/2021, de AEC Sitio web: <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/diagrama-sipoc>

[12] Humberto Cantú Delgado. (2011). DESARROLLO DE UNA CULTURA DE CALIDAD. México, D.F.: Mc Graw Hill.

[13] James R. Evans • William M. Lindsay. (2008). ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD. Mexico, D.F.: Cengage Learning.

[14] G. Robin Henderson. (2006). SIX SIGMA, QUALITY IMPROVEMENT WITH MINITAB. México, D.F.: John Wiley & Sons.

[15] Verónica Paola Aldarete, Ariadna Lorena Colombo, Victoria Di Stéfano, Patricia Wade. (2000). Six Sigma. Colombia: 200.16.86.50.