

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS
UNIDAD TECATE



MAESTRÍA EN INGENIERÍA
ÁREA DE CONOCIMIENTO: INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD: PRODUCCIÓN Y CALIDAD

TESIS

**“APLICACIÓN DE LA SECCIÓN # 8, DEL SISTEMA ISO 9001:2000 AL
PRODUCTO PA2268, EN LA EMPRESA TERMISTORES DE TECATE”
QUE PARA CUBRIR PARCIALMENTE LOS REQUISITOS PARA OBTENER EL**

GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA PRESENTA:

ISRAEL DUEÑAS GONZÁLEZ

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

M.C.A. ALEJANDRO ROJAS MAGAÑA

Tecate B.C., Mexico, diciembre de 2009

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS

UNIDAD TECATE

Tecate, B. C., Diciembre de 2009

M.C. CARLOS ALBERTO CHÁVEZ GUZMÁN

Coordinador de Investigación y Posgrado de la Facultad de Ingeniería y Negocios

P r e s e n t e.-

Por medio del presente le comunico a Usted que con fecha 1 de diciembre del presente, estoy **LIBERANDO** el trabajo de tesis de la Maestría en Ciencias e Ingeniería del alumno **C. ING. ISRAEL DUEÑAS GONZÁLEZ** con número de matrícula 2/22239, titulado:

**“APLICACIÓN DE LA SECCIÓN # 8, DEL SISTEMA ISO 9001:2000 AL
PRODUCTO PA2268, EN LA EMPRESA TERMISTORES DE TECATE”**

Se extiende la presente liberación con la Facultad que se me refiere como director de tesis considerando que el trabajo del alumno cumple todos los requisitos para obtener su grado de maestría. Así mismo solicito que se continúe con el proceso de titulación del alumno mencionado.

Sin más por el momento, quedo de Usted.

ATENTAMENTE

M.C.A. ALEJANDRO ROJAS MAGAÑA

DIRECTOR DE TESIS

C.c.p. Interesado

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS
UNIDAD TECATE

"APLICACIÓN DE LA SECCIÓN # 8, DEL SISTEMA ISO 9001:2000 AL
PRODUCTO PA2268, EN LA EMPRESA TERMISTORES DE TECATE "

TESIS

Que para obtener el grado de maestría en ingeniería presenta:

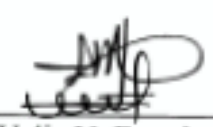
ISRAEL DUEÑAS GONZÁLEZ

Aprobada por:



M.C. ALEJANDRO ROJAS MAGAÑA

Director de tesis



M.C.A. Velia V. Ferreiro Martinez
Miembro del comité



M.C. J. Guadalupe Miramontes de León
Miembro del comité

Tecate, Baja California, México. Diciembre, 2009.

Contenido	
GLOSARIO	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
1 CAPÍTULO I PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN	6
1.1 ANTECEDENTES	6
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.3 OBJETIVOS	9
1.3.1 Objetivo General	9
1.3.2 Objetivos Específicos.....	9
1.4 HIPÓTESIS	9
1.4.1 Hipótesis alterna.....	9
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
1.6 VIABILIDAD.....	11
1.7 APORTACIÓN.....	11
1.8 RELEVANCIA SOCIAL	12
1.9 ESTADO DEL ARTE	12
1.9.1 Ubicación mundial	12
1.9.2 Ubicación nacional.....	13
1.9.3 Ubicación estatal	13
1.9.4 Ubicación Local	13
2 CAPÍTULO II SECCIÓN 8 DE ISO 9001:2000 DE LA COMPAÑIA	15
2.1 SECCIÓN #8 DE ISO 9001:2000 DE TERMISTORES DE TECATE	15
2.1.1 Generalidades [5]	15
2.1.2 Monitoreo y medición.....	15
2.1.2.1 Satisfacción del cliente.....	15
2.1.2.2 Auditoría interna de calidad	16
2.1.2.3 Monitoreo y medición de los procesos.....	17
2.1.2.4 Monitoreo y medición del producto.	17
2.1.2.4.1 Evidencia de conformidad.	18

2.1.2.4.2	La liberación del producto y su entrega.....	18
2.2	CONTROL DE PRODUCTO NO CONFORMANTE	18
2.2.1	Corrección y re-verificación.	19
2.2.2	Retirar del mercado un producto.....	19
2.3.3	REPORTES DE NO CONFORMANCIA.	20
2.3	ANÁLISIS DE DATOS.....	20
2.4	MEJORA	20
2.4.1	Mejora continua	20
2.4.2	Acción correctiva	21
2.4.3	Acción preventiva.	22
2.5	DIAGRAMA DEL CÍRCULO DE MEJORA.....	23
2.6	DIAGRAMA DE PARETO	24
2.7	FLUJO DE UNA NO CONFORMIDAD.....	25
2.8	EXPLICACIÓN DE LA SECUENCIA PARA ELABORAR EL PRODUCTO	29
2.9	CAMBIO DE REVISIONES EN LOS PRODUCTOS	31
2.10	HISTORIAL DE LAS FALLAS Y MEJORAS DEL PRODUCTO	32
2.11	ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL	36
3	CAPÍTULO III RECOPIACIÓN, ANÁLISIS Y PRUEBAS AL PRODUCTO	37
3.1	METODOLOGÍA.....	37
3.1.1	Recopilación de información de fallas en el producto PA2268.....	37
3.1.2	El material en el área de cuarentena.....	42
3.1.3	Clasificación de errores y elaboración de tabla.	43
3.1.4	Resolución de quejas del cliente.	43
3.1.5	Resolución de quejas internas.	44
3.2	MÉTODOS DE ANÁLISIS	45
3.2.1	Prueba no destructiva	45
3.2.1.1	Objetivo	45
3.2.1.2	Materiales y herramientas requeridas.....	45
3.2.1.3	Procedimiento.....	46
3.2.1.3.1	Rayos X.	46

3.2.1.3.2	Arco de corriente eléctrica (Hi-Pot)	47
3.2.1.4	Análisis visual	48
3.2.1.4.1	Uso de microscopio	48
3.2.1.5	Detección de fallas del circuito utilizando el ohmetro	49
3.2.1.6	Medición de la resistencia en el aislante del cable	51
3.2.1.7	Análisis auxiliado por temperatura.....	52
3.2.2	Prueba destructiva	53
3.2.2.1	Objetivo	53
3.2.2.2	Definiciones.....	53
3.2.2.3	Requerimientos generales y procedimientos de precaución.....	53
3.2.2.4	Materiales y herramientas requeridas.....	53
3.2.2.5	Procedimiento.....	53
3.2.2.5.1	Disolución con sustancia corrosiva.	54
3.2.2.5.2	Prensa y martillo.....	56
3.3	CASOS DE ESTUDIO	57
3.3.1	Primer caso de estudio	58
3.3.2	Segundo caso de estudio	58
3.3.3	Tercer caso de estudio.....	60
4	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y CONCLUSIONES	62
4.1	RESULTADOS DE LA DISOLUCIÓN CON SUSTANCIA CORROSIVA.....	62
4.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RAYOS X.....	63
4.3	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE ARCO DE CORRIENTE.	63
4.4	RESULTADOS DEL ANÁLISIS USANDO EL MICROSCOPIO	64
4.5	RESULTADOS DEL USO DE OHMETRO EN LA DETECCIÓN DE CIRCUITOS ABIERTOS O CORTO CIRCUITO	64
4.6	RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA EN EL AISLANTE DEL CABLE.....	66
4.7	RESULTADOS DEL ANÁLISIS AUXILIADO POR TEMPERATURA.....	67
4.8	CONCLUSIONES	68
4.9	RECOMENDACIONES PARA LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS	69
	BIBLIOGRAFÍA	70

ANEXOS	71
ANEXO 1 CERTIFICADO DE ACREDITACIÓN DE ISO 9001:2000.....	71
ANEXO 2: FOTOGRAFÍAS DE FALLAS ENCONTRADAS EN OTROS PRODUCTOS	72
ANEXO 3 DISTRIBUCIÓN DE LA LÍNEA.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS E ILUSTRACIONES

Figura 1-1 : Componentes de un Termistor	7
Figura 2-1 Diagrama del Círculo de Mejora.....	23
Figura 2-2: Gráfico de Pareto.....	25
Figura 2-3 Diagrama de flujo de una queja del cliente o interna.....	26
Figura 2-4 Diagrama de flujo de una queja del cliente o interna.....	27
Figura 2-5: Formato para la solicitud de una no conformidad	28
Figura 2-6: Descripción visual del ensamble al empacarlo	30
Figura 2-7: Descripción visual del ensamble.....	30
Figura 2-8: Descripción visual de detalles del ensamble.....	31
Figura 2-9 Descripción de los procesos y materiales en el producto.....	31
Figura 2-10: Evolución de la mejora en el producto PA2268.....	33
Figura 2-11: Evolución del producto	34
Figura 2-12 Ejemplo de cambio de revisión A a B.....	35
Figura 3-1: Revisión inicial—del producto.	37
Figura 3-2: Revisión A del producto.....	38
Figura 3-3: Revisión B del producto.....	39
Figura 3-4: Revisión C del producto.....	39
Figura 3-5: Revisión C del producto.....	40
Figura 3-6: Revisión D del producto.....	40
Figura 3-7: Revisión E del producto.	41
Figura 3-8: Revisión E del producto.	41
Figura 3-9: Revisión F del producto.	42
Figura 3-10: Aplicación de Rayos X.....	47
Figura 3-11: Uso del microscopio.....	49
Figura 3-12:Falso Contacto.....	51

Figura 3-13: Pieza con epoxy antes de removerlo	54
Figura 3-14: Disolución del epoxy.....	55
Figura 3-15: Pieza antes de ser destruida por el proceso de prensa y martillo	57
Figura 3-16: Remoción del casquillo protector con prensa y martillo.....	57
Figura 3-17 Posicionamiento del termistor dentro del encapsulado	58
Figura 3-18 Colocación correcta del termistor.	59
Figura 3-19 Localización del conector.....	60
Figura 4-1 Lectura de un circuito abierto.....	65
Figura 4-2 Lectura de un falso contacto en un circuito.....	65
Figura 4-3 Variación de la lectura nominal de un circuito	66

Índice de Tablas

Tabla 2-1 Formato de la bitácora de llenado de una no conformidad.....	28
Tabla 2-2 Descripción de la secuencia de la elaboración del producto	29
Tabla 2-3 Formato para la solicitud de una orden de cambio de ingeniería	32
Tabla 2-4: Cambios en el producto, con las fechas cuando fueron efectivas.	33
Tabla 2-5 Producción de piezas de acuerdo a su revisión y quejas	34
Tabla 2-6 Recuadro de revisiones en el dibujo.	35
Tabla 2-7 Ejemplo de queja del cliente.....	36

GLOSARIO

Área de Cuarentena	Lugar designado para ubicar un material que no se debe de usar en producción.
Benchmarking	Técnica de evaluación de calidad de un producto con otro.
Calidad total	Sistema de gestión de calidad.
Círculo de Deming	Proceso de mejora continua que consiste en los 4 siguientes puntos: planear, hacer, verificar, actuar.
ECO	Solicitud de Cambio de Ingeniería por su traducción al ingles que es Engineering Change Order se abrevia con esas letras
Epoxy	Sustancia que protege al termistor. Resina para encapsular
Fixtura	Utensilio diseñado para ayudar a una actividad en específico
Hi-Pot	Por sus siglas en ingles es una prueba eléctrica.
ISO	Organización internacional de estandarización por su traducción al inglés que es International Standard Organization.
Método Toyota	Sistema de producción.
MSC	Manual del Sistema de Calidad
NCA	Abreviación de Acción de No Conformancia por su traducción al inglés que es Non Conformance Action se abrevia con esas letras.
Ohms	Se representa por el símbolo Ω y es la unidad de medida de la resistencia eléctrica.
PA2268	Nombre que se le da al producto final hecho en la fábrica. Es un sensor de temperatura.
Puente Eléctrico	Nomenclatura para denominar continuidad eléctrica.
Reingeniería	Sistema para la ayuda a la mejora del producto
Seis sigma	Metodología para lograr obtener 3 defectos en un millon de productos hechos.
Termistor	Cerámica electro conductiva que cambia sus propiedades de resistencia eléctrica con la variación de la temperatura.
UNIDO y UNDP	Organismos dedicados a la mejora de la calidad de vida.

Resumen

Resumen de la Tesis de Israel Dueñas González presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN INGENIERIA EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD. Tecate, Baja California, México, noviembre de 2009.

“APLICACIÓN DE LA SECCIÓN # 8, DEL SISTEMA ISO 9001:2000 AL PRODUCTO PA2268, EN LA EMPRESA TERMISTORES DE TECATE”

Resumen aprobado por:



M.C.A. ALEJANDRO ROJAS MAGAÑA

Se demostró como la mejora continua se introdujo y adaptó en un producto, en un sistema de calidad de 30 años de antigüedad en una maquiladora mexicana.

Esto se logro en el producto PA2268 (sensor de temperatura) aumentando y estabilizando su calidad.

Para esto se aplicaron puntos de la sección 8 del sistema ISO 9001:2000, como el círculo de mejora continua, apoyándonos con el diagrama de Pareto junto con la elaboración y contestación de las no conformidades del producto PA2268.

En el capítulo 1 se da una introducción a los antecedentes de la fábrica así como una descripción del producto, el problema y una hipótesis para su solución.

En el capítulo 2 se describe la sección # 8 del sistema ISO 9001:2000, diagrama de Pareto, , circulo de mejora, flujo de una no conformidad, historia de revisiones y fallas del producto, y entrenamiento de personal todo esto es para abordar el problema.

En el capítulo 3 se describe la metodología utilizada y el desarrollo de pruebas destructivas y no destructivas para llegar al origen de la causa raíz del problema y casos prácticos de aplicación.

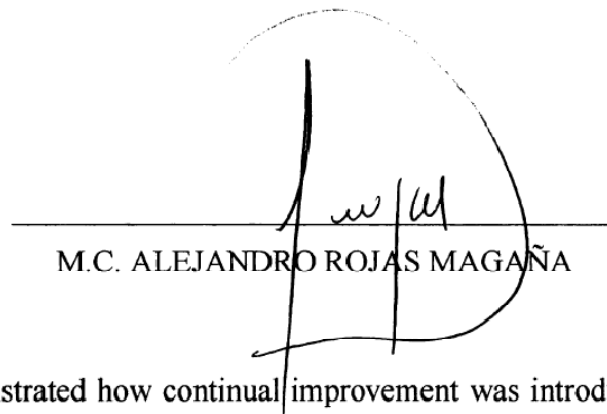
En el capítulo 4 se dan las conclusiones de los resultados al aplicar estas correcciones en la elaboración del producto.

Abstract

Abstract of the thesis, presented by Israel Dueñas González, in order to obtain the MASTER of ENGINEERING DEGREE in PRODUCTION AND QUALITY. Tecate, Baja California, Mexico, November, 2009.

“ISO 9001:2000, SECTION # 8 APPLIED TO PRODUCT PA2268, IN TERMISTORES DE TECATE”

Approved by:



M.C. ALEJANDRO ROJAS MAGAÑA

It was demonstrated how continual improvement was introduced and adopted on a Mexican facility.

This was accomplished thru stabilization and increase of quality on product PA2268 (temperature sensor).

This was accomplished thru the use of parts of section number 8 of ISO 9001:2000, with the use of continual improvement circle and the help of Pareto's chart, together with the elaboration and answering of non conformancies of product PA2268.

Chapter 1 shows an introduction of the company's background, together with a description of the product, problem and a hypothesis for its solution.

Chapter 2 describes ISO's 9001:2000 section #8, Pareto's chart, continual improvement circle, flow of a non conformance, revision history, product failures and employee training, all of this to start the analysis of the problem.

Chapter 3 describes the methodology used and the development of destructive and non destructive tests, in order to be able to find the root cause of the problems, on three case studies.

Chapter 4 mentions the conclusions and results of applying these corrections in the fabrication of the product.

Agradecimientos

A Dios.

A mis Padres.

A mi Esposa.

1 CAPÍTULO I PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El desarrollo humano hacia una vida más placentera impulsa a satisfacer estas demandas de una forma mejor, rápida y económica, en fin más competitiva [1]. Conforme las nuevas tecnologías se desarrollan, es necesario fabricarlas masivamente para poder satisfacer la demanda mundial. El incrementar la producción se convierte en un reto, es más grande este mismo cuando la calidad tiene que crecer en conjunto con esta producción.

Hay tecnologías poco tolerantes en errores para su funcionamiento, por ejemplo la industria de la aviación, la eléctrica, médica, militar, etcétera. (ya que un error puede dañar al usuario). Para que una empresa pueda subsistir tiene que equilibrar su capacidad de producción con su capacidad de calidad, la gestión empresarial [2] nos demuestra que no basta un sistema de calidad que nos permita retener a clientes y ser recomendados, sino que también es necesaria la nueva tecnología, que nos impulsa, en conjunto con la manufactura y la calidad necesaria para lograr esta producción.

Dependiendo del giro de la empresa es el nivel de calidad exigido por el producto, en la industria maquiladora, establecida en países en vías de desarrollo, se puede tener acceso a tecnologías de vanguardia que exigen técnicas de producción modernas así como método de supervisión de calidad a la par. La supervivencia misma de la maquiladora exige irse actualizando.

La empresa donde se efectúa este estudio ha tenido el reto de enfrentar los cambios de varios sistemas de calidad hechos a la medida, a sistemas con estándares reconocidos mundialmente (ISO 9001:2000), que le permita competir globalmente.

Esta empresa se dedica a la fabricación de sensores eléctricos de temperatura, desde 1978. Estos sensores consisten de una cerámica conductora (ver Figura 1-1 : Componentes de un Termistor) de electricidad que varía sus propiedades físico-químicas al ir sufriendo cambios de temperatura, una propiedad que tiene es que limita el paso de electrones a través de ella con relación a la temperatura, este fenómeno se mide con mecanismos eléctricos logrando una resolución de 0.001° centígrados (es difícil llegar a este espectro de resolución). La aplicación en utensilios eléctricos es muy amplia (se usan en cualquier

lugar donde se requiera saber la temperatura electrónicamente), como refrigeradores, hornos industriales, placas de circuitos eléctricos, productos médicos etcétera.

El principio de diseño es el mismo para todos los productos, consiste en tomar una cerámica y colocarla en medio de dos alambres conductores, se les aplica soldadura para mantener la cerámica en su lugar, las características como la longitud de los alambres, el tamaño de la cerámica, colores de los componentes conforman una gran variedad de productos.

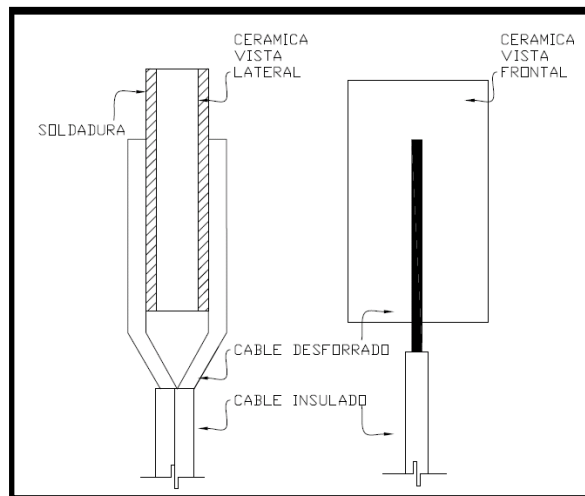


Figura 1-1 : Componentes de un Termistor

Cada ensamble cuenta con características únicas. Las del producto que queremos analizar (el número de identificación del producto en cuestión es PA2268) obedecen a un diseño del cliente [3], el trabajo de producción y calidad consiste en apegarse a estas características en la elaboración del producto. Para que la producción pueda cumplir con los requisitos del cliente existen tolerancias que se diseñan junto con el ensamble, las cuales marcan los límites de aceptación.

Dentro de la planeación estratégica de la empresa está contemplado el alineamiento del sistema de calidad con los estándares marcados por el sistema ISO 9001:2000, éste se logra cumpliendo los requisitos marcados por la misma norma, éste cambio involucra a todo el personal de la empresa, lo que representa un reto de convencimiento y entrenamiento para ajustar y hacer el hábito de seguir una metodología, romper paradigmas para lograr un apoyo y entrega total de todos los involucrados.

Con el sentido común y el involucramiento de las personas basta para lograr una mejora en la calidad, pero muchas veces mantenerse en este nivel resulta muy difícil, si no se tiene un sistema que automatice la gestión de la calidad. Existen varias metodologías para mejorar la calidad como benchmarking, calidad total y la reingeniería por mencionar algunas, lo que a veces no es suficiente, ya que se involucran factores culturales, raciales, de idiosincrasia, de educación, religión. Se vió como una opción viable la aplicación de la sección #8 del sistema ISO 9001:2000 para cubrir los requisitos marcados en esta planeación.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al pasar de un sistema gerencial hecho a la medida a uno con estándares internacionales se está obligado a cubrir ciertos requisitos necesarios para el cumplimiento de la norma. El sistema ISO 9001:2000 exige la mejora continua en los procesos, pero la empresa se topa con variables antes no consideradas, como son, documentación inadecuada, resolución ineficaz de problemas, mentalidad acorde al lugar de convivencia, se enfrenta a la realidad de la empresa pero ahora ya no se permite ignorar la problemática, el sistema ISO 9001:2000 exige la solución del problema de raíz y la no repetición del mismo.

El problema es que no se tiene una metodología documentada y comprobada para mejorar y estabilizar la calidad del producto PA2268.

Ésta fábrica paso más de 30 años con un sistema autodidacta de gestión de calidad que cubría únicamente las necesidades surgidas espontáneamente, muchas de estas repetidas constantemente por no atacar al problema de raíz, sin un mecanismo de acción correctiva que comprometiera a las partes involucradas, se repiten los mismos problemas.

Aunque el sistema de ISO 9001:2000 es un sistema muy extenso, se enfocara únicamente en la mejora continua en la sección # 8 aplicado a un producto. Es aquí donde se define el problema al tratar de solucionar las quejas del cliente, ya que la mesa directiva se dio cuenta de que no existía una metodología para poder solucionar los problemas de raíz para poder lograr la no repetición de errores, y la investigación para encontrar la causa de estos errores, por esta razón este estudio propondrá técnicas de cómo encontrar la causa

raíz de los problemas y así poder corregir y adaptar la documentación, el entrenamiento de personal [4], en si todo lo necesario para que se pueda cumplir la satisfacción del cliente en esta sección de la norma para el producto PA2268.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Establecer una metodología para estabilizar y mejorar la calidad del producto PA2268 utilizando puntos de la sección número 8 de ISO 9001:2000, así como también el diagrama de Pareto y técnicas propias desarrolladas en este trabajo de investigación.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Recolectar información del producto PA2268.
- Analizar los puntos aplicables de la sección número 8 del sistema ISO 9001:2000 para mejorar y mantener la calidad del producto.
- Coleccionar información de los errores y sus análisis encontrados en el producto PA2268.
- Aplicar la metodología del Diagrama de Pareto para analizar las causas más importantes de errores en el producto PA2268.
- Aplicar la metodología diseñada para el producto PA2268.
- Coleccionar información posterior a las modificaciones del diseño del producto PA2268 para comprobar su efectividad
- Escribir una metodología para encontrar la causa raíz, y resolver los problemas involucrados en la mejora del producto PA2268.

1.4 HIPÓTESIS

¿Se podrá demostrar que utilizando puntos de la sección número 8 del sistema ISO 9000:2001 así como técnicas de diagrama de Pareto y técnicas desarrolladas de análisis sea suficiente para lograr una mejora en la estabilidad y calidad del producto PA2268?

1.4.1 Hipótesis alterna

La estabilidad y mejora en la calidad del producto PA2268 es aceptable y no requiere aplicar las técnicas descritas de mejora

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El inicio de esta investigación obedece a una planeación estratégica, esto gracias a una recuperación exitosa de la empresa de una posible quiebra.

Los primeros 2 años antes de aplicar ISO 9001:2000 se recuperaban datos informalmente, esto originaba que no se registrara el trabajo de mejora de calidad en el producto PA2268 y por lo tanto no se podía medir el desarrollo.

La empresa tiene 2 años que cumple con la norma ISO 9001:2000 se ha ido desarrollando la disciplina de documentación. Se justifica este trabajo ya que han aplicado técnicas que con cierta lógica se adaptan y desarrollan la mejora del producto.

Gracias a esta disciplina explicada en esta tesis se acierta mas a la solución de los problemas surgidos en el producto, antes era muy difícil encontrar la causa raíz del problema, se tardaba uno mas, por no tener un método el trabajo y a veces resultaba infructífero

El sistema ISO 9001:2000 tiende a estandarizar y unificar los criterios de fabricación de una empresa, también tiene la característica de mejorar la calidad del producto al que se aplica. Este trabajo de investigación se centra en lo esencial de esta característica, que es demostrar cómo se ha logrado mejorar los procesos a través de observaciones hechas en piezas defectuosas, como se miden, planean, interactúan y se revisan éstas implementaciones.

Esta tesis se centra en el punto número 8 del sistema ISO 9001:2000, en el círculo, de mejora de calidad y el diagrama de Pareto, se propone una metodología para la resolución de quejas internas o externas provocadas por defectos en los procesos de fabricación.

Estudiantes y trabajadores se pueden beneficiar con este estudio, ya que aplicando las técnicas aquí descritas en materiales similares se pueden lograr una mejora.

Para que estos cambios tengan efecto al solucionar los problemas de raíz, es necesario un constante monitoreo de los procesos hasta obtener un nivel de confiabilidad aceptable y se puedan retirar poco a poco estos monitoreos.

La demostración de este sistema puede sugerir una guía de implementación de un sistema de calidad que involucre a los altos directivos como a los trabajadores, para

solucionar los problemas con un círculo de Deming por medio de acciones correctivas o preventivas.

Éste estudio es significativo porque propone una metodología que puede demostrar que la mejora continua en un producto es posible aplicando el análisis aquí descrito.

1.6 VIABILIDAD

Al tiempo de realizar este estudio el investigador se encuentra laborando en esta compañía, donde una de sus tareas tiene que ver con la resolución de quejas internas y externas. Al ir resolviendo estas quejas se fueron creando técnicas nuevas en la detección de errores, gracias a la aplicación de acciones correctivas generadas por quejas anteriores. El estar en primer plano en la resolución de quejas da la oportunidad de aplicar y comprobar las supuestas correcciones y hacerlas realidad cuando se demuestre su viabilidad y su funcionamiento.

El proyecto es viable porque se basa en una tarea rutinaria del trabajo del investigador.

Se tiene acceso a la información necesaria del producto para investigar, aplicar y solucionar los temas en discusión.

El costo de este estudio es mínimo ya que no se gasta en equipos de experimentación ni se desvía al investigador de sus actividades diarias pues es parte de su trabajo. El costo del equipo y documentación corre por parte de la empresa.

El área de estudio está dentro de la empresa donde labora el investigador, por lo que no hay costos de traslado.

Hay muchas áreas de oportunidad para este estudio, ya que es un producto que se elabora todo el turno de trabajo durante todo el año,

1.7 APORTACIÓN

La aportación es el diseño de un modelo de análisis de mejora de calidad basada en la sección número 8 del sistema ISO 9001:2000 el círculo de mejora de Deming, con apoyo del diagrama de Pareto y técnicas de análisis desarrolladas, este sistema de análisis se puede utilizar a un costo bajo.

1.8 RELEVANCIA SOCIAL

La empresa ha estado en la comunidad por un período de 30 años y ha ayudado a la sociedad en actividades culturales, donaciones, becas, etcétera., al aplicar un sistema que le permita mejorar su calidad y mantenerla, está ayudando a que continúe generando ayuda para la comunidad.

El nivel exigido de calidad de un producto es el mismo si se fabrica aquí en México que en cualquier parte del mundo, pero la calidad de vida de los individuos que lo fabrican no es el mismo, si la calidad se basa en dar al trabajador un salario digno para poder exigir una calidad, en México se hacen esfuerzos para que esto se logre, ya que los salarios son muy raquíticos y el nivel de vida es muy bajo. Es por eso que es importante diseñar sistemas que permitan trabajar en estos ambientes.

Otro aspecto importante a considerar es que la calidad debe ser compartida, así como se le llama la atención al trabajador cuando una pieza sale mal, también se le debe de compensar cuando su calidad aumenta, pues desde la perspectiva del trabajador este sistema no es justo, está en manos de él, el mejorar la calidad del producto pero si no se le incentiva no siente la responsabilidad de mejorarla. Este sistema contempla el reentrenamiento de las personas a un nivel que se pueda lograr una calidad satisfactoria para la elaboración del producto.

El impacto de este estudio es el poder reproducirlo en otro producto, que establezca y mejore la calidad, esto se puede aplicar en otras industrias localmente. El beneficio que otorgaría a otras maquilas es el ahorrar tiempo y dinero en encontrar una forma de mejorar sus productos.

1.9 ESTADO DEL ARTE

1.9.1 Ubicación mundial

A nivel mundial existen organismos relacionados con la calidad, tal es el caso del organismo ISO 9001:2000 que se encarga de la estandarización de normas, en este caso aplicadas a la gestión de calidad. Existen otras corrientes de calidad como el Método Toyota, Seis Sigma, también orientadas a la mejora del producto y por ende la mejora de

vida de todos, también existen organismos interesados en mejorar el nivel de vida como el grupo UNIDO y UNDP, que a nivel industria los más conocidos son los primeros.

1.9.2 Ubicación nacional

A nivel nacional la estandarización de normas se rige por la Norma Oficial Mexicana (NOM), también tenemos instituciones creadas para impulsar el desarrollo de la calidad como imecca (Instituto Mexicano de Control de Calidad)¹ y grupo ema². Por lo general las matrices de estos organismos están localizadas en el centro de la República, y para tener acceso a ellos se tiene que acudir al Distrito Federal, o por medio de Internet.

1.9.3 Ubicación estatal

A nivel regional tenemos el Instituto de Baja California para la Calidad, que debido a la gran concentración de maquiladoras en Tijuana o en Mexicali, ha generado un incremento de organismos que gestionen calidad. También se puede tener un acceso a recursos de calidad, Cetis Universidad ofrece cursos orientados a la aplicación de la calidad en los productos, también enfocados en los sistemas de ISO 9001:2000, en la ciudad de Ensenada tenemos organismos como el CICESE el cual también ofrece este tipo de cursos, en Mexicali también existen organismos como universidades o instituciones privadas que ofrecen consultoría para la aplicación de sistemas de mejora continua.

1.9.4 Ubicación Local

A nivel local, tenemos empresas que se han certificado en varios sistemas de calidad incluyendo ISO 9001:2000, ejemplos de ellas tenemos a Rockwell Tecate, Westmed de Mexico, HartWell Dzeus, entre otras. Algo que caracteriza a éstas empresas es que son empresas internacionales mientras que en las empresas netamente nacionales es bajo o nulo el porcentaje que trabaja con un sistema de ISO 9001:2000 o algún sistema de gestión de calidad, ejemplo de ellos son los talleres de torno que existen en la localidad, así como talleres de carpintería o servicios automotrices, siendo difícil encontrar una institución pública que se dedique a la impartición de sistemas de ISO 9001:2000 o de gestión de calidad. La Universidad local de Tecate ofrece en una de sus carreras materias enfocadas a la calidad industrial.

¹ www.economia-noms.gob.mx

² www.ema.org.mx

Como gran auxiliar para determinar una metodología existen infinidad de organismos o comunidades dedicados a la actividad de mejora continua que se pueden localizar por medio de internet, ejemplo de ellos están en el sitio de Internet del sistema ISO 9001:2000 ³, también el Instituto de calidad norteamericano⁴, así como infinidad de libros, documentales, revistas, que pueden ser adquiridos a través de Internet.

³ www.iso.org

⁴ www.asq.org

2 CAPÍTULO II SECCIÓN 8 DE ISO 9001:2000 DE LA COMPAÑIA

2.1 SECCIÓN #8 DE ISO 9001:2000 DE TERMISTORES DE TECATE

2.1.1 Generalidades [5]

Para asegurar que exista conformidad con: el producto, con el manual del sistema de calidad y el de lograr una mejora continua del MSC se deben de planear, definir e implementar los siguientes aspectos:

- Monitoreo.
- Medición.
- Análisis.
- Procesos de Mejora.

Éstas actividades incluyen:

- La evaluación de la satisfacción del cliente.
- Conducir auditorías internas de calidad.
- El monitoreo y medición de los procesos.
- El monitoreo y medición del producto.

El procedimiento del sistema de calidad detalla los procedimientos que gobiernan la selección y el uso de técnicas estadísticas en: la medición, análisis y mejora.

2.1.2 Monitoreo y medición

2.1.2.1 Satisfacción del cliente.

La comunicación del cliente con el personal provee la fuente primaria para evaluar su satisfacción.

El vicepresidente de ventas y mercadeo tiene la responsabilidad general de:

- Identificar y revisar los requerimientos del cliente.
- Monitorear y medir la satisfacción del cliente.

Esto se hace como sigue:

- a) Las quejas del cliente son inmediatamente transferidas al:

Departamento apropiado, ya sea el de ventas, servicio al cliente o al personal de ingeniería para su resolución.

- b) Si estos departamentos no pueden solucionarlo, entonces la queja se transfiere al director de operaciones y calidad para que asigne otro gerente o función que sea apropiado para su resolución.
- c) Donde sea apropiado, las quejas del cliente son documentadas y monitoreadas en conjunto a su resolución a través del proceso de acción correctiva o preventiva.
- d) El departamento de ventas y servicio encuestan al cliente para ver cómo se están logrando sus requerimientos y documenta algunas recomendaciones para mejorar. La encuesta al cliente junto con otro tipo de información (se incluyen quejas escritas o verbales) son revisadas por el departamento de ventas y servicio para iniciar una acción preventiva o correctiva de acuerdo como se necesite.
- e) El vicepresidente de ventas y mercadeo, periódicamente revisa los datos que arrojan la satisfacción del cliente y cualquier otra información que el cliente retroalimente (incluyendo las quejas), así como también el progreso hacia lograr la satisfacción del cliente a través de una mejora de objetivos y provee recomendaciones relacionadas para que la alta gerencia las revise.

2.1.2.2 Auditoría interna de calidad

El director de operaciones de calidad tiene la responsabilidad total de manejar las auditorías en el proceso de auditorías internas, tal como se resume a continuación:

Las auditorías internas son conducidas en concordancia con una bitácora publicada que identifica el objetivo de la auditoría y su frecuencia. La bitácora se hace en base al estatus de importancia de la actividad en auditar y de los resultados de auditorías previas. Cada uno de los procesos claves del manual del sistema de calidad se revisa por lo menos una vez al año.

Las auditorías se hacen por personas entrenadas que no tienen una responsabilidad directa en la actividad que se está auditando. Se preparan cuestionarios para auxiliar la consistencia y comprensión de la auditoría. Los auditores registran y pasan sus resultados a la alta gerencia.

En un período apropiado se implementan acciones correctivas para eliminar las no conformancias y sus causas, se inician otras acciones apropiadas en respuesta a la

oportunidad que encontró el empleado para mejorar. Se verifica que la acción propuesta siga siendo efectiva a través del tiempo.

El director de operaciones y calidad mantiene todos los registros de auditorías internas, estas incluyen:

- Los resultados de los seguimientos.
- Las revisiones periódicas de las auditorías internas.
- El progreso de lograr los objetivos de mejora sobre todo enfocada a la efectividad del manual del sistema de calidad.

También provee recomendaciones relacionadas para la revisión a la alta gerencia.

2.1.2.3 Monitoreo y medición de los procesos.

Para monitorear y medir los procesos del manual del sistema de calidad se aplican los métodos apropiados, estos se:

- A) Documentan.
- B) Miden.
- C) Controlan.
- D) Evalúan.

Esto se hace para asegurar que son efectivos (como ejemplo: el lograr los resultados deseados) y para identificar oportunidades de mejora.

Para cuantificar la efectividad y eficiencia se desarrollan marcadores especiales.

El proceso de la auditoría interna de calidad es usado para ayudar al proceso de efectividad del manual del sistema de calidad (por ejemplo el resultado deseado u objetivos establecidos son logrados).

El director de operaciones y calidad es responsable para planear e implementar actividades de inspecciones formales en el proceso, incluyendo las que utilizan técnicas estadísticas para asegurar el control del proceso del producto, proyecto o nivel de contratación.

2.1.2.4 Monitoreo y medición del producto.

El director de operaciones y calidad tiene la responsabilidad total de planear e implementar la efectividad de:

- a) El monitoreo del producto.

- b) Los sistemas de medición incluyendo entrada de insumos.
- c) Inspección final y en proceso.
- d) Actividades de prueba.
- e) Usar técnicas estadísticas apropiadas necesarias para asegurar un control del proceso del producto, proyecto o contrato.

La Inspección de entrada se efectúa para asegurar la calidad del producto comprado.

El personal de producción y de servicio a través de la realización de los procesos o servicio del producto efectúan el monitoreo del proceso, e inspecciones formales de proceso. Todos los productos terminados y servicios completados son verificados al final por inspecciones o pruebas especificadas en la instrucción de trabajo.

Los productos no se liberan para el envío hasta que se reúnan todos los requisitos del cliente.

2.1.2.4.1 Evidencia de conformidad.

Los registros de prueba e inspección son mantenidos tal como se especifica en la bitácora de retención de registros. Estos registros incluyen la autoridad final de inspección, y confirman que todos los parámetros críticos identificados en la instrucción de trabajo están en concordancia con los requerimientos establecidos y dentro de especificaciones.

2.1.2.4.2 La liberación del producto y su entrega.

El producto es normalmente liberado o entregado después de:

- a) Que todas las inspecciones planeadas y pruebas se han completado.
- b) Que los registros se hayan mantenido para proveer evidencia de conformidad con el criterio de aceptación.
- c) El de identificar la persona que autoriza la liberación producto. El producto no conforme se identifica y controla para prevenir su uso inadvertido.

2.2 CONTROL DE PRODUCTO NO CONFORMANTE

El director de operaciones y calidad tiene la responsabilidad total de implementar un proceso efectivo para: a) identificar, b) documentar, c) segregar, d) evaluar y e) disponer del producto no conforme tal como se describe a continuación:

- a) Identificación. La identificación de un producto no conforme se origina desde la inspección, pruebas internas o quejas del cliente. El empleado claramente marca o identifica el producto no conforme.
- b) Documentación. El director de operaciones y calidad, o designado, meterá la no conformidad dentro del sistema de materiales no conformantes, identificando la no conformidad del producto junto con el número de lote si está disponible y una descripción de la no conformidad.
- c) Segregación. Producto no conforme es segregado para una evaluación y disposición pendiente.
- d) Evaluación: los gerentes de planta a través del personal autorizado realizarán la evaluación inicial de los productos de no conformidad de acuerdo con las pruebas y procedimientos de inspección aprobados. Donde sea necesario, el departamento de ventas, ingeniería, producción o cualquier otro departamento técnico puede involucrarse y dar recomendaciones para la disposición del material.
- e) Disposición: Se documentarán los resultados de la evaluación y las disposiciones resultantes determinadas. Estas pueden incluir:
 - Retrabajo para reunir requerimientos especificados.
 - Reestructurar para una aplicación alternativa.
 - Usar tal como está (bajo el consentimiento del cliente u otras aprobaciones requeridas por otra autoridad).
 - Usar tal como está con una desviación de los requerimientos de la autoridad relevante.
 - Regresar al proveedor.
 - Desechar u otras disposiciones (en concordancia con controles ambientales apropiados)

2.2.1 Corrección y re-verificación.

El retrabajo de producto no conforme es verificado después de la corrección para demostrar la conformidad de los requerimientos originales.

2.2.2 Retirar del mercado un producto.

En la situación que un producto defectuoso es detectado después de su envío o que su uso ya esté en proceso, el director de operaciones y calidad notificará al cliente e iniciará

una acción apropiada para las secuelas de la no conformidad. Donde sea apropiado, el retiro de mercancía se iniciará basado en datos de rastreabilidad, datos originados al retirar del mercado y datos de registros.

2.3.3 Reportes de no conformidad.

Registros de la naturaleza de no conformancias y cualquier acción subsecuente incluyendo concesiones obtenidas se mantendrán en concordancia al producto no conforme, y procedimientos de inspección y prueba aplicables.

2.3 ANÁLISIS DE DATOS

2.4.1 Análisis de datos.

La alta gerencia, los gerentes y supervisores coleccionan y analizan información apropiada usando técnicas estadísticas para determinar:

- A) La efectividad.
- B) El que se hayan adecuado los elementos del manual de sistema de calidad que apliquen a su área de responsabilidad
- C) El de identificar áreas de oportunidad de mejora.

Como mínimo la información es analizada para asegurar que estén logrando los objetivos de calidad relacionados con:

- A) Satisfacción al cliente.
- B) Desempeño de los vendedores.
- C) Efectividad total del sistema de calidad (incluyendo una medición de repetición de descubrimientos hallados en auditorías internas de calidad y otras fallas internas o acciones correctivas/preventivas inefectivas).
- D) Eficiencia general operacional.
- E) Competencia y efectividad del entrenamiento.
- F) Desempeño del producto/servicio.

La alta gerencia revisa los resultados del análisis de datos junto con las recomendaciones y determina que acción tomar. Esto lo hace en sus juntas gerenciales.

2.4 MEJORA

2.4.1 Mejora continua

La alta gerencia revisará medidas tales como:

- A) La satisfacción del cliente.
- B) Auditoría interna.
- C) Desempeño del producto.
- D) Desempeño de los procesos.
- E) Acciones correctivas.

Esto es para identificar oportunidades de mejora que caen dentro de la línea de mejora de objetivos.

La efectividad de las acciones correctivas y preventivas tomadas así como también del progreso total hacia lograr la mejora de los objetivos es estudiada a través de los procesos de revisión gerenciales. La base que mide el desempeño empieza por reunir los requisitos del cliente en el manual del sistema de calidad.

Todas las entradas a la revisión gerencial de procesos son usados para establecer nuevos y/o modificar objetivos de mejora y para iniciar acciones adicionales de mejora.

El director de operaciones y calidad tiene la responsabilidad total de establecer y de implementar la efectividad de la acción correctiva y preventiva del sistema, tal como se menciona en las siguientes secciones.

2.4.2 Acción correctiva

Los impulsores de las acciones correctivas son las no conformacias, insatisfacción del cliente e ineffectividad de los procesos.

Estos son indicadores de problemas que existen actualmente y que requieren una acción inmediata enfocada a eliminar o reducir la probable recurrencia del mismo.

Un proceso crítico del proceso de la mejora continua es la investigación y eliminación de una causa raíz de estas fallas.

Dependiendo de la magnitud del problema encontrado, se aplican los controles y seguimientos apropiados para asegurar la efectividad de la acción correctiva.

La alta gerencia resume y analiza la información de las acciones correctivas para:

- a) Identificar necesidades.
- b) Tendencias para apoyar la efectividad total del sistema de acciones correctivas.
- c) Desarrollar recomendaciones relacionadas con su mejora.

Los resultados y recomendaciones relacionados de estos análisis son presentados durante la revisión gerencial.

2.4.3 Acción preventiva.

Se reúne información de los siguientes elementos:

- A) Información de auditorías internas
- B) Retroalimentación del cliente.
- C) Acciones correctivas.
- D) Sugerencias del empleado

Se identifican las acciones necesarias para eliminar las causas de un problema potencial y por lo tanto prevenir su recurrencia.

La alta gerencia resume y analiza las acciones preventivas para identificar tendencias, esto es para ayudar a la efectividad del sistema de acciones preventivas y de desarrollar recomendaciones relacionadas para la mejora. El sistema de acciones [11] preventivas es considerado efectivo si las pérdidas potenciales se pueden evitar, gracias al resultado de éste análisis. Se presentan recomendaciones relacionadas para su revisión y acción durante las juntas gerenciales [12].

2.5 DIAGRAMA DEL CÍRCULO DE MEJORA

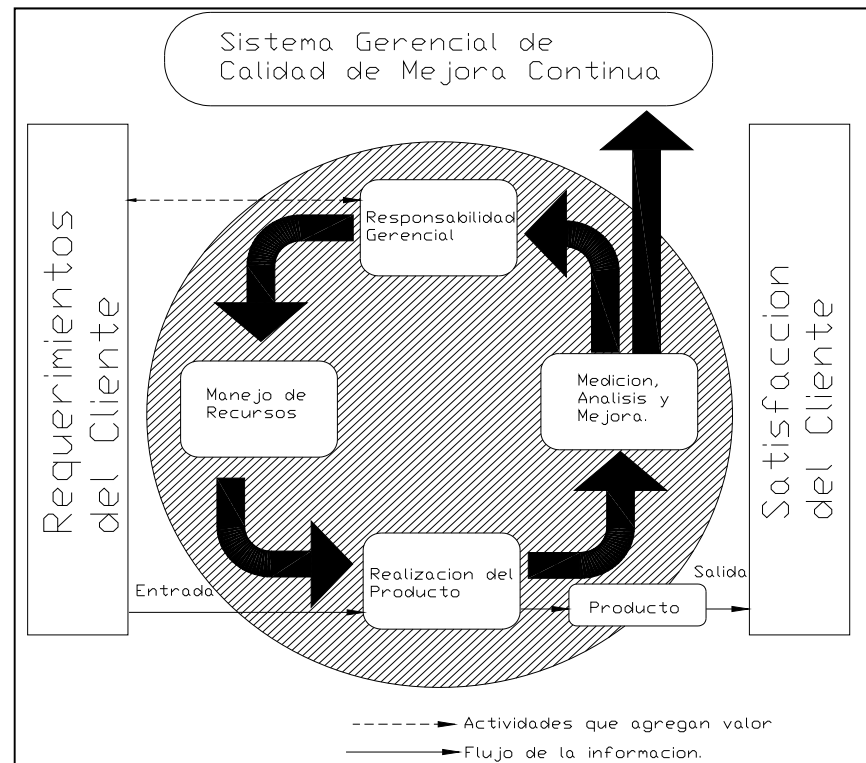


Figura 2-1 Diagrama del Círculo de Mejora

En este cuadro se centra la importancia del estudio, en el círculo [6] hay cuatro conceptos muy importantes para la mejora continua, estos cuatro conceptos tienen que interactuar uno con el otro pero más que nada la responsabilidad gerencial es la que va a determinar la pauta, la responsabilidad y el compromiso de las personas para solucionar esto, si no hay un apoyo gerencial difícilmente se logra una mejora.

En este cuadro, todo empieza con un requerimiento del cliente donde la empresa se compromete a la realización de este requerimiento a su satisfacción, si se sigue la línea de abajo se ve que es una línea recta desde la entrada hasta la salida del producto pero más arriba de ella hay otras que están involucradas en la realización del producto. [7]

La realización del producto viene desde diseño, selección de materiales, y cualquier involucramiento de personas y cosas necesarias para hacer este producto, sin embargo tiene que existir una retroalimentación para saber si se están cumpliendo estos requisitos, ya que puede ser que los procesos estén muy largos y el ingeniero de diseño no se dé cuenta si lo que él propuso en el diseño es lo correcto o necesita alguna modificación, existen varias técnicas para medir analizar y mejorar los productos [8] es aquí donde podemos echar

mano de técnicas estadísticas para poder predecir áreas potenciales de error y emprender medidas preventivas para que esto no suceda.

También algo importante en esta área es la medición, el análisis y la mejora [9] de los entrenamientos de las personas para ver si están realmente capacitadas para efectuar los trabajos que se están pidiendo, (en esta empresa se maneja una matriz de entrenamiento y se verifica semestralmente los entrenamientos de las personas, se les audita para medir que sigan haciendo bien el producto, es interesante ver cómo hay personas que intervienen en el proceso con un mínimo de entrenamiento).

El siguiente paso es la responsabilidad gerencial, la cual tiene que dar un seguimiento y respuestas a los problemas o áreas de oportunidad que se hayan visto en las mediciones, análisis y mejora del producto. En la empresa Termistores de Tecate se usan por lo general los documentos de no conformidad para crear un compromiso de las personas involucradas en solucionar esta inconformidad. De aquí el siguiente paso es el manejo de recursos, la alta gerencia determina qué recursos destinar y para qué áreas, pues los compromisos hechos al cliente exigen una mejor planeación de los recursos existentes en el momento de comprometerse con el cliente no se sabía bien si los recursos estaban distribuidos de una forma correcta.

En la parte superior de este cuadro existe la leyenda del sistema gerencial de mejora continua, éste sistema es el que nos gobierna a todos y por el cual nos enfocamos para lograr la satisfacción del cliente. La tesis se enfoca en la sección ocho de este sistema, la cual es únicamente una fracción de la totalidad de éste sistema, pero por razones de delimitaciones de estudio únicamente se enfocará la sección número ocho.

2.6 DIAGRAMA DE PARETO

Elaboración de un Diagrama de Pareto [10]:

La finalidad de éste diagrama es darnos un idea de cuál problema hay que atender primero, también se le conoce como la ley 80-20, donde nos hace suponer que el 80% de la mayoría de los problemas proviene de muy pocas causas o del otro 20% restante.

Para aplicar estas herramientas en un diagrama de Pareto, necesitamos tener un historial de errores efectuados, ya que los vamos a enumerar y a contabilizar, los errores que sean originados por una misma causa se agrupan en una clasificación, y así sucesivamente hasta tener varias clasificaciones.

La suma de todos los errores de estas clasificaciones proponemos que sea el 100%. Esta clasificación la ordenamos de una forma descendente, ponemos la clasificación con mayor número de errores primero, y al último la que tiene menos número de errores que todas, se puede decidir eliminar o controlar el error más costoso o el error más repetitivo, por lo general la directiva se decide por el error que represente mayor potencial en costo.

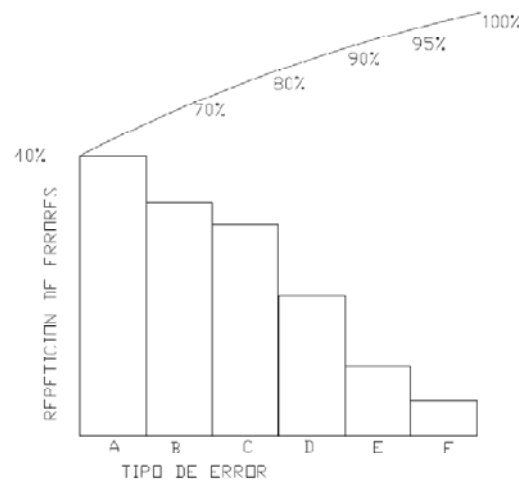


Figura 2-2: Gráfico de Pareto

2.7 FLUJO DE UNA NO CONFORMIDAD

Un aspecto importante en el servicio al cliente [3] es cómo las quejas del cliente son atendidas. Una compañía astuta recibe de buena voluntad las quejas del cliente, ya que si son manejadas en una forma correcta, esto puede prevenir que el cliente quiera cambiar de proveedor, incrementa la lealtad, mejora ventas y resulta en una recomendación del cliente con otras personas. [2]

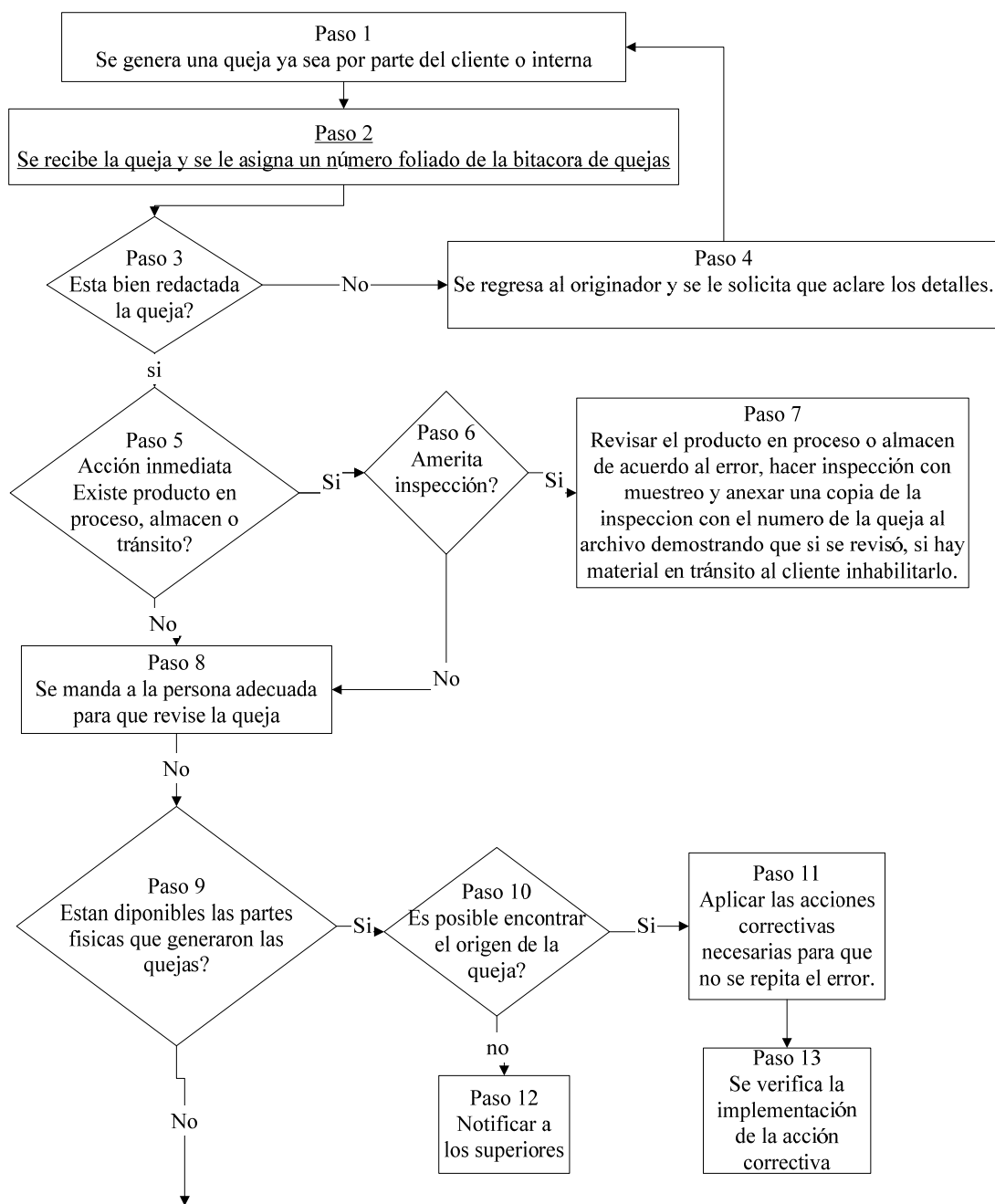


Figura 2-3 Diagrama de flujo de una queja del cliente o interna

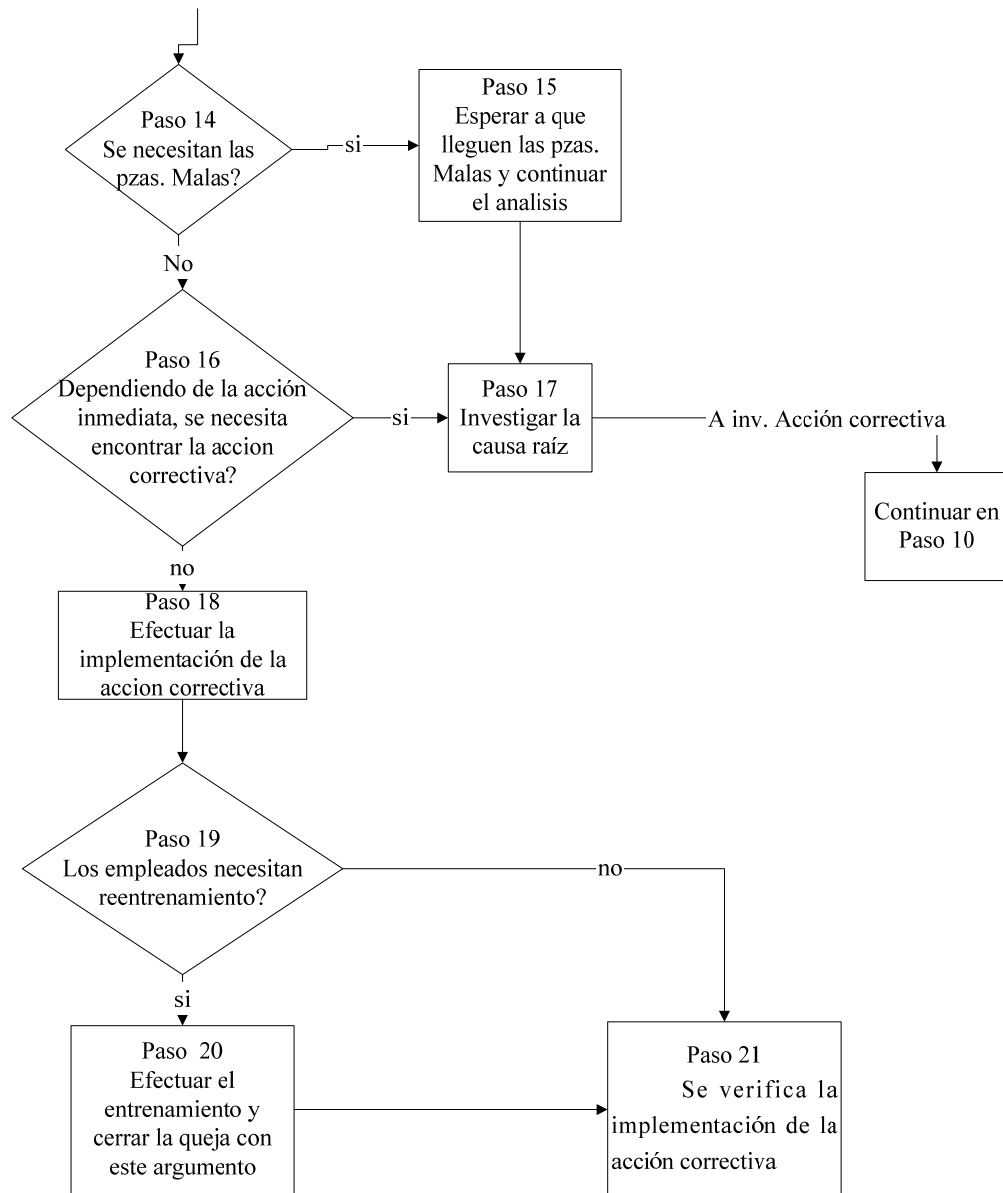


Figura 2-4 Diagrama de flujo de una queja del cliente o interna

Cuando llega una queja se origina una no conformidad, se manifiesta ésta en un formato de no conformidad, pasa al departamento correspondiente para que se le dé respuesta en un tiempo razonable, si es necesario se involucra la alta gerencia para la resolución de esta⁵.

⁵ Ver sección 2.2.2.1 Atención a clientes



NONCONFORMING AND CORRECTIVE ACTION

Log Facility ☐ TDT ☐ IRV ☐ CHN

Date Received
Originator

☐ Customer ☐ Vendor ☐ Internal

Contact
Company
Phone/Email

Part #
Quantity
Part Descr.
ASI PO-SO-WO-Lot

Deviation Doc #

Cust/Vend Part & Ref

Customer Complaints Only
☐ Parts within warranty
☐ Medical application
☐ Parts used within specs

Description of Nonconformance

☐ RMA Authorized

Disposition of Materials

☐ Use as Is ☐ Return to Vendor ☐ Rework/Repair ☐ Scrap ☐ Other – describe below

Inspected: Date Name Date Name

Immediate Action

Completed by: Date Name

Corrective Action (include cause) Respond by date:

Completed by: Date Name

Approvals (at least two signatures by manager, supervisor or engineer in affected departments)

Engineering	Signature	Date
Production	Signature	Date
Sales	Signature	Date
Quality	Signature	Date
Verification	Signature	Date

Uncontrolled Document When Printed
Verify That Document Matches On-Line Document Prior To Use

Form 8.5.2-1 Rev A

Figura 2-5: Formato para la solicitud de una no conformidad

Se llena una bitácora de quejas con las siguientes características:

Tabla 2-1 Formato de la bitácora de llenado de una no conformidad

#d e NCA (1)	Fecha de entrada [2]	Fecha final [3]	Descrip. de la no conformidad o actividad de la autorización de la desviación. [4]

La 1ª columna se refiere a un número único que se le dá a la queja.

La 2ª columna es para registrar la fecha en que la persona se está iniciando la queja.

La 3ª columna se utiliza cuando se resuelve la queja.

La 4ª columna es la descripción de esta queja.

Desde el momento en que el cliente habla al departamento de quejas, se asigna un número único a esta queja y se le notifica al departamento correspondiente para su resolución.

Se llena un formato de una no conformidad:

2.8 EXPLICACIÓN DE LA SECUENCIA PARA ELABORAR EL PRODUCTO

Tabla 2-2 Descripción de la secuencia de la elaboración del producto

Descripción de la actividad	Op.	Ins.	Trans.	Demor	
1.					
2. Cortar cable	X				
3. Desforrar manga	X				
4. Desforrar el cable	X				
5. Estañar las terminales	X				
6. Cortar el tubo	X				
7. Reducir el tubo sobre la junta de soldadura	X				
8. Reducir el tubo sobre el extremo donde va el termistor.	X				
9. Reducir el tubo sobre el cable de protección	X				
10. Reducir el tubo en el extremo donde va el conector	X				
11. Cerrar el extremo de la terminal con epoxy.	X				
12. Llenar la terminal de anillo	X				
13. Remachar el seguro metálico	X				
14. Hacer la prueba del jalón al seguro metálico		X			
15. Poner el conector	X				
16. Probar a 25 °C		X			
17. Hacer la prueba de arco de corriente		X			
18. Imprimir la etiqueta	X				
19. Enredar el sensor y amarrar	X				
20. Inspección final		X			
21. Empaque.	x				
22. Transportar a almacen					
23. Almacenar				x	

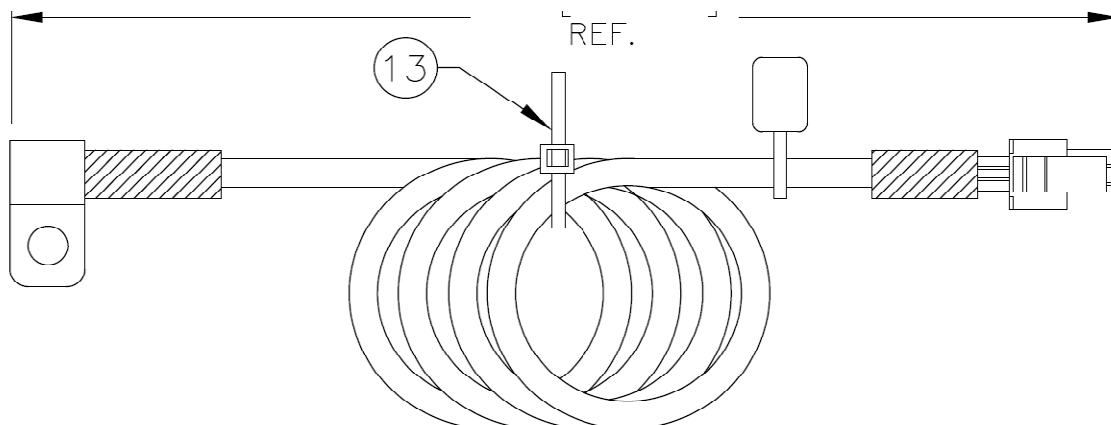


Figura 2-6: Descripción visual del ensamble al empacarlo

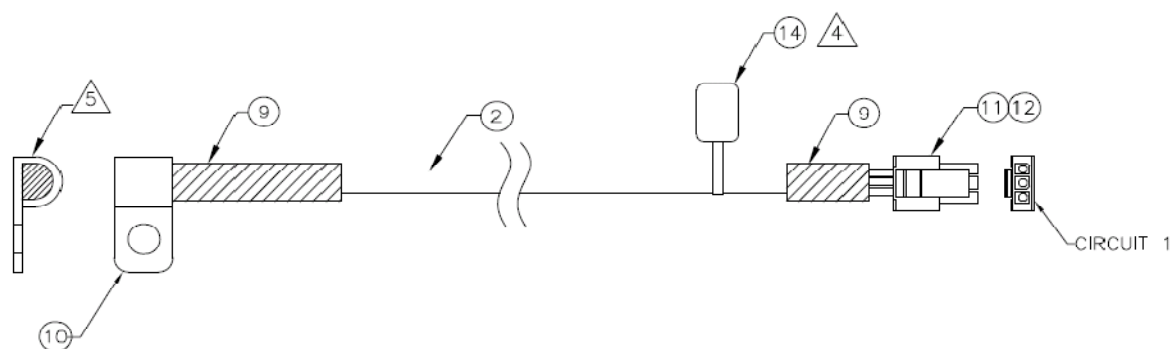


Figura 2-7: Descripción visual del ensamble

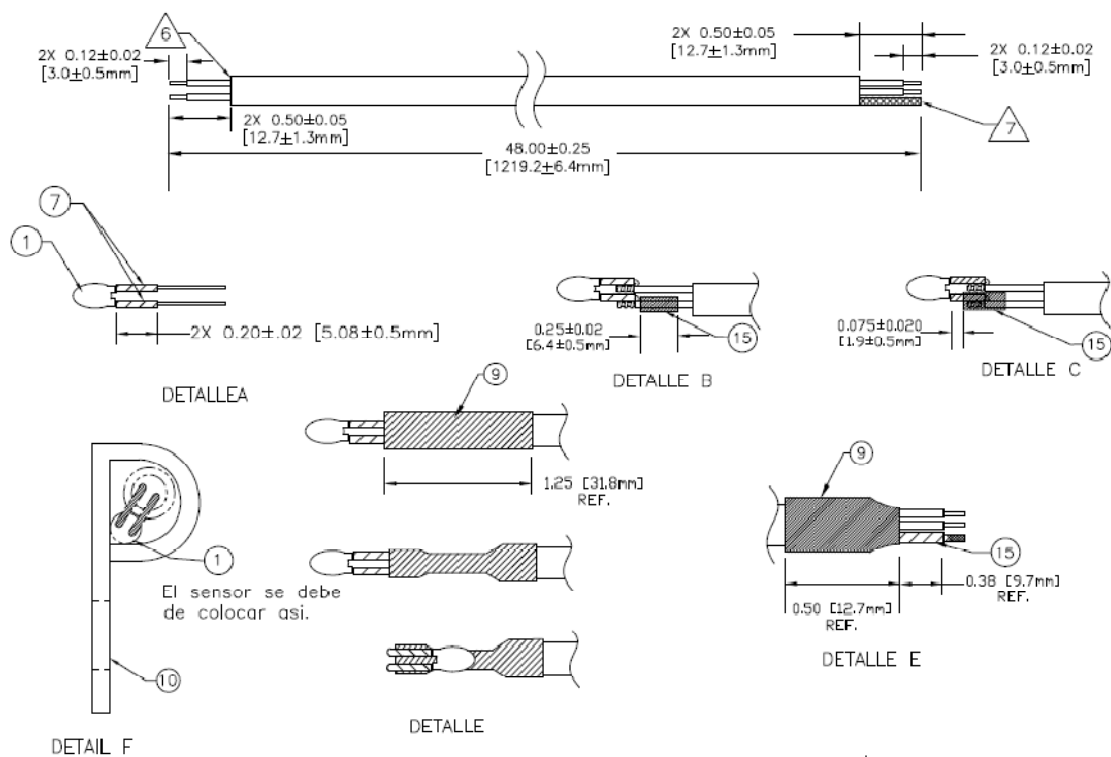


Figura 2-8: Descripción visual de detalles del ensamble

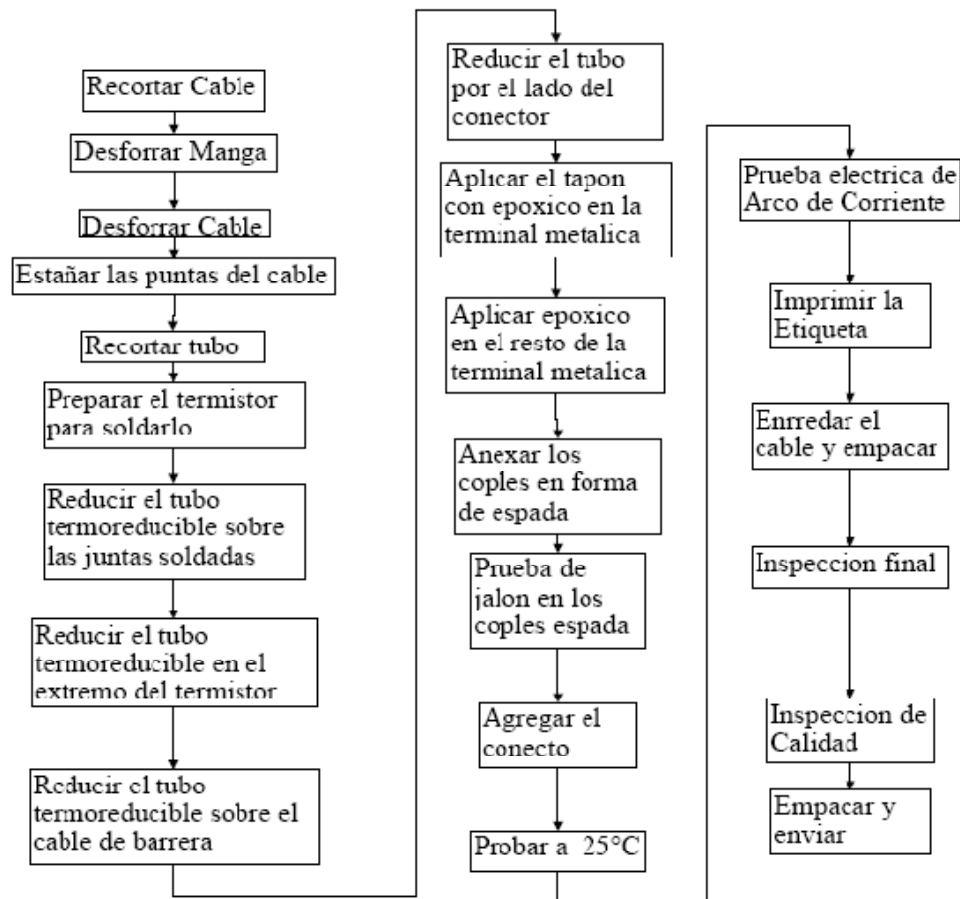


Figura 2-9 Descripción de los procesos y materiales en el producto

2.9 CAMBIO DE REVISIONES EN LOS PRODUCTOS

Cuando se inicia un nuevo producto se le asigna una revisión, se empieza con la revisión (--) y se continúan con las letras del alfabeto, ejemplo, Rev. --, Rev. A, Rev. B etcétera si se llega al final del alfabeto, se le agrega doble letra, ejemplo: Rev. AA, Rev. AB, etcétera y así sucesivamente.

Cuando se pasa de revisión (--) a revisión A, significa que existe un cambio que se va a necesitar notificar a las personas involucradas en el producto, para que sepan del cambio, por lo general existe un re-entrenamiento del personal, un cambio de revisión se origina por un cambio de ingeniería (ECO), para iniciar un cambio se llena un formato para solicitarlo y hacer una descripción. Éste lleva un número único que lo identifica para su

control, también se llena quién solicita el cambio, quién preparó el cambio y quién liberó el cambio, este documento también nos indica qué hacer con el material existente en proceso o almacén que no cumpla con el cambio.

Tabla 2-3 Formato para la solicitud de una orden de cambio de ingeniería

ORDEN DE CAMBIO DE INGENIERIA NUMERO:		
	Requerido por: Fecha:	
Pagina 1 de 1	ECO preparado por: Fecha:	Eco Liberado por

Documento	Revisión actual	Titulo de documento	Nueva revisión	Descripción del cambio

Razón del cambio:

Instrucciones Especiales:

Firma de Calidad _____

Firma de producción _____

Firma de Gerente _____

2.10 HISTORIAL DE LAS FALLAS Y MEJORAS DEL PRODUCTO

Este producto se empezó a producir después del día 16 de octubre de 2003, en ésta fecha la revisión inicial de la documentación era --, actualmente la revisión es F, la cual empezó a tomar efecto el 16 de febrero de 2009. Como podemos ver, ha sufrido seis revisiones desde su inicio, por lo general un cambio de revisión significa un cambio a un aspecto físico o funcional de la pieza para su mejora.

Un cambio de revisión puede ser originado por una queja del cliente o del operador cuando vé producto no conformante, que lleva como resultado un cambio en el diseño de la pieza, para prevenir que vuelva a pasar otra vez el error. En el año 2003 todavía no se enfocaba la atención al cliente en conjunto con el sistema de ISO 9001:2000. Se tenía un sistema de calidad deficiente y no se resolvían las quejas a fondo. A continuación vamos a

ver la cantidad de quejas y cómo a partir de la implementación de técnicas de mejora continua ha disminuido la cantidad de quejas del cliente.

Tabla 2-4: Cambios en el producto, con las fechas cuando fueron efectivas.

Rev	Cambio	Fecha
--	Documentación nueva	16 octubre 2003
A	Se cambio el posicionamiento del circuito	22 enero 2004
B	El cambio fué en la etiqueta, de revisión 1 a revisión A, nuevo formato del dibujo	31 marzo 2005
C	Se actualizó el proceso de manufactura para alinear el sensor dentro del encapsulado	30 enero 2006
D	Se actualizó el formato	19 julio 2007
E	Se incrementó la longitud total del cable de 48 pulgadas a 48.5 pulgadas	21 de noviembre del 2007
F	Se agregó substancia que prepara el cable para ser soldado (flux)	16 de febrero del 2009

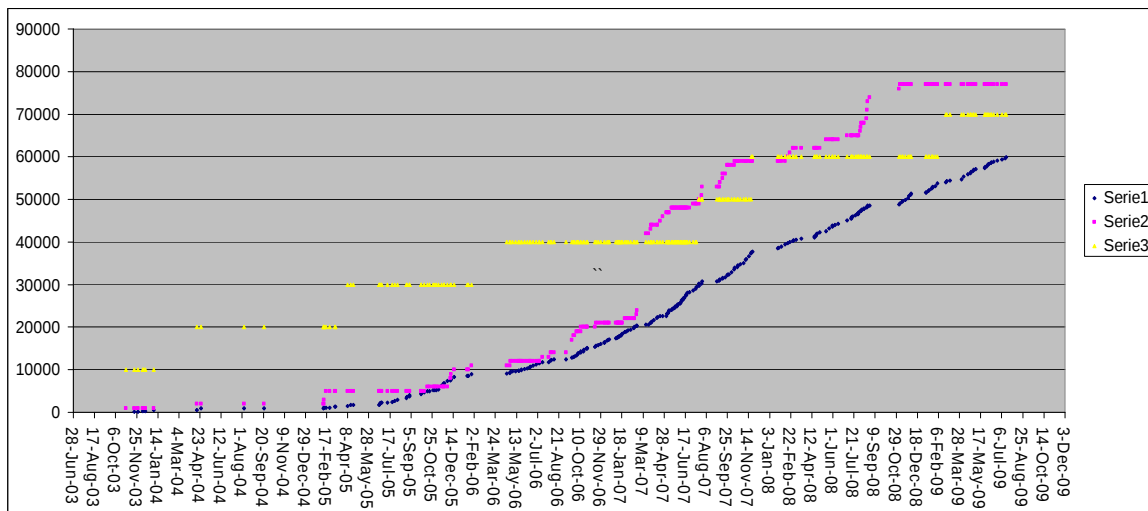


Figura 2-10: Evolución de la mejora en el producto PA2268

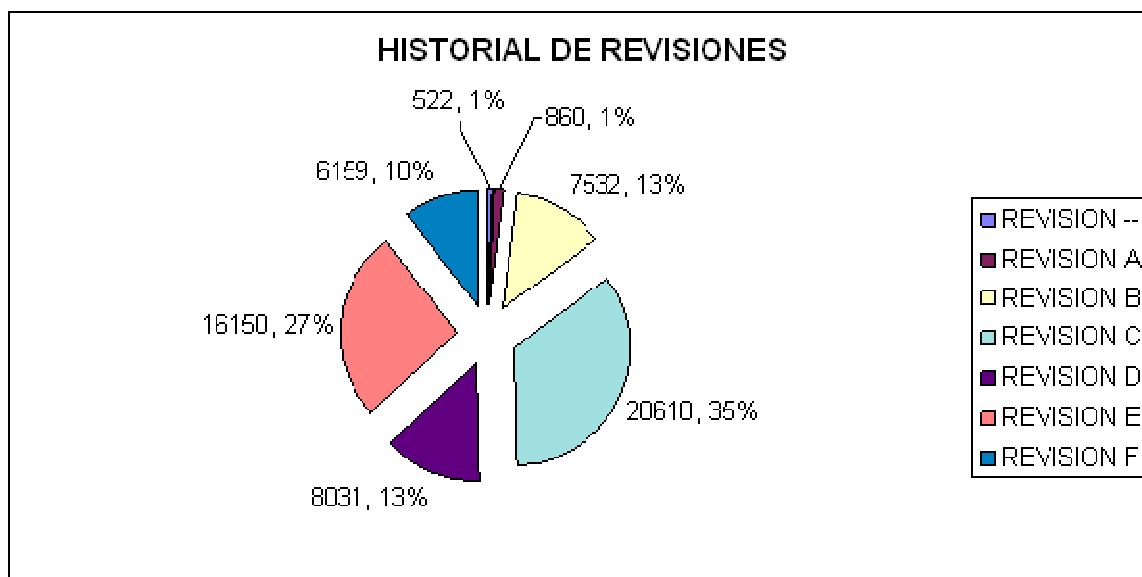


Figura 2-11: Evolución del producto

La línea escalonada completamente horizontal (serie 3, amarilla) representa el período de tiempo que duró la revisión. Esta línea nos da una idea de cuanta producción se hizo en ese período y cuantas quejas del cliente existieron.

La línea con la inclinación mas suave (serie 1, azul) nos representa la producción acumulada, desde el 2003 hasta el 30 de julio de 2009.

La línea más accidentada (Serie 2, rosa) nos representa la cantidad de quejas que se resolvieron en ése periodo.

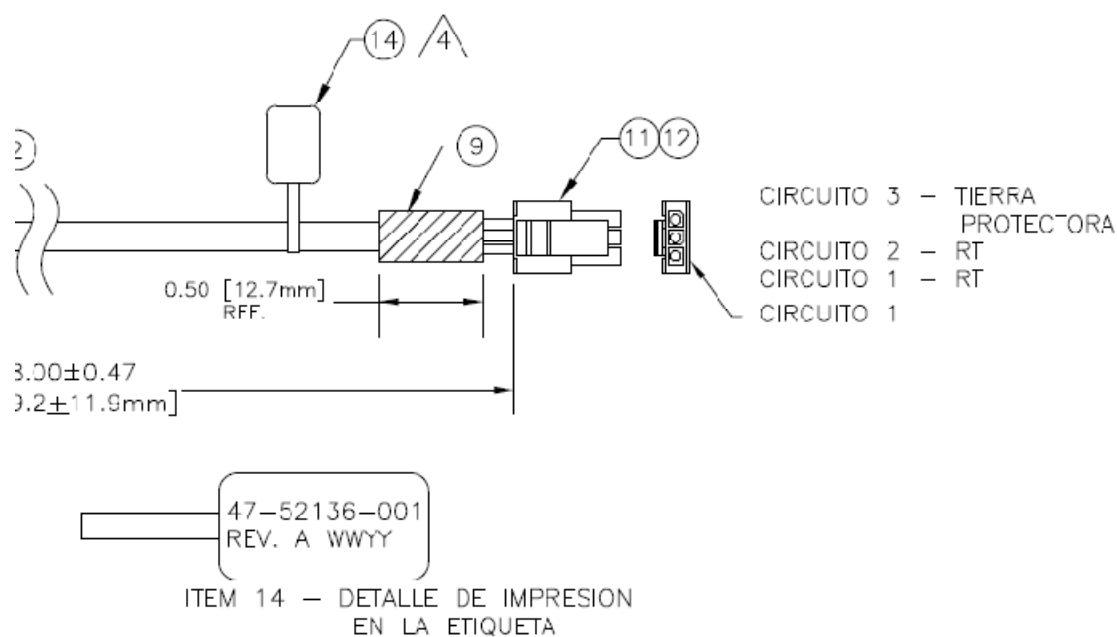
Al analizar éste diagrama no se debe de considerar la escala del eje y para las series 2 y 3, esta es únicamente para la serie 1, y representa la cantidad de piezas producidas, las otras dos series representan únicamente los períodos donde estuvieron activos estos cambios, y son para fines ilustrativos únicamente.

Siguiendo con el análisis, se nota que al principio no hubo tanta producción, pero conforme se elevó la producción también se elevaron las quejas, al aplicar correcciones aquí descritas se logro la reducción de estos errores.

Tabla 2-5 Producción de piezas de acuerdo a su revisión y quejas

Revisión	Cantidad de piezas recibidas acumuladas	Quejas resueltas en ese periodo
--	522	
A	1,382	1
B	8,914	4

C	29,524	6
D	37,555.00	38
E	53,705.00	11
F	59,864.00	17



B	ID	3/31/05	RG	3/31/05	CAMBIO DE REV. 1 A REV. A EN LA ETIQUETA ,NVO. FORMATO	4725	3/31/05
A	KT	1/22/04	FC	1/22/04	SE CAMBIARON LAS POSICIONES DE LOS CIRCUITOS	4385	1/22/04
—	K	10/16/03	FC	1/22/04	DIBUJO NUEVO		
REV	DIBUJO	FECHA	REVISOR	FECHA	DESCRIPCION DEL CAMBIO	ECO NUMERO	FECHA

Figura 2-12 Ejemplo de cambio de revisión A a B

Tabla 2-6 Recuadro de revisiones en el dibujo.

1ª.	2ª.	3ª.	4ª.	5ª.	6ª.	7ª.	8ª.
Rev.	Dib.	Fecha	Reviso	Fecha	Descrip. del cambio	No. De ECO	Fecha

En el recuadro del historial podemos ver 8 columnas, de izquierda a derecha, la primera columna es la revisión del producto, la segunda columna es quien dibujo el cambio, la tercera columna es la fecha de éste cambio, la cuarta columna es la persona que reviso el cambio y la quinta columna es la fecha cuando se efectuó, la sexta columna es una descripción del cambio, la séptima columna es el número asignado a la orden de cambio de ingeniería (ECO) y la última columna es la fecha cuando fue efectiva ésta orden.

Tabla 2-7 Ejemplo de queja del cliente

# de folio	Fecha	Descripción de la queja
1119	11-III-05	El cliente se está quejando porque una pieza mide 186°C a temperatura ambiente, a una pieza le falla la terminal, tres piezas tienen circuito abierto

Cuando se inició la elaboración de este producto no existía tanto control sobre las mejoras y las quejas del cliente, se sabía que había una queja del cliente y se sabía que tenía que resolverse, sin embargo la alta gerencia no era capaz de darle seguimiento y por no haber un sistema que los obligara a esto, se delegó la responsabilidad a un ingeniero de diseño (año 2005 - 2006) para tratar de resolver éstos problemas, esta persona intentó mejorar los diseños, logrando algunos éxitos pero no se comprometió del todo, pero como la alta gerencia no estaba tan involucrada, no se le facilitaron los recursos para implementar cambios más serios. Se cambió al gerente de ingeniería (año 2006 - a la actualidad), para el cual, una de sus prioridades fue la de resolver ésta situación, ésta persona diseñó pruebas de fatiga adicionales aplicadas al producto, una de éstas pruebas consistía en girar la terminal a una pulgada del cable libremente, éstas fueron tan fuertes que rompieron el cable, (las piezas no estaban diseñadas para sufrir éste tipo de abuso), también otra prueba adicional que la persona de ingeniería diseñó, fue el tiempo de respuesta del producto al pasar de una temperatura baja a otra más alta.

Gracias a éstas pruebas que se le efectuaron, se fueron cambiando los diseños del producto, así como alternativas de su fabricación del cual poco a poco fueron mejorando su calidad.

2.11 ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL

Otro factor muy importante que mejoró mucho el producto fue la consistencia de que los mismos empleados lo hicieran y que no había rotación de empleados en esa línea, y seguir entrenándolos para la mejora del producto. Se les notifica cuando una queja llega y se les entrena en la solución de ésta queja, se monitorea la efectividad de su entrenamiento.

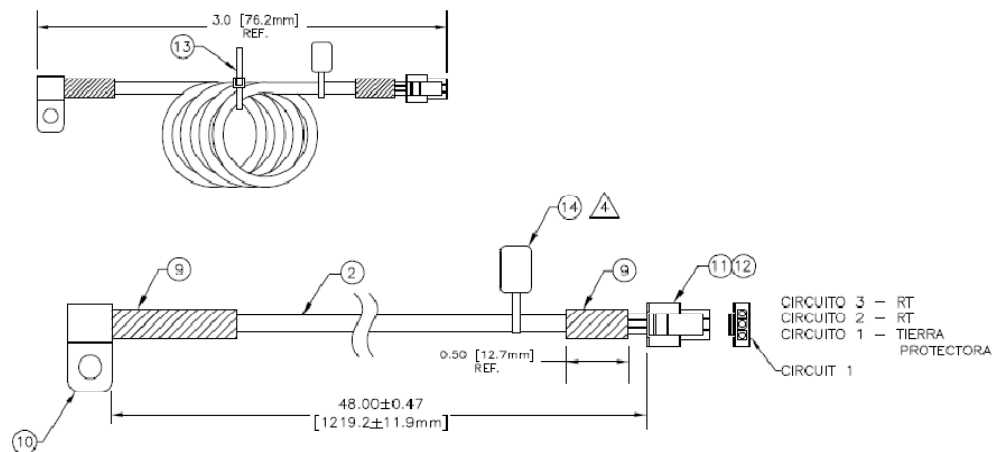
3 CAPÍTULO III RECOPIACIÓN, ANÁLISIS Y PRUEBAS AL PRODUCTO

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 Recopilación de información de fallas en el producto PA2268.

En éste paso se usa la bitácora de entrada de no conformidades. Por lo general, desde el inicio de la introducción del producto se empiezan a registrar fallas no previstas en el diseño de éste mismo, ya que ni el comprador ni el diseñador tienen la experiencia necesaria para hacer un diseño eficiente, en lugar de eso se considera una mejora del producto a base de prueba y error. Se analizan las quejas una a una y se trata de llegar a la causa raíz del problema, se le da una solución viable y se hace el cambio en la documentación, en los procesos, entrenamientos y en todo lo necesario para poder llevar a cabo este cambio.

Al inicio del proceso del producto se autorizó usar el siguiente dibujo para su fabricación, éste dibujo es la revisión inicial:



PA2268 REV --

Requerimientos del cliente

1. TOLERANCIA DE TEMPERATURAS
10,000 OHMS @ 25°C ± 0.2C FROM 15°C TO 95°C
R100 678.6 OHMS ± 0.59%
R25 10,000.0 OHMS ± 0.88%

2. GARANTIZAR CONTINUIDAD EN EL CIRCUITO Y QUE NO EXISTA CORTO CIRCUITO

3. ASEGURAR QUE LA CORRIENTE ELECTRICA NO BRINQUE DE LOS CABLES AL CONECTOR METALICO

4. AGREGAR UNA ETIQUETA CON LOS DATOS DEL CLIENTE

Figura 3-1: Revisión inicial—del producto.

[illegible]

Figura 3-3: Revisión B del producto.

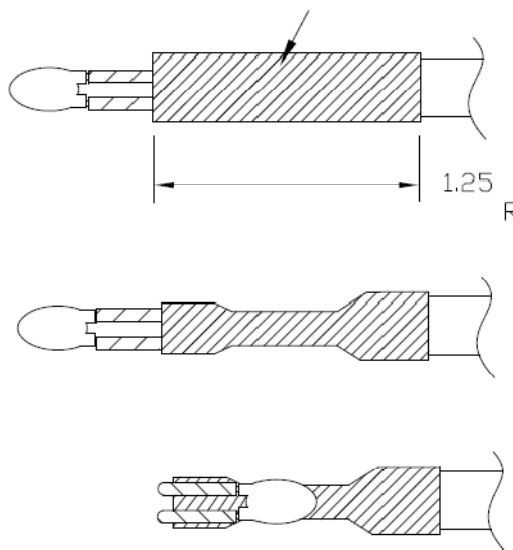
En la Figura 3-3: Revisión B del producto. Tenemos el historial de las revisiones, la revisión de ésta es B, la cual nos menciona un cambio en la descripción de la literatura de la etiqueta que identifica el producto.

En la Figura 3-4: Revisión C del producto. se muestra la revisión C, la cual denota el cambio.



C	JDB	3/21/06	RG	3/21/06	Se actualizaron las practicas para reflejar el acomodo del termistor	5380	1/30/06
B	ID	3/31/05	RG	3/31/05	CAMBIO DE REV. 1 A REV. A EN LA ETIQUETA NVO. FORMATO	4725	3/31/05
A	KT	1/22/04	FC	1/22/04	SE CAMBIAN LAS POSICIONES DE LOS CONDUCTOS	4385	1/22/04
—	KT	01/25/03	FC	1/22/04	FORMATO NUEVO		
REV.	ICRULO	FECHA	REV	FECHA	DESCRIPCION DEL CAMBIO	EXD NUMERO	FECHA
HISTORIAL DE REVISIONES							

Figura 3-4: Revisión C del producto.



DETALLE

Figura 3-5: Revisión C del producto.

En el historial de revisiones de la Figura 3-5: Revisión C del producto., se notifica que se tuvo que alinear el sensor tal como se indica en los detalles F y D, este cambio fue originado por una queja del cliente, más adelante⁶ se explicará cómo se llegó a ésta conclusión de acomodar el termistor de ésta forma, gracias a los análisis aquí descritos.

La revisión D (ver Figura 3-6: Revisión D del producto.), se debió únicamente a un cambio de formato en el dibujo.

D	RG	07/19/07	XX	XXXX	Se actualizo el formato	5927	07/19/07
REV.	DIBUJO	FECHA	REVISOR	FECHA	DESCRIPCION DEL CAMBIO	ECO NUMERO	FECHA
HISTORIAL DE REVISIONES							
						17151 GILLETTE AVENUE IRVINE, CA 92614-5602	
					ITEM ID	PA2268	

Figura 3-6: Revisión D del producto.

En la revisión E (Figura 3-7: Revisión E del producto.), el cambio se originó por una sugerencia del operador⁷⁸, se incrementó la longitud del cable para poder rehacer las piezas que salen mal, ya que si se deja corto el cable no se puede reusar, si se deja un poco

⁶ Ver sección 3.3.1Primer caso

⁷ Ver sección 2.1.2.2 Auditoría interna de calidad

⁸ Ver sección 3.3.2Segundo caso de estudio

largo se puede retrabajar, a continuación (Figura 3-7: Revisión E del producto.) se muestran éstos cambios:

E	ID	11/21/07	RG	11/21/07	Cambio de longitud del cable 80-0334 de 48.00 a 48.50"	6024	11/21/07
D	RG	07/19/07	XX	XXXX	Se actualizo el formato	5927	07/19/07
REV.	DIBUJO	FECHA	REVISOR	FECHA	DESCRIPCION DEL CAMBIO	ECO NUMERO	FECHA
HISTORIAL DE REVISIONES							
					 17151 GILLETTE AVENUE IRVINE, CA 92614-5602		
					ITEM ID	PA2268	

Figura 3-7: Revisión E del producto.

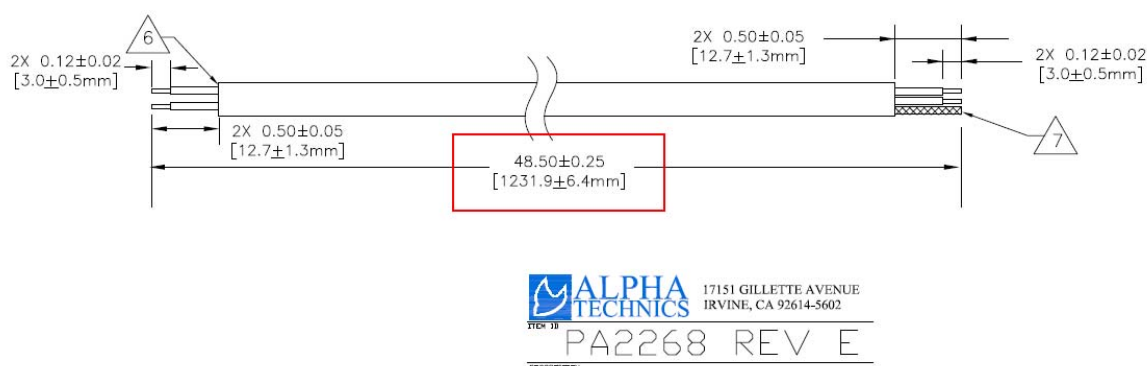


Figura 3-8: Revisión E del producto.

En la ilustración superior se muestra el cambio de longitud que se hizo al corte del cable.

A continuación se muestra la última revisión del producto y el cambio que se le efectuó.

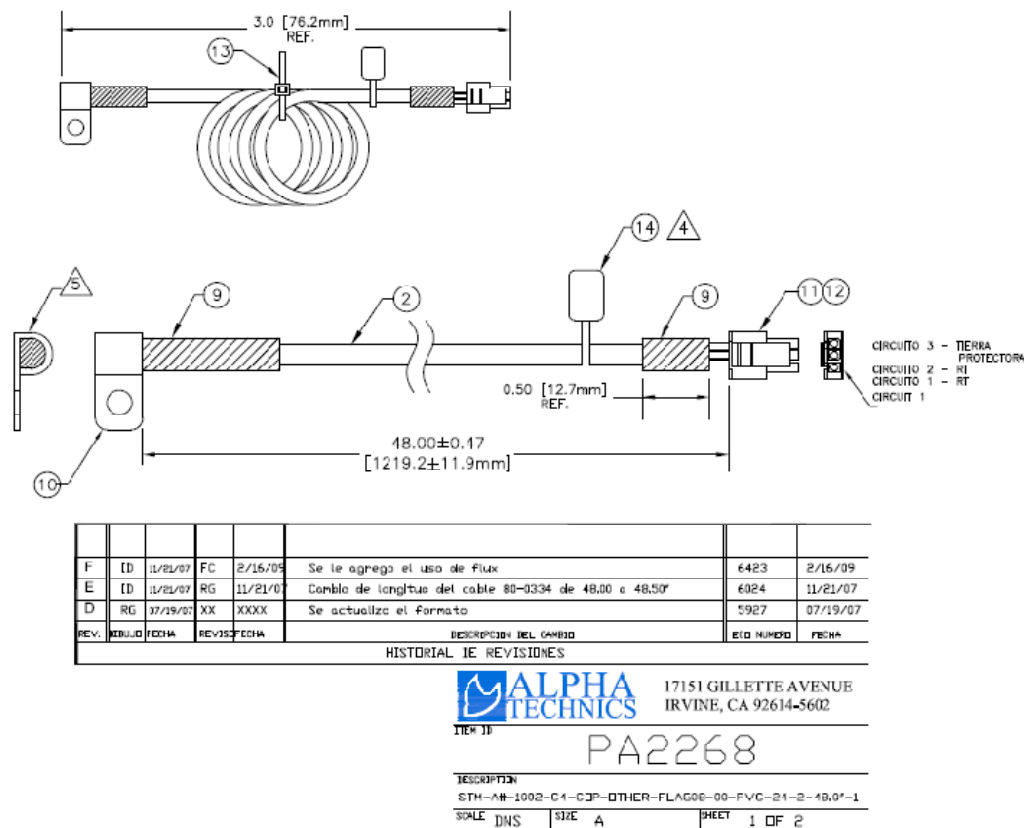


Figura 3-9: Revisión F del producto.

En la revisión F, se agregó el uso de flux, substancia que ayuda a que la soldadura se adhiera mejor.

3.1.2 El material en el área de cuarentena

El área de cuarentena es un espacio asignado, para el material que no está de acuerdo a las especificaciones del producto. Se aísla de lo demás, por sus siglas en inglés (Material Review Board ó Junta de Revisión del Material), es que comúnmente se conoce con este acrónimo, también se le llama área de cuarentena, que sirve para que ninguna persona sin la autorización previa tome el material por accidente y lo utilice en las líneas de producción. Cuando se detecta, se elabora una acta de no conformidad con numero foliado, en esta acta se describe la no conformidad, para que se decida qué hacer con este material. Se puede considerar como desperdicio si el error es tal que no se puede componer, se puede retrabajar si es costeable, pero cualquiera que sea la decisión se debe tener más cuidado al inspeccionarlo por segunda vez, ya que es material dudoso.

Al resolver lo concerniente al producto se prosigue a hacer una investigación del origen de la falla para poder proponer una acción correctiva, al encontrar la falla en el producto, dependiendo de su origen las soluciones más generales son las siguientes:

El reentrenamiento del personal.

El rediseño del producto para adecuarlo al proceso.

El rediseño del proceso para adecuarlo el producto.

La acción correctiva que tiene que valorar el proveedor del material.

Al hacer la aplicación de la acción correctiva se tiene que verificar que ésta siga siendo efectiva a través del tiempo, hasta que se vuelva a tener la seguridad de que el proceso es estable⁹ y el error tenga pocas probabilidades de repetirse.

3.1.3 Clasificación de errores y elaboración de tabla.

Para poder enfocar nuestra investigación a resolver los errores principales que afectan más a este producto se usa la técnica de diagrama de Pareto, para estudiar cuáles de ellos representan más costo. Los errores se pueden deber a varias fuentes que intervienen en los procesos de manufactura desde el momento en que se elabora la cerámica hasta el último proceso que es el empaque final y envío del producto.

3.1.4 Resolución de quejas del cliente.

De todas las quejas generadas en esta industria, una de las más importantes de todas es la del cliente, por más mínima que sea. Una queja del cliente se origina cuando hay un cliente insatisfecho, aún cuando el producto cumple todos los requisitos especificados por él. Es importante tener el 100% de la satisfacción del cliente, esto es un proceso de aprendizaje de ambas partes, cuando un cliente se queja, es atendido por el departamento de servicio al cliente, este departamento es encargado de comunicarle esta información al departamento relacionado con el aspecto que se está tratando, se llena un formato y se almacena en una base de datos con números foliados, para su futuro seguimiento, este número foliado se le entrega al cliente para que sepa que su queja está siendo atendida, en cualquier momento que quiera saber en qué situación está su queja vuelve a preguntar con el número de queja correspondiente. Por lo general, una queja del cliente se tiene que

⁹Se puede auxiliar de un análisis estadístico de variación para lograr determinar la estabilidad del proceso.

responder con prontitud, en esta empresa se trata de que sea un plazo de dos días, ya que si se toma más tiempo el cliente empieza a sentirse insatisfecho. Esta tesis está enfocada en las quejas del cliente que recibe el departamento de ingeniería, el cual analiza aspectos de la funcionalidad y dimensiones del producto.

No existe un método propuesto para la resolución de quejas, se tiene que estudiar cada situación conforme se vaya presentando. Cuando se logra encontrar el origen del error se puede proponer una mejora del producto o del proceso para que la falla no vuelva a ocurrir, se le comunica al cliente el motivo del error, si él acepta, se da por resuelta la queja del cliente, pero no termina el proceso aquí, el director de calidad tiene que verificar que en realidad se está siguiendo lo propuesto en la resolución de la queja del cliente a través del tiempo, para asegurarse de que no se vuelva a repetir este error y se minimice la posibilidad de otra queja igual.

Se hacen auditorías de las quejas previas de los clientes para constatar que se están siguiendo los cambios hechos en el producto.

Aplicando los análisis destructivos y no destructivos descritos más adelante se ha logrado resolver satisfactoriamente quejas externas e internas.

3.1.5 Resolución de quejas internas.

Cuando hay una discrepancia en los procesos internos cualquier persona que trabaje para la empresa puede mencionar este error y se origina lo que se conoce como una queja interna o una no conformidad interna.

Estas pueden ser por varias razones, por mencionar algunas:

- Cuando en la documentación pide un material que no existe o confunde un producto por otro.
- La omisión de materia prima dentro del documento para elaborar el producto.
- Un riesgo de seguridad personal.
- Una sugerencia para una mejora del producto.

Dependiendo de la magnitud de la queja, se atiende con prontitud o se pone en perspectiva su prioridad.

Si es una queja interna por un material no conforme, este material se manda al área de cuarentena.

3.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.2.1 Prueba no destructiva

Por adopción lógica del analista se decide iniciar con esta técnica, que se aplica donde el producto se tiene que analizar sin alterar su estado inicial en lo más mínimo posible.

3.2.1.1 Objetivo

El objetivo es el de encontrar la raíz del problema, sin dañar la integridad de la pieza.

3.2.1.2 Materiales y herramientas requeridas

La finalidad es poder detectar el error sin hacer daño por la manipulación del material, ¿por qué prueba no destructiva y no se puede proseguir con una metodología de análisis destructivo de la pieza?

Cuando se tiene una pieza que falla en su estado inicial, se tiene una oportunidad única para detectar la raíz de este error y poder corregirlo, esta oportunidad puede ser una pieza entre miles, pero ésta es suficiente para perder un cliente o inclusive absorber una demanda, la cual elevaría el costo de calidad, el tiempo en que pueda tardar una pieza en reaparecer con ese mismo error puede extenderse, y es una prueba al azar el estar esperando la queja del cliente y no tener la seguridad de cuál es el error y qué piezas llevan este error.

El criterio de cómo empezar el análisis es tratando de investigar lo más que se pueda de la pieza sin dañarla en lo más mínimo, conforme se vayan resolviendo las interrogantes con la investigación y no se puedan lograr los resultados deseados, más profundo se hace el análisis y se empieza a considerar la posibilidad de un análisis destructivo.

Dependiendo hasta qué nivel o profundidad se quiera llegar para poder solucionar el problema, se tiene que seguir la pista.

Si se inicia con un análisis destructivo, se puede perder en el proceso la oportunidad de detectar pequeñas pero importantes diferencias que se pueden lograr en un análisis no destructivo.

Por ejemplo, en un análisis de rayos X, se puede determinar que la posición del termistor dentro de su encapsulado no es el correcto por lo que se puede concluir que este fue el origen del error, pero si se hace un análisis destructivo y no se tiene cuidado en la extracción del termistor, se puede destruir la posición original del termistor, entonces nunca se sabrá el origen del error, y se tendrá que esperar a que se detecte otra pieza defectuosa, ya sea por el cliente o por los procesos de inspección.

Por esta razón, es recomendable tratar de hacer los análisis no destructivos primero hasta estar seguro que nos es posible avanzar en el estudio. Una vez agotadas todas las posibilidades, entonces sí se empieza a considerar hacer un análisis destructivo. A continuación se describen los análisis no destructivos que se efectúan en la empresa, de los cuales ha surgido una metodología que se cree puede ayudar a resolver de raíz los errores originados en las piezas.

3.2.1.3 Procedimiento

3.2.1.3.1 Rayos X.

Como su nombre lo dice, la utilización de rayos X nos permite ver el interior del producto de una forma que visualmente se puede comprobar en qué posición se colocaron los termistores, sin perturbar la integridad de la pieza, en la figura 3-10 se observan tres piezas enumeradas 50, 43 y 5, en la pieza 50 se observa que los alambres se introdujeron hasta el fondo del envase, por lo que ocasionó un amontonamiento de cable en la punta, provocando un cortocircuito, la pieza 43 es una pieza correcta, donde la colocación de los termistores es correcta, y sirve de referencia para ver el error que se cometió en las otras dos.

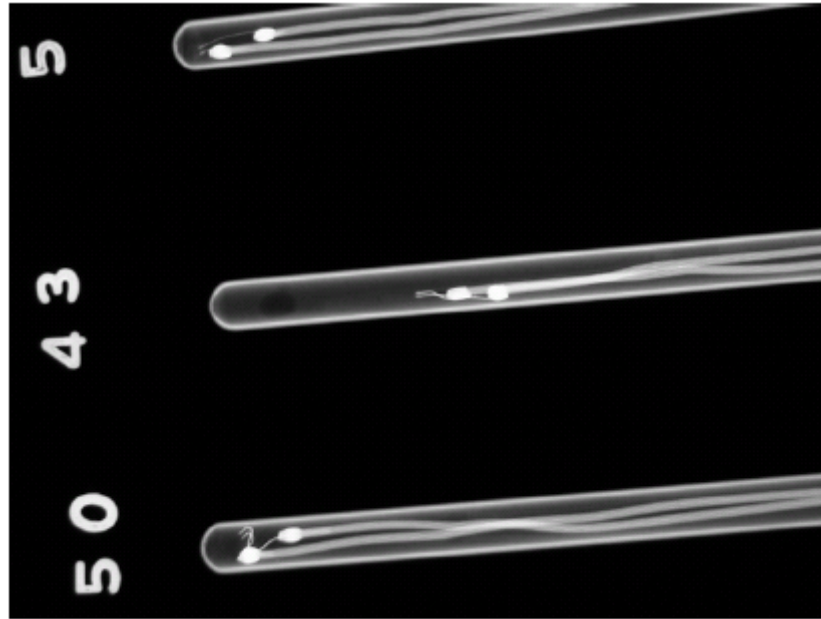


Figura 3-10: Aplicación de Rayos X

3.2.1.3.2 Arco de corriente eléctrica (Hi-Pot)

Esta prueba consiste en aplicarle corriente eléctrica a la pieza, utilizando un equipo que genera hasta 1000 V de corriente directa o corriente alterna, con un amperaje máximo de 50 A. Se colocan unas pinzas que sujetan el cable y otras que sujetan el contenedor metálico, se aplica una carga eléctrica por un período de tiempo, si hay una chispa en este circuito, el aparato la detecta y nos indica que es muy posible que la pieza no funcione de acuerdo a las especificaciones del cliente, para prevenir ese riesgo la pieza se rechaza. Lo que la prueba simula es el deterioro de una pieza a través del tiempo con un paso de corriente eléctrica, al aplicarle un voltaje mayor se está emulando el funcionamiento de esta pieza a largo tiempo. Según las características físicas de la pieza, son los parámetros predeterminados de calibración del equipo.

Esta prueba también sirve para detectar en una solución salina las rupturas de aislante, la prueba consiste en disolver sal en agua, por ejemplo se disuelven 5 g de sal en 300 ml de agua, se coloca el electrodo negativo en el agua y el electrodo positivo se le coloca a las terminales de los cables de la pieza, se empieza la prueba y se introduce la pieza poco a poco al agua.

Si el aparato detecta un corto nos está indicando que hay una ruptura en el aislante, al momento de activarse el mecanismo de alarma, se puede notar a qué altura está la ruptura del aislante, al hacer esta prueba garantizamos al cliente que la pieza está dentro de

los parámetros de su capacidad de aislar, a veces son rupturas tan delgadas que no se alcanzan a ver con un microscopio normal de 3 x. O también el aislante está tan delegado que no hay ruptura pero alcanza a saltar la corriente, ya que lo grueso del aislante no es suficiente para retener el corto circuito, lo que nos indica es que en un futuro la pieza se iba a fisurar debido al trabajo que ésta desempeñaría.

Diseñar la prueba para este producto nos ayuda a prevenir errores que de otra forma sería imposible detectar. Al aplicar esta técnica a las piezas en cuestión se logra resolver problemas relacionados con el aislante del material.

3.2.1.4 Análisis visual

3.2.1.4.1 Uso de microscopio

Este análisis se diseñó para una comparación visual de lo que es una pieza buena con una pieza que genera una queja del cliente, aunque el microscopio en cuestión tiene una amplificación de tres veces el tamaño real, es suficiente para poder llegar a conclusiones o suposiciones que por medio de la investigación se van acercando o descartando, este método exige mucha imaginación del investigador ya que tiene que suponer posibles escenarios que obligaron a la pieza a deteriorarse de la forma en que está, para tratar de simular estos escenarios en piezas buenas y ver cuál de estos escenarios es el más probable. La única forma de resolver un caso, es que la pieza mala se parezca relativamente a la pieza que se hizo fallar por medio de un simulacro, al tener un parecido nos da más solidez en la investigación para orientarnos en la dirección correcta. Se hace un cambio de diseño para adecuar la pieza a las fuerzas externas que causaron su deterioro, si las suposiciones son correctas la pieza soporta la simulación y se adapta a su nuevo entorno, lográndose descubrir la causa raíz que originó el error y así poder proponer un cambio para evitar que este error se vuelva a repetir.



Figura 3-11: Uso del microscopio.

3.2.1.5 Detección de fallas del circuito utilizando el ohmetro

Esta prueba se diseñó para una prueba en tiempo real y también debido a que revisa el principal funcionamiento de la pieza, arroja más información. También ésta prueba nos permite acercarnos a las tolerancias marcadas por el cliente. Este dispositivo es la única forma de darnos cuenta qué tan preciso y estable es el producto. Pero no únicamente sirve para detectar la precisión de termistores, también se usa para garantizar la continuidad de un flujo eléctrico a través de la pieza, hay productos que no exigen una gran precisión en la medición por lo que tienen una tolerancia muy abierta, es en estos ensambles donde se tiene que garantizar al cliente que tengan una continuidad eléctrica, o en su caso que no tengan un cortocircuito. También se considera qué tan estable es el proceso de producción, que ya no se necesita entrar en detalle para la inspección de las piezas a una tolerancia muy cerrada y únicamente se revisa que la pieza no tenga cortocircuito o tenga un circuito eléctrico abierto, hay una diferencia muy clara en tener la seguridad de que el termistor va a reunir los requisitos de resistencia eléctrica del cliente a que el circuito como producto no vaya a tener un falso contacto con cortocircuito o un circuito abierto, mas sin embargo la interrelación con otros procesos involucrados en el ensamble no nos garantiza la funcionalidad correcta del producto, por eso se tiene que revisar de una forma eléctrica.

La descripción del equipo a utilizar es la siguiente: se utiliza un ohmetro digital con una resolución de seis dígitos y medio. Esta resolución nos permite detectar cambios a una diferencia de temperatura de 0.001°C . Este ohmetro tiene un tiempo de respuesta aproximadamente de tres segundos por lectura, tiempo suficiente para que el termistor se estabilice dentro de la solución equilibrada a la temperatura requerida. Este aparato tiene la capacidad de conectar cuatro o dos alambres a la fixtura de prueba, cuando se requiere más precisión en la lectura se utilizan cuatro alambres conectados a la fixtura, lográndose incrementar aproximadamente tres a cuatro ohms, aunque esto no nos dice mucho, hay clientes que requieren esta precisión, estamos hablando en términos de temperatura a una resolución de 0.0005°C .

Para que ésta prueba funcione también se puede auxiliar de un baño que contiene aproximadamente un galón de un líquido ya sea agua, aceite u otro líquido, que está constantemente en agitación para lograr una uniformidad en la temperatura a través de este, método que permite calibrar las piezas a una tolerancia muy reducida, si no es necesario se pueden probar las piezas a temperatura ambiente, que por lo general cuando las piezas se revisan a temperatura ambiente lo único que se está buscando es un valor referencial de resistencia eléctrica, y también que no exista un cortocircuito, circuito abierto o falso contacto.

La forma de usar el ohmetro es la siguiente:

El ohmetro se tiene que calibrar a las unidades de medición deseadas, se le conecta un patrón de referencia para asegurar que la lectura desplegada por el voltímetro sea igual a la referencia y así podemos determinar que el multímetro está calibrado, una vez que se haya calibrado, se prosigue a conectar la pieza en cuestión, las piezas únicamente tienen dos terminales, una es la entrada de la corriente y la otra la salida, no existe polaridad en estas piezas por lo que no es necesario homogenizar la conexión en la fixtura, únicamente tienen que estar conectadas a ésta.

Una vez que se ha conectado todo, se prosigue a ver la lectura que despliega el ohmetro, si la lectura es cero, indica que la pieza no tiene conducción eléctrica, por lo tanto la pieza se considera mala, ya que en alguna parte de su estructura tiene el circuito abierto, si la resistencia mostrada en la pantalla tiende a resistencias muy altas, o muy baja, muy fuera del valor nominal del producto, éstas también se consideran malas, esto puede indicar un cortocircuito por donde se está yendo la corriente eléctrica, cuando se está manipulando

la pieza y la lectura del ohmetro empieza oscilar, por ejemplo marca una resistencia baja y en menos de un segundo marca una resistencia muy alta, se sospecha que la pieza tiene un falso contacto en el interior, y se considera la pieza mala.

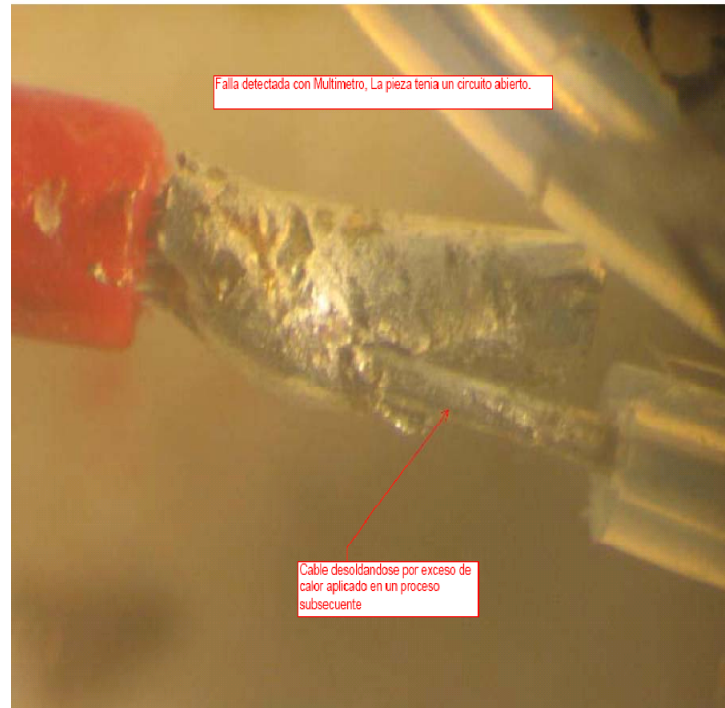


Figura 3-12:Falso Contacto

3.2.1.6 Medición de la resistencia en el aislante del cable.

Cuando se tiene un cable de cobre, se desea que todo lo largo de este cable esté aislado del medio ambiente que lo rodea, se logra este aislamiento recubriéndolo de materiales no electro conductivos, como puede ser pintura, plástico, teflón, silicón, etcétera. Pero muchas veces el recubrimiento de este material no es perfecto, y no se puede garantizar uniformidad a lo largo del alambre en el grosor del aislante, y al momento de utilizar este alambre cabe la probabilidad de que por la pared delgada del aislante pueda haber un brinco de corriente eléctrica hacia otro material eléctrico, lo que hace la medición de la resistencia del aislante del cable, es determinar si es capaz de soportar una carga eléctrica mínima para poder ser utilizado. Para efectuar esta prueba se utiliza un aparato especialmente diseñado para la medición de la resistencia del aislante del cable, el cual aplica una carga eléctrica por un el electrodo positivo y por medio de un electrodo negativo se busca que exista un brinco de corriente a través de dicho aislante del cable, si se logra

que exista un brinco de corriente por éste, se considera malo ese cable, si no existe el brinco de corriente el cable se considera bueno.

3.2.1.7 Análisis auxiliado por temperatura

El análisis auxiliado por temperatura es cuando una pieza se mete a un horno previamente calibrado a una temperatura predeterminada, estas temperaturas pueden variar, pero por lo general son de 50, 70, 100 y 130°C, estos hornos pueden mantener esta temperatura indefinidamente, pero por lo general estas pruebas duran un tiempo máximo de 21 días.

Una vez que el horno tenga la temperatura adecuada, se prosigue a introducir la pieza y dejarla aislada de la temperatura ambiental por el tiempo a realizar esta prueba.

Lo que se quiere lograr con esta prueba es fatigar el material de una forma prematura, y con esta fatiga se puede predecir cuál es el ciclo de vida en el mercado real. Por ejemplo, 21 días en el horno equivale a un año de tiempo de vida de la pieza en el medio ambiente.

Con este tipo de pruebas se pretende fatigar al material para poder detectar fallas que se puedan corregir antes de ser enviadas al cliente. Cuando se efectúe esta prueba se debe tener cuidado que los materiales que forman la pieza estén evaluados para soportar las temperaturas a los cuales se van a someter, por ejemplo, no podemos meter un alambre con aislante de plástico a un horno de 100°C, ya que se derretiría, pero sí podemos poner un alambre recubierto de teflón a 100°C ya que está diseñado para soportar ésta temperatura.

Si se desea fatigar un material diseñado para no muy altas temperaturas, se mete a un horno cercano a su máxima temperatura, pero se compensa al aumentar la cantidad de días que no está en este horno.

Los errores que se quieren detectar con esta prueba son aquellos relacionados para las variables fuera del diseño de las piezas, por ejemplo, si la pieza se diseña para funcionar en un ambiente a 100°C y el cliente regresa con una pieza mala alegando que exigen 100°C, al buscar la raíz del problema se descubre que la soldadura estaba derretida, entonces el error no es de la compañía, sino del cliente, ya que se comprueba que la temperatura máxima del material es de 100°C, y a esta temperatura es imposible que la soldadura se derrita.

3.2.2 Prueba destructiva

3.2.2.1 Objetivo

El objetivo de esta prueba es de descubrir la causa raíz de la falla de la pieza, esto se hace al ir destruyendo la pieza al someterla a exámenes exhaustivos.

3.2.2.2 Definiciones

Se usan términos generales para la descripción del proceso de esta prueba:

- a) removedor de epóxico: sustancia que al entrar en contacto con el epoxy reacciona de tal forma que desintegra el epoxy que rodea al termistor.

3.2.2.3 Requerimientos generales y procedimientos de precaución

Un análisis de este tipo debe dejarse como última opción, esto es si se han agotado todos los análisis no destructivos, ya que este no permite dar paso atrás, pues se pierde la configuración inicial de cada pieza que se va analizando.

El uso del removedor de epóxico es altamente peligroso, se debe evitar la inhalación directa, al contacto con cualquier parte del cuerpo al descubierto, rápidamente lavar con abundante agua (consultar la hoja de seguridad del producto).

3.2.2.4 Materiales y herramientas requeridas

- Prensa de banco de 15 cm.
- Martillo o marro de ¼ Kg.
- Recipientes metálicos de 1 litro.
- Cronómetro.
- Horno industrial de 0.5m³ con rango de temperatura de 25°C a 130°C
- Microscopio con 3x de aumento.

3.2.2.5 Procedimiento

Dependiendo de la interacción con los análisis y la combinación de éstos junto con la experiencia del analista, se pueden dar suposiciones muy cercanas al origen de la falla, las cuales encaminan al investigador a:

- a) tratar de reproducir las circunstancias que originaron éste error.
- b) demostrar que sí se pueden reproducir éstas mismas como alternativa para reproducir el error.

c) Si se logra reproducir la falla entonces se puede suponer que estas circunstancias fueron las que hicieron que la pieza saliera mal.

El tiempo que lleva realizar este tipo de análisis puede variar, por lo general se puede resolver en un lapso de ocho horas o semanas.

3.2.2.5.1 Disolución con substancia corrosiva.



Figura 3-13: Pieza con epoxy antes de removerlo

La disolución del material en una substancia corrosiva es la eliminación del recubrimiento protector del termistor, éste se recubre con un epóxico como parte de su proceso normal, el epoxy tiene las características de endurecer como una piedra y proteger el termistor de golpes y humedad, pero sí permite la transferencia de temperatura a través de su superficie, lo que lo hace ideal para esta aplicación. Cuando el análisis requiere llegar a la estructura del chip, se tienen substancias corrosivas que al sumergir el termistor en ellas, únicamente deshacen el epoxy, dejando al descubierto el chip, (**Figura 3-14: Disolución del epoxy**), es importante que ninguna fuerza externa se involucre en quitar la capa de epoxy de la superficie. En la foto se puede observar que la soldadura emigró e hizo un puente entre los dos alambres, lo que originó un cortocircuito.

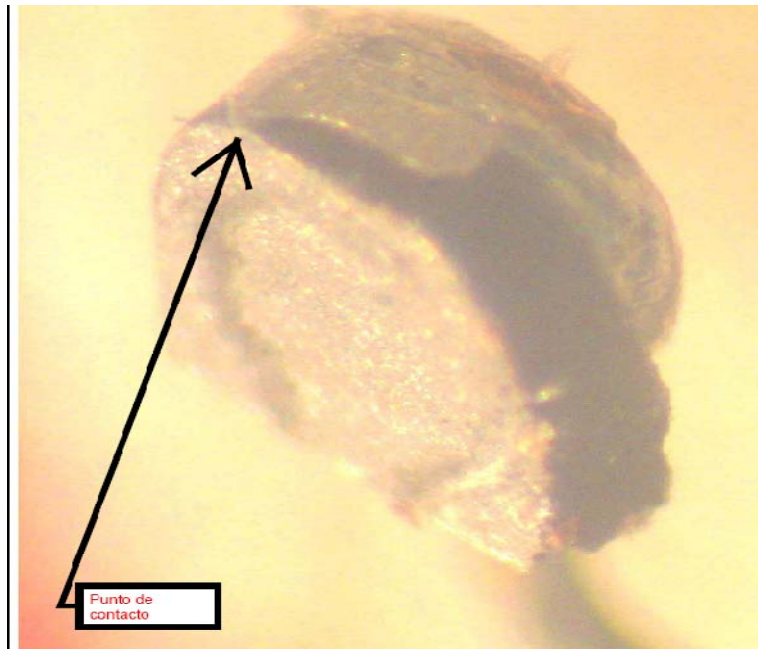


Figura 3-14: Disolución del epoxy

Para realizar un examen de este tipo toma alrededor de dos días, si el epoxy está encapsulado en un casquillo de metal, y un día si el epoxy está al descubierto, ya que la reacción del epoxy con la sustancia tarda alrededor de un día para disolverse.

Si el termistor esta dentro de un casquillo metálico, este se tiene que retirar antes de aplicar la solución, para quitar este casquillo metálico se debe tener precaución de no dañar con fuerzas externas el termistor, por ejemplo, no se puede utilizar pinzas para aplicar presión ya que éstas quebrarían el interior del chip, y darían resultados falsos.

Se debe tener cuidado de no aplicar calor excesivo o sobrecalentar el interior del termistor, esto sucede cuando se quiere desgastar el casquillo metálico con un esmeril, al ir desgastando el metal se empieza a calentar y puede llegar al rojo vivo, este es un calor excesivo que puede ocasionar daños adicionales siendo falsos los resultados que se obtengan en este proceso, por lo que se utiliza una lima para desgastar poco a poco el casquillo de metal hasta poner al descubierto el epoxy, una vez que se logra llegar a esta etapa ya se puede sumergir el material en la substancia corrosiva y esperar la disolución del epoxy.

Cuando se haya terminado de disolver en su totalidad el epoxy, se tiene que lavar el material ya que es altamente peligroso.

Por lo general se prosigue a un análisis visual de las piezas ya sea a simple vista o con microscopio, en base a las observaciones, se hacen conjeturas de las posibles fallas y se trata de reproducir el escenario que produjo esta falla utilizando otra pieza, si se logra reproducir el mismo error, es una muy buena aproximación a encontrar las circunstancias que ocasionaron el error, si estas circunstancias son superiores a las que fue diseñado el chip, se le notifica al cliente para proponer un diseño que soporte estas circunstancias, si el producto falló bajo circunstancias normales se hace una revisión de los procesos para detectar el que no esté apegado a las tolerancias del producto.

El material se guarda por tres meses, como período de ajustes para que el cliente aclare dudas con los resultados, o si él mismo quiere efectuar sus propios análisis.

La especificación pide que el termistor sea encapsulado en un casquillo, que puede ser de acero inoxidable, cobre, aluminio o plástico, estos casquillos sirven para proteger el termistor de agentes externos como la oxidación ocasionada por el agua, los rayos solares, presión, al aplicar estos casquillos hacen que el producto sea más duradero. El termistor se sumerge en epoxy, el cual endurece dentro del casquillo metálico, por lo que el retirarlo se torna difícil, ya que el chip está incrustado dentro este casquillo.

Esta prueba consiste en retirar el casquillo del termistor en la forma más delicada posible sin alterar su estructura interna para tener un resultado más confiable del análisis, la forma más adecuada de retirar el casquillo es lijándolo hasta llegar a su núcleo, pero si se lija demasiado fuerte, la fricción calienta el interior poniendo en riesgo la integridad del chip, por lo que se tiene que hacer de una forma que no produzca mucha fricción.

3.2.2.5.2 Prensa y martillo

Como su nombre lo indica esta prueba consiste en quitar el encapsulado metálico con la ayuda de una prensa y un martillo, este ensamble se presta para este análisis. Se sujeta la pieza con la prensa y con el martillo se va estrechando el metal hasta lograr su ruptura en el punto de unión, por lo general el análisis por este método se puede efectuar en un par de horas. Éste método daña muy poco la integridad del producto interno, logrando darnos una imagen clara del interior. Con esta prueba podemos determinar si el llenado con epoxy se hizo correctamente, si el material está bien colocado dentro del casquillo metálico, si existe un corto circuito con el casquillo metálico. Si no se encuentra el error en

esta etapa se prosigue a diluir el epoxy que rodea al chip. Ver Figura 3-14: Disolución del epoxy.

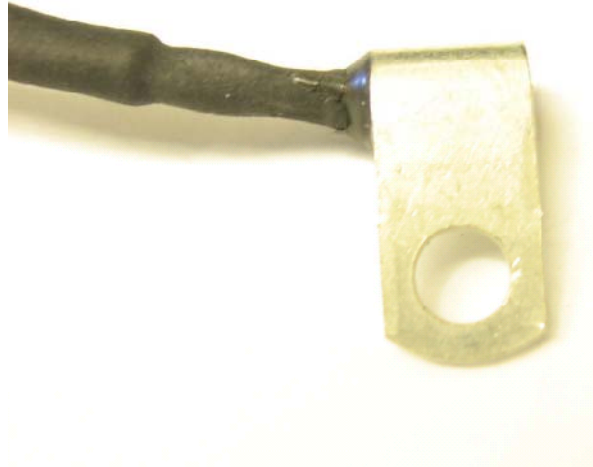


Figura 3-15: Pieza antes de ser destruida por el proceso de prensa y martillo

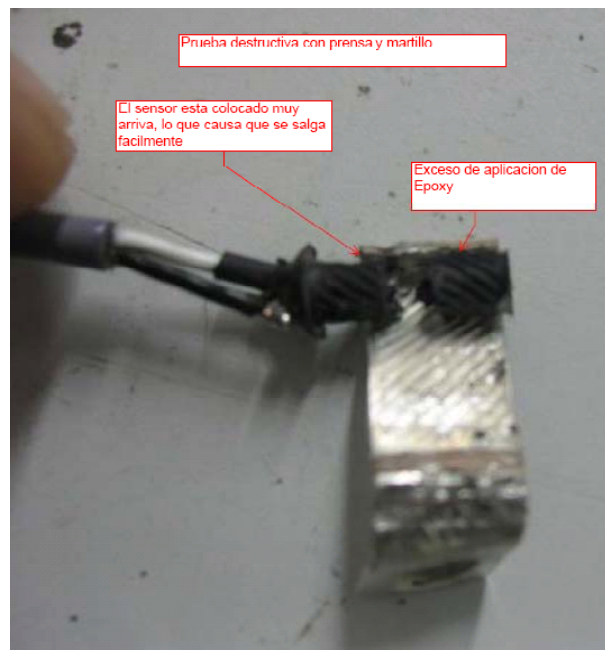


Figura 3-16: Remoción del casquillo protector con prensa y martillo

3.3 CASOS DE ESTUDIO

Después de un análisis de Pareto se determinó que las causas a seguir son las de más riesgo de costo por lo que se analizarán tres casos en los cuales se aplicaron las técnicas aquí descritas.

3.3.1 Primer caso de estudio

El problema:

1. Las piezas no están alcanzando la temperatura en el tiempo esperado.
2. Se genera una queja del cliente.
3. Se asigna un número único en la bitácora de quejas.
4. El error implica detener la producción hasta determinar el origen de esta falla, también se revisó todo el material en proceso, en almacén y camino al cliente.
5. Se tomó la queja del cliente y se dirigió al departamento de ingeniería.
6. El departamento de ingeniería obtuvo las piezas malas y verificó el error.
7. El análisis no destructivo no pudo determinar el origen de la falla y se prosiguió al análisis destructivo.
8. El análisis destructivo reveló una colocación incorrecta del sensor dentro de su encapsulado.
9. Se modificó el diseño para que el sensor estuviera lo más cerca posible al origen de la temperatura.

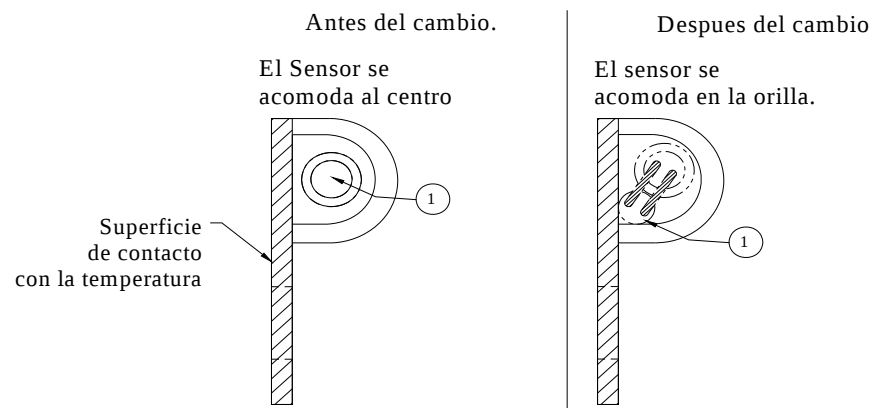


Figura 3-17 Posicionamiento del termistor dentro del encapsulado

3.3.2 Segundo caso de estudio

El problema es el diseño inadecuado de las piezas en la aplicación del producto final, lo que trae como consecuencia el alto costo del desperdicio de material, especialmente en el costo del cable.

El cliente no permite hacer cambios de diseño. Esto nos lleva a tratar de hacer más eficiente el diseño original.

- 1- Dentro de la recopilación de datos se observó que se desperdiciaba mucho cable, no se podía recuperar, debido a que su medida nominal era de 48 pulgadas con una tolerancia de ± 0.5 pulgadas. Si se quería retrabajar, no quedaba dentro de éstos límites.
- 2- Se revisó el material en cuarentena para sortearlo y recuperar material que sí se pudiera retrabajar, de acuerdo a las dimensiones mencionadas anteriormente.
- 3- Se maneja como queja interna.
- 4- Se efectuó un análisis en las piezas para determinar la causa más común de la falla, arrojando como resultado el desprendimiento de los cables en las puntas del termistor, ver Figura 3-18 Colocación correcta del termistor.
- 5- Para llegar a esta conclusión primero se hicieron análisis visuales no destructivos, la prueba eléctrica no detectaba resistencia eléctrica, como no se podía determinar el origen de los errores se recurrió al análisis destructivo, primero se tenía que sacar el termistor de su encapsulado, se utilizó el método de prensa y martillo¹⁰. Al quedar al descubierto el termistor se notó que éste no quedaba colocado hasta el fondo, quedando el termistor expuesto a las fuerzas externas del cable.

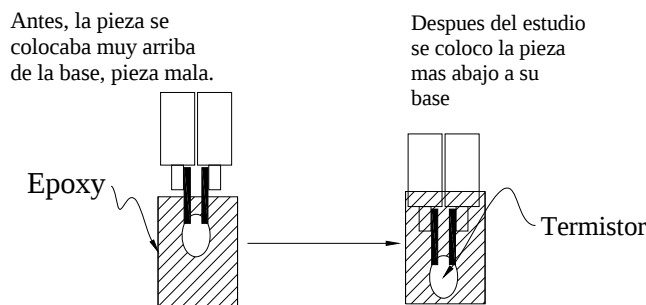


Figura 3-18 Colocación correcta del termistor.

Se asigna un número único en la bitácora de cambio de ingeniería.

Como causa raíz se determina el mal posicionamiento del termistor, se rediseña la pieza.

Se le da entrenamiento al personal para que observen el correcto posicionamiento del termistor.

¹⁰ Ver 3.2.2.5.2 Prensa y martillo

Como retroalimentación se está pendiente con otra queja del cliente por los mismos errores, gracias a este cambio, ya no ha sucedido.

3.3.3 Tercer caso de estudio.

En este caso aplicaremos el análisis de continuidad eléctrica a la pieza para determinar la causa raíz de piezas que no marcaban ninguna continuidad. Al aplicar el monitoreo de la calidad¹¹ la mesa directiva optó por estudiar esta queja, para cumplir con la satisfacción al cliente.

- 1- Se recopiló información de los errores más comunes en el producto. Teniendo más relevancia las piezas sin continuidad eléctrica.
- 2- Se originó una queja interna para darle seguimiento a su solución.
- 3- Existía material rechazado en el área de cuarentena.
- 4- Este producto sí amerita que se trate de rescatar el material en cuarentena si es posible.
- 5- El análisis se mandó al departamento de ingeniería.
- 6- Como las partes están disponibles para su análisis se prosigue a estudiarlas.
- 7- Primero se les hace un análisis visual. Este no trae resultados favorables.
- 8- Se decide seguir con el análisis destructivo.
- 9- Como la falla es un alambre suelto en el circuito, se decide desarmar la pieza en su extremo más lejano al termistor, que es la otra punta del alambre. En la Figura 3-19 Localización del conector, el extremo derecho es el conector.

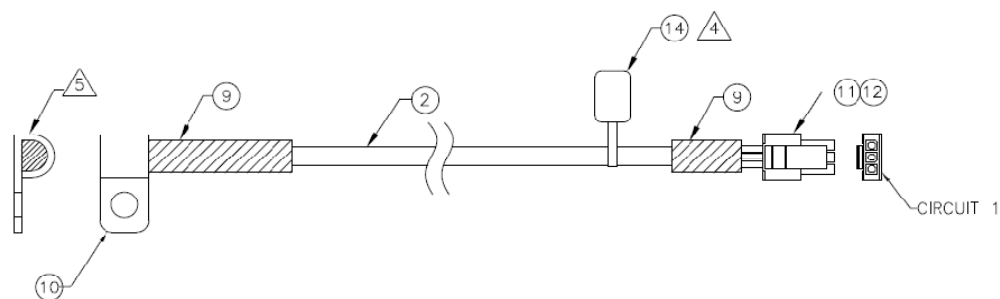


Figura 3-19 Localización del conector

Se retira el conector dejando al descubierto los coples de cobre. Se mide la resistencia eléctrica en este punto, obteniendo lecturas confirmando un circuito abierto.

¹¹ Ver sección 2.1.2

Se retiran los coples dejando al descubierto el cable. Se mide la resistencia eléctrica en este punto y aquí sí se obtiene una lectura correcta.

Se analizan los coples de cobre y queda al descubierto que un cople no estaba haciendo contacto con el alambre a pesar que estaba colocado sobre él. Al momento de remacharlo se remachó sin desforrar el cable, sobre el aislante de plástico. Otro cople estaba totalmente suelto.

Se concluyó que esta era la causa raíz del problema.

Al estudiar los posibles escenarios que pudieran causar este error, se encontró que pueden ser varios factores, como a continuación se mencionan: unas pinzas desforradoras sin filo que dejan residuos del aislante sobre el cable, un mal acomodo en la herramienta remachadora, mal entrenamiento del personal.

Para evitar que esto vuelva a suceder se tiene que atender cada situación. Se les facilita pinzas desforradoras nuevas, el equipo de remachado se calibra y se especifican los parámetros de calibración. Se modifica la documentación para que refleje este cambio y se entrena al personal en este cambio.

Como retroalimentación se está pendiente con otra queja del cliente por el mismo error, gracias a estos cambios, ya no ha sucedido.

4 CAPÍTULO IV RESULTADOS Y CONCLUSIONES

4.1 RESULTADOS DE LA DISOLUCIÓN CON SUBSTANCIA CORROSIVA

Se efectuó un análisis en una pieza, que el cliente comentó que falló en el campo, aproximadamente a una semana de su colocación.

Al regresar esta pieza para su análisis, primeramente se comprobaron las alegaciones del cliente, y efectivamente la pieza tenía un corto, lo que causó que esa fuera inoperable. Se realizaron análisis no destructivos en la pieza sin llegar a ningún resultado, entonces se prosiguió a retirar la pieza de su encapsulado metálico, para sumergirla en una solución corrosiva de epoxy para dejar al descubierto la estructura del chip.

Cuando se prosiguió a hacer un análisis visual de la estructura del chip se descubrió que la soldadura se derritió internamente y emigró de un alambre a otro, ocasionando un cortocircuito, se revisaron los procesos de fabricación de la pieza encontrando que todos cumplían con los requisitos del cliente y ninguno era capaz de elevar la temperatura a 220°C, que es la temperatura mínima para que la soldadura empiece a fluir.

Al seguir el análisis de la pieza se descubrió que el cliente recubre los alambres con una manga plástica protectora, aplicándola con una pistola de aire caliente, si no se tiene cuidado con esta pistola se logra elevar la temperatura a más de 220°C, por lo que el daño hecho a esta pieza era después de los procesos efectuados en la fábrica, en los procesos efectuados por el cliente. Se le hizo esta observación al cliente para que mejorara sus procesos o diseñara una pieza que soportara este tipo de procesos.

Al aplicar esta metodología se logró primeramente suponer cuál había sido el origen del error, pero después al tratar de duplicar el error en las instalaciones se descubrió que ningún proceso era capaz de hacer este daño, por lo que queda demostrado que la aplicación de esta metodología sí funciona para la resolución de este tipo de problemas.

4.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RAYOS X

Al aplicar esta metodología, visualmente se apreció la colocación de los termistores dentro de su encapsulado, dándonos una idea de cuál sería el problema si tratáramos de hacer una simulación para lograr el error otra vez. Al hacer otras piezas imitando las piezas malas mostradas en los rayos x, se pudo duplicar el error encontrado por el cliente, por lo que ya se puede proseguir a buscar por qué razón se sumergieron tanto las piezas dentro del encapsulado.

Se puede ver claramente que la aplicación de este método auxilia y encamina al investigador a hacer conjeturas del error, sin embargo se tiene que repetir el hacer piezas con las mismas características para comprobar dichas conjeturas, al duplicar estas piezas se pudo constatar que las conjeturas iniciales eran correctas. Por lo que queda demostrado que esta metodología sí funciona.

4.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA PRUEBA DE ARCO DE CORRIENTE

Gracias a la aplicación de esta técnica en el producto se descubrió una fisura en el aislante de las piezas, este producto es microscópico, con un diámetro de 0.095 pulgadas por lo que detectar una fisura a simple vista es muy difícil y se tiene que auxiliar con un microscopio, al aplicar esta prueba se detectaron rápidamente las piezas con corto y se desecharon, logrando reducir a cero las quejas del cliente desde que se implementó este método, por lo que se demuestra que sí es adecuado.

También existían piezas que registraban una lectura falsa, al hacerse el análisis se descubrió que un filamento de un alambre anexo hacía puente eléctrico con alambre doblado, anteriormente no se aplicaba esta técnica por lo que era difícil dar con este error, la única manera de darse cuenta de que el filamento estaba allí era visualmente, para ilustrar el tamaño de este filamento es igual al grosor de un cabello, por lo que es difícil detectarlo visualmente.

Se tuvo que usar el microscopio para poder ver la falla, se siguió investigando este error y se descubrió que la causa raíz de este son las pinzas con que se desforraba el alambre, al momento de desforrarlo, no todos los filamentos quedaban al descubierto, logrando que un filamento se extendiera hasta el alambre contiguo, se reemplazaron las

pinzas por otras mejores para desforrar el cable mejor, pero eso no nos garantizaba que el error se pudiera repetir.

Se planteó efectuar una prueba de arco de corriente, la cual consiste en aplicar carga eléctrica a la pieza, si la pieza tiene un alambre cruzado el arco es capaz de detectarlo, a partir de esta mejora se redujeron dramáticamente la cantidad de quejas del cliente de este producto. Hasta la fecha no se ha recibido queja por éste problema.

Otro análisis efectuado es el de sumergir un casquillo metálico recubierto con plástico en un líquido electro conductor, se coloca la terminal negativa de un óhmetro adentro del líquido y se sumerge el casquillo metálico casi hasta su totalidad en el líquido, con la terminal positiva del óhmetro que toque el casquillo, si el óhmetro registra una resistencia significa que hay una fisura en el recubrimiento de plástico que protege el casquillo metálico, por lo que esto puede representar una falla al aplicarse al producto.

4.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS USANDO EL MICROSCOPIO

Al aplicar esta metodología se comparó una pieza funcional con una pieza no funcional, como a simple vista no se observó ninguna diferencia, se amplificó tres veces el campo visual para así poder detectar diferencias entre un ensamble y otro, al hacer esta comparación se logró detectar que un cable del grosor de un cabello se había desviado a otro conector, logrando un cortocircuito de la pieza, fue un proceso gradual que poco a poco empezó a detectar material con fallas, el empleado se fue alertando más y fue poniendo más atención en su trabajo hasta que logró perfeccionar la técnica de desforre, eliminando completamente esta falla auxiliándose de una fijtura para este propósito.

4.5 RESULTADOS DEL USO DE OHMETRO EN LA DETECCIÓN DE CIRCUITOS ABIERTOS O CORTO CIRCUITO

Al aplicar esta metodología, se utiliza una herramienta que según sean las condiciones de la información desplegada en su pantalla, serán las decisiones a tomar.

Se ha determinado que cuando la pantalla permanece estática en el valor inicial que es cero (ver siguiente figura), indica que la pieza no tiene conducción eléctrica, al hacerse un análisis de esta pieza visualmente, se descubre que hay un alambre suelto o una parte del

circuito no está completamente cerrado por lo que no hay forma de que la corriente eléctrica pase a través de ella.

Por lo tanto esta metodología es válida y funciona para predecir un circuito abierto en la pieza.

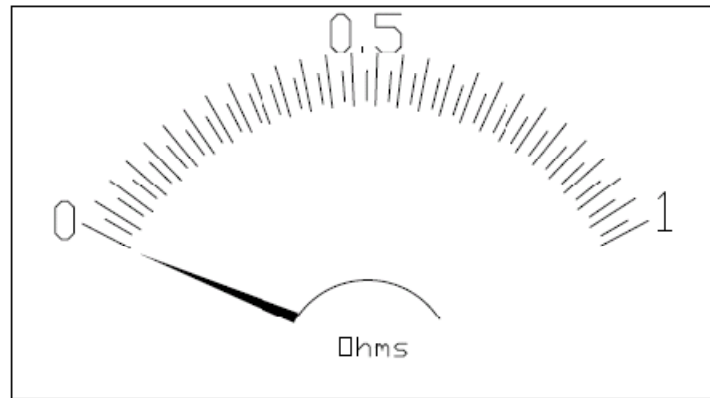


Figura 4-1 Lectura de un circuito abierto

Cuando la pantalla oscila (ver Figura 4-2 Lectura de un falso contacto en un circuito) entre una lectura muy cercana a cero y en menos de un segundo se eleva a lecturas muy altas como por ejemplo 10,000 ohms, se considera que la pieza tiene un falso contacto. Al hacer un análisis visual de la pieza, se descubre que ésta tiene una porción del circuito donde apenas hace contacto un miembro con el otro o un alambre que está mal soldado en la pieza, por lo tanto esta metodología es válida y sí funciona para predecir un falso contacto en la pieza.

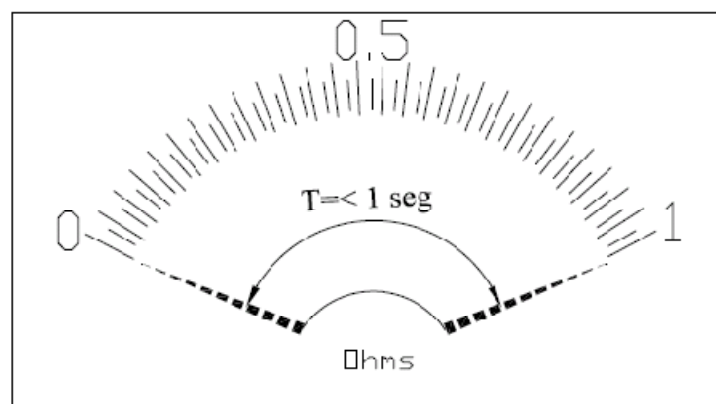


Figura 4-2 Lectura de un falso contacto en un circuito

Cuando la pantalla del dispositivo muestra (ver Figura 4-3 Variación de la lectura nominal de un circuito) una lectura muy por encima o debajo de la resistencia nominal se sospecha que esta tiene un cortocircuito, por ejemplo, la resistencia nominal puede ser de

1000 ohms y la lectura de la pantalla nos puede desplegar 10,000 mega ohms o 0.2 ohms, lo que esto nos demuestra que la corriente eléctrica está fluyendo por otra parte del circuito, no por donde se diseña que la corriente eléctrica corra. Al hacer un análisis visual de este tipo de piezas, se descubre que efectivamente una parte del ensamble está en unión con otro por lo cual se va midiendo una resistencia falsa, o cuando también muy apenas se mide una resistencia muy alta, esto nos indica que levemente existe un contacto entre dos piezas del circuito, de las cuales al hacer el análisis visual, se ha descubierto que estas suposiciones son correctas, por lo que queda demostrado que la aplicación de ésta metodología también es correcta en el análisis de este tipo de piezas.

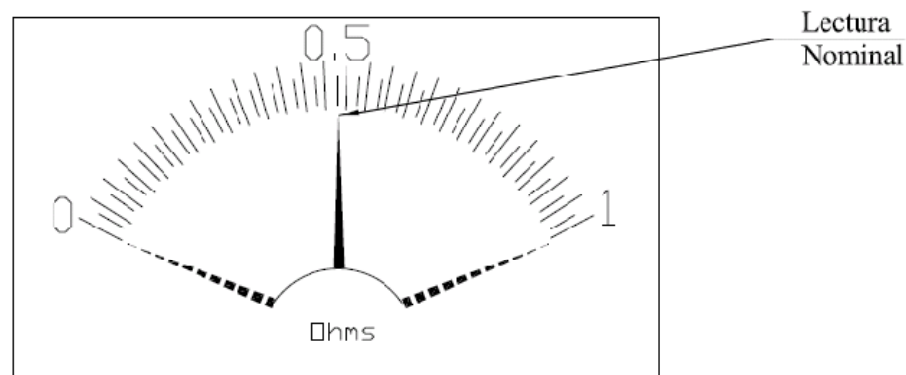


Figura 4-3 Variación de la lectura nominal de un circuito

4.6 RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA EN EL AISLANTE DEL CABLE

Esta metodología nos ayuda cuando queremos determinar si el cable es capaz de soportar las cargas eléctricas que van a pasar a través de él.

El análisis se efectuó en una pieza que a partir de un tiempo en que se ponía en operación el sensor, éste fallaba, este producto se inserta en una sonda que se introduce hasta llegar al corazón, con el fin de medir la temperatura de la sangre en este punto. Basta imaginar la importancia de que este producto no falle cuando está operando en estas circunstancias, ya que una falla puede comprometer seriamente la vida de la persona.

Debido a la seriedad de esta queja se hizo un examen exhaustivo de la pieza, además que no era la primera vez que sucedía, ya se tenían antecedentes previos, por lo que era importante detectar la causa raíz para poder corregir.

Se empezaron a aislar los componentes de este producto y analizar individualmente, al irse agotando las opciones de los materiales se fueron reduciendo las posibilidades de encontrar el error y por medio de esta metodología se encontró que el aislante del alambre era defectuoso.

Este consiste en un barniz especial el cual cubre toda la superficie del cable y lo mantiene aislado del medio ambiente, pero este recubrimiento no es exacto ni uniforme, ya que puede haber fisuras o espacios que les falta recubrimiento, se miden en micras de metro, por lo que una inspección visual sin ayuda de un microscopio es imposible, y con un microscopio muy poco práctico por el espacio que hay que cubrir para revisarlo.

Se optó por utilizar la metodología de aplicar una carga eléctrica a través del alambre y detectarla con un dispositivo que mide resistencia del aislante, al efectuar esta prueba detectó la fisura en el cable en cuestión, al ver que esta prueba era relativamente rápida y segura, se prosiguió a implementarla como práctica normal en la manufactura de este producto, mostrando así que esta metodología detecta piezas no funcionales.

Se determinó que la falla era en la etapa operacional del producto, por lo que producción y los controles de calidad no fueron capaces de detectar esta falla.

4.7 RESULTADOS DEL ANÁLISIS AUXILIADO POR TEMPERATURA

Al cambiar de una temperatura normal a una temperatura extrema se pueden simular situaciones a las que va a estar expuesto el producto, y se puede hacer la mejora desde la fase de diseño.

No todos los errores se pueden predecir en la fase de diseño ni en la simulación de las condiciones extremas, y las fallas donde se necesitan situaciones especiales para el producto falle, las probabilidades de que estas circunstancias reaparezcan son mínimas por lo que es importante un tipo de análisis para no alterar en lo más mínimo la integridad de la pieza.

Al revisar un lote de piezas que aparentemente pasaba todos los parámetros de prueba, se decide someterlas a una fatiga extrema de temperatura, por lo cual se pudo provocar la falla de algunas, logrando la simulación de las circunstancias especiales para que fallaran, por lo que se prosigue a tratar de encontrar la similitud entre esta falla y la

falla reportada por el cliente, pero esto es suficiente para encausarnos a una suposición de la existencia de una posible falla al colocar las piezas en condiciones extremas, por lo que esta metodología sí funciona, siendo de gran utilidad.

Un ejemplo de la aplicación de esta técnica es cuando el cliente empezó a detectar fallas del producto.

Al efectuar los primeros análisis no se pudo detectar la falla, pero conforme se prosiguió el análisis en otras piezas, se encontró que la manga protectora de cobre del termistor se expandía y contraía de una forma más rápida que el epoxy, pues es el pegamento que mantiene junto al termistor. Lo que esto causaba eran fuerzas externas que apretaba y expandían al termistor sometiéndolo a esfuerzos sobre los cuales no estaba diseñada la pieza.

Se sugirió un recubrimiento con silicón y después con el epoxy, utilizando el silicón como colchón para absorber la expansión y contracción del material y logrando una mejora en el diseño de la pieza, reduciendo notablemente la cantidad de piezas malas hasta la desaparición total del error en este producto. Por lo que se puede concluir que ésta metodología sí funciona.

4.8 CONCLUSIONES

Hubo muchos factores que ayudaron al desarrollo de este trabajo, el ser el área laboral del investigador y ser el único ingeniero en la fábrica, automáticamente la mayoría de las quejas se encaminaron a este departamento, hay infinidad de quejas y de problemas que día a día se tienen que resolver, algunos demoran más que otros debido a su complejidad. Se escogieron 3 casos prácticos de un centenar de problemas, por lo que está abierta la oportunidad de mas análisis para encontrar la causa raíz.

Retomando la hipótesis original: ¿Se podrá demostrar que utilizando puntos de la sección número 8 del sistema ISO 9000:2001 así como técnicas de diagrama de Pareto y técnicas desarrolladas de análisis sea suficiente para lograr una mejora en la estabilidad y calidad del producto PA2268? Queda demostrado que aplicando estas técnicas si se estabiliza y mejora la calidad del producto.

Se llevo mucho tiempo de investigación, desarrollo, prueba y error para llegar a los resultados aquí publicados. Es difícil el progreso cuando no se tienen claros los procesos o

no existen, desarrollar los primeros toma tiempo y mucho ajuste, después, se aplican en otros productos logrando los mismos resultados. La formalidad de documentar en el sistema ISO realmente nos disciplinó y ayudó a progresar, mejorando y estabilizando la calidad del producto.

Un factor importante es la satisfacción del empleado al realizar su trabajo, pues es la base de la calidad. Hay que aplicar mejoras que ellos entiendan y estén dispuestos a hacerlas.

4.9 RECOMENDACIONES PARA LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS

Hay temas que por su complejidad se contemplaron únicamente, pero que a continuación se mencionan como posibles temas de investigación.

- El circuito elaborado tiene la tendencia de desplazar su resistencia eléctrica a través del tiempo, esto es, si hoy mide 1000 ohms dentro de un año la misma pieza mide 1010 ohms es decir se desplazó un 1%, esta inestabilidad no los hace adecuados para un uso prolongado, la recomendación sería lograr evitar que se desplazara ese porcentaje, reducirlo a un mínimo.
- El producto elaborado tiene procesos artesanales, se recomienda un estudio para lograr un balance entre automatización y el proceso artesanal.
- El producto se mide con instrumentos de precisión únicos en el mundo, algunos son muy rudimentarios o análogos (ejemplo, el uso de medidores de agujas en lugar de medidores digitales), se siguen utilizando porque no se ha encontrado un sistema digital que iguale su precisión, se recomienda un estudio para diseñar una mejora en estos sistemas de medición.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Urbina, Gabriel Baca.** *Evaluación de Proyectos*. Mexico, DF : McGraw-Hill Interamericana, 2006. 970-10-5687-6.
- [2] **Julian E. Gaspar et al.** *Introduction to Business*. New York : Houghton Mifflin, 2006.
- [3] **Chase-Jacobs-Aquilano.** *ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION Y OPERACIONES PARA UNA VENTAJA COMPETITIVA*. MEXICO DF : McGraw-Hill, 2005. 970-10-4468-1.
- [4] **Salvendy, Gavriel.** *Biblioteca del Ingeniero Industrial*. Mexico : Ciencia y Técnica S.A., 1990. 968-18-3552-2.
- [5] **Ken Trevillian.** *Manual de Calidad de la Empresa Termistores de Tecate*. 2006.
- [6] **Juran, J.M.** *Juran's Quality Control Handbook*. New York : Mc Graw Hill, 1988.
- [7] **Riggs, James L.** *Sistemas de Producción, Planeación, Analisis y Control*. Mexico : Noriega Limusa, 1990. 968-18-0278-0.
- [8] **Hiller, Frederick S. y Lieberman, Gerald J.** *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Mexico, D.F. : McGraw-Hill Interamericana, 2001. 970-10-5621-3.
- [9] **Nyman, Lee R.** *Making Manufacturing Cells Work*. Dearborn, Michigan : Society of Manufacturing Engineers, 1992. 087263-419-1.
- [10] **Humberto Gutierrez Pulido, Roman de la Vara Salazar.** *CONTROL estadístico DE CALIDAD Y SEIS SIGMA*. MEXICO, DF : MCGRAW HILL, 2004.
- [11] **Hoyle, David.** *ISO9000, Quality Systems Handbook*. oxford : Elseiver, 2006.
- [12] **Chase, Richard B., Jacobs, F. Robert y Aquilano, Nicholas J.** *Administración de la Producción y Operaciones para una Ventaja Competitiva*. Mexico : McGraw-Hill Interamericana, 2004. 968-41-0071-8.

ANEXOS

ANEXO 1 certificado de acreditación de ISO 9001:2000

Anexo

DET NORSKE VERITAS

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATE

Certificate No. 11574-2007-AQ-USA-ANAB

This is to certify that

ALPHA TECHNICS

at

17151 Gillette Avenue, Irvine, CA 92614 USA
Cjon. De Servicio #61, Colonia el Encanto, Tecate, B.C. Mexico

has been found to conform to the Management System Standard:

Copia de ilustración únicamente, no tiene validez oficial.

ISO 9001:2000

This Certificate is valid for the following product or service ranges:

**DESIGN, MANUFACTURING AND SALES OF PRECISION
SENSORS, SENSOR ASSEMBLIES, MEASUREMENT
INSTRUMENTS AND CALIBRATION.**

Initial Certification date:

October 29, 2007

This Certificate is valid until:

October 29, 2010

*The audit has been performed under the
supervision of*

Gustavo Amezcua
Lead Auditor



Place and date:

Houston, Texas, November 12, 2007

for the Accredited Unit:

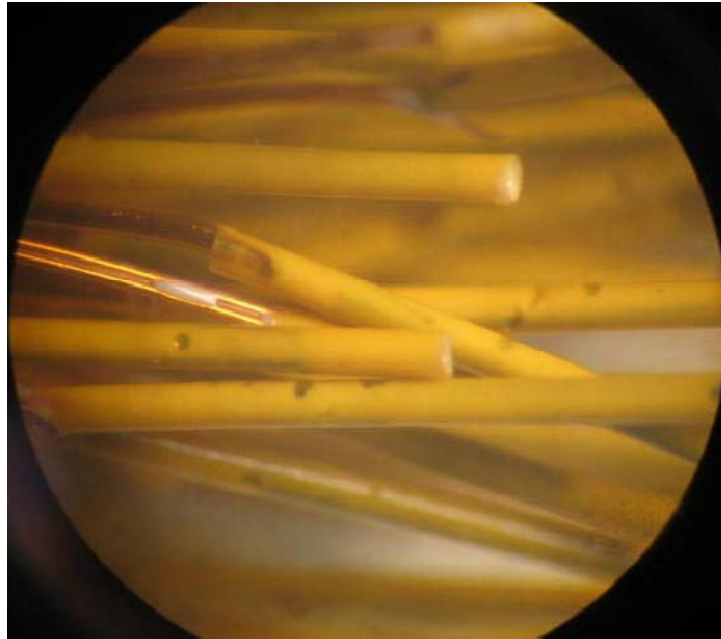
DET NORSKE VERITAS
CERTIFICATION INC., HOUSTON TEXAS

Rudy Frueboes
Management Representative

Lack of fulfilment of conditions as set out in the Certification Agreement may render this Certificate invalid.

DET NORSKE VERITAS CERTIFICATION INC., 16340 PARK TEN PLACE, HOUSTON, TX 77084, TEL: 281-721-6600 - WWW.DNVCERT.COM

Anexo 2: fotografías de fallas encontradas en otros productos



Encapsulado con burbujas , esto evita la uniformidad en la transferencia de calor.



Mal remachado del alambre, esto provoca poca o nula transferencia eléctrica.



Mal colocamiento del chip al soldarlo, debe de colocarse en paralelo a los alambres, esto provoca que el chip no quepa dentro del envase metálico.



Posicionamiento correcto de los chips



Encapsulado metálico defectuoso de las puntas, las puntas tienen unas protuberancias, deben de estar completamente cilíndricas.

ANEXO 3 Distribución de la línea

Distribución de o alinea de producción y de los procesos del producto.

