

UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



POSGRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISMINUCIÓN DE DESPERDICIOS EN EL PROCESO DE
RECUBRIMIENTO DE ESPUMA EN EMPRESA MANUFACTURERA DE
ARNESES DEL NOROESTE DE MÉXICO

T E S I S

PRESENTADA POR

GICELA MONGE PULIDO

Desarrollada para cumplir con uno de los
requerimientos parciales para obtener
el grado de Maestra en Ingeniería

DIRECTOR DE TESIS

DR. LUIS FELIPE ROMERO DESSENS

HERMOSILLO, SONORA.

FEBRERO DE 2013

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

RESUMEN

“El precio se olvida, la calidad permanece” (Proverbio Francés)

Actualmente la prioridad de toda empresa es la de conservar la fidelidad de sus clientes y atraer nuevos, por lo que es de suma importancia que la calidad del producto sea la firma de la compañía. En una empresa dedicada a la fabricación de arneses electrónicos, se realiza un análisis de causa raíz en el proceso de recubrimiento de espuma, ya que se han presentado pérdidas de miles de dólares mensuales por motivo de los defectos y reprocesamiento.

Después de documentar un año de datos del proceso, se tomaron como posibles causas la mano de obra, el método, el medio ambiente, mantenimiento, medidas de desempeño y la materia prima, se analizaron a fondo cada una de ellas para determinar sus efectos en la calidad de los arneses, de modo que fueron requeridas diversas herramientas de análisis, como lo son, los diagramas de Pareto, árbol de factor causal, Análisis de Modo y Efecto de Fallas, mejor conocido como AMEF, diagramas de proceso hasta la herramienta de los cinco por qué, y diagramas de Ishikawa, tanto para reflejar el estado inicial del proceso, como para representar una imagen del posible futuro si se siguen las recomendaciones planteadas.

Para el análisis de los resultados se utilizó Excel para organizar los datos y para la elaboración de las gráficas, además, a través del paquete estadístico Minitab, se hicieron pruebas de independencia para conocer la relación entre ciertas variables. Entre otros resultados, se identificó la frecuencia del mantenimiento como una de las causas principales relevantes en la producción de arneses defectuosos, de ahí se realizó un análisis mas profundo de dichos efectos para poder hacer una propuesta de mejora que ayudara a disminuir la tasa de defectos que se presenta en el proceso de recubrimiento de espuma.

No solo se le puso atención a lo detectado en el área de mantenimiento, sino que también se encontraron detalles a lo largo de la investigación, para los cuales se

realizaron propuestas que podrían, al trabajar en conjunto, hacer la diferencia en el área. Hay que recordar el valor de las pequeñas ideas y sobre todo no subestimar la voz del cliente interno, la cuál fue escuchada mediante una encuesta que se le aplicó a los trabajadores del área para detectar necesidades en cuanto al medio ambiente (condicione referentes a seguridad ambiental) y equipo de seguridad del área, lo cuál obtuvo resultados positivos con el solo hecho de que los empleados se dieran cuenta de que, su opinión es importante para la empresa

ABSTRACT

The price is forgotten, the quality remains (French Proverb)

The priority of any company is to retain customer loyalty and attract new ones, so a critical item for the signature of a company must be the product quality. In a firm which manufactures electronic harnesses, a root cause analysis has been done, specifically in the foaming process, since there have been losses of thousands of dollars a month due to defects and reprocessing. After one year of data documenting, there were taken as possible causes: labor, method, environment, maintenance, performance measures and raw material, analyzing each one to determine their effects on quality of the harness, so they were required different analysis tools, such as, Pareto diagrams, causal factor tree, Failure Mode and Effect Analysis, better known as FMEA, process diagrams adapted to 5w tool, and Ishikawa diagrams for both the initial state and to future vision according to the recommendations.

Excel was used to analyze and to organize data and to prepare graphs, also through the Minitab statistical package, tests of independence were made to determine the relationship between certain variables. Among other results, it was identified the frequency of maintenance as a major cause relevant in the production of defective harnesses, hence we performed a deeper analysis of these effects to make a proposal for improvement to help reduce the defect rate presenting the foaming process. Not only paid attention to that detected in the maintenance area, but details were found throughout the investigation, for which proposals were made that could, by working together, make a difference in the area. You have to remember the value of small ideas and above all not to underestimate the internal customer voice, which was heard by a survey that was applied to workers in the area to identify needs in the environment (conditional concerning environmental safety) and safety equipment in the area, which had positive results with the simple fact that employees realize that their opinion is important to the company

AGRADECIMIENTOS

“De la mala calidad se aprende, de la buena calidad se vive” (Johnny Castro)

Al ver ésta tarea concluida, lo primero que me viene a la mente es agradecer a Dios por haberme dado la paciencia necesaria para seguir adelante a pesar de todos los altibajos por los que pasé en la elaboración de éste proyecto, por abrirme la mente cuando pensé que todo mi trabajo estaba perdido, por ponerme en el camino a personas maravillosas que me ayudaron a salir de las ideas que no me dejaban ver el camino a la solución.

Agradezco inmensamente a mis padres por todo el apoyo que me han brindado, por ayudarme a cumplir mis metas y estar siempre a mi lado, tanto en los buenos como en los malos momentos. A mi padre, René Monge Valenzuela, quien fue quien me planteó la idea de ser Ingeniero Industrial, gracias por mostrarme otro camino que para mi resulto se la profesión que amo. A mi madre, Rosa Icela Pulido Vidal por apoyarme siempre en mis proyectos, por escucharme y ayudarme a cumplir mis metas, por buscar siempre lo mejor para mí.

A mis hermanos, Uriel René y Asenet, por ofrecerse siempre a ayudar, por desvelarse conmigo, solo para hacerme compañía mientras cumplía con las diversas actividades y proyectos que tantas experiencias y conocimientos me brindaron.

A mi prometido, Aarón E. López Rodríguez, gracias por todo tu amor, tu apoyo y tu comprensión durante éstos dos años, y sobre todo gracias por ayudarme a sacar éste proyecto adelante desde sus inicios, por dedicar tu tiempo a ayudarme a recopilar información, por explicarme claramente todo lo que era necesario entender para observar el proceso con un ojo crítico, gracias.

Gracias Dr. Luis F. Romero D. por todo su apoyo, por recibirme en su oficina para discutir cada idea que me pasaba por la cabeza que podría funcionar en el proyecto, por apoyarme aún desde antes de entrar al programa de maestría, sobre todo

gracias por ayudarme a creer en que puedo hacer grandes cosas y a darme cuenta de lo mucho que he crecido, por brindarme sus conocimientos para orientar mi trabajo, no solo mi proyecto de tesis, sino muchas otras dudas sobre diversos proyectos con los que me ha ayudado desde mis años universitarios a la fecha.

A mis amigos y maestros muchas gracias por compartir sus conocimientos y experiencias conmigo. Al personal de recursos humanos de la empresa por facilitarme el acceso y al Ingeniero de calidad por brindarme el tiempo necesario para poder obtener los datos, entrar al proceso y observar su funcionamiento, gracias.

Por último, pero no menos importante a la Universidad de Sonora por aceptarme en el programa de maestría, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Programa Integral de Fortalecimiento Institucional (PIFI 2011) por su apoyo económico para la realización de mi tesis

*“Guarda bien tus momentos libres. Son como diamantes en bruto. Tíralos y nunca sabrás su valor. Mejóralos y llegaran a ser las piedras más brillantes de una vida útil”
(Ralph Waldo Emerson)*

CONTENIDO GENERAL

ABSTRACT..... iv

AGRADECIMIENTOS..... v

CONTENIDO GENERAL vii

ÍNDICE DE TABLAS..... ix

ÍNDICE DE FIGURAS xi

1. INTRODUCCIÓN 1

 1.1 Antecedentes..... 3

 1.2 Planteamiento del problema..... 4

 1.3 Objetivo General 4

 1.4 Objetivos Específicos 4

 1.5 Hipótesis..... 5

 1.6 Alcances y delimitaciones..... 5

 1.7 Justificación..... 6

2. MARCO TEÓRICO 7

 2.1 Control de la Calidad 7

 2.2 Calidad y Mejora Continua 9

 2.3 Manufactura Esbelta..... 10

 2.3.1 Siete Desperdicios..... 13

 2.3.2 Herramientas de la Manufactura Esbelta..... 16

 2.4 Metodología Seis Sigma 20

 2.4.1 Pasos de la Metodología Seis Sigma..... 25

 2.4.2 Casos de Éxito 27

 2.5 Análisis de Causa Raíz 31

 2.5.1 Generalidades del análisis de causa raíz 32

 2.5.2 Diagrama Causa Efecto..... 33

 2.5.3 Diagrama de Pareto 36

2.6 Empresa considerada en el estudio.....	47
3. METODOLOGÍA	56
4. RESULTADOS.....	63
4.1 Obtención y análisis de datos	63
4.2 Análisis de causa raíz	71
4.2.1 Mano de obra	72
4.2.2 Método.....	76
4.2.3 Medio ambiente.....	78
4.2.4 Medidas de desempeño	81
4.2.5 Materia Prima	89
4.2.6 Mantenimiento.....	90
4.3 Análisis de resultados	99
5. CONCLUSIONES	101
5.1 Conclusiones Generales.....	101
6. INVESTIGACIONES FUTURAS	104
7. REFERENCIAS.....	105
8. ANEXOS	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Definiciones clásicas de calidad.....	7
Tabla 2.2 Análisis de desperdicios.....	15
Tabla 2.3 Herramientas de Manufactura Esbelta (Galván, 2010).....	16
Tabla 2.4 Ejemplo de una lista de partes interesadas con valoración de influencia/riesgo/actitud.....	24
Tabla 2.5 Fases de la metodología Seis Sigma (Cruz, 2008).....	27
Tabla 2.6 Tabla de resumen ACR (Traducida de ABS Consulting, 2008) (ABS Consulting, 2008).....	41
Tabla 2.7 Tabla de escala de severidad.....	45
Tabla 2.8 Tabla para determinar la probabilidad de falla.....	46
Tabla 2.9 Ventajas y desventajas del uso de AMEF.....	47
Tabla 2.10 Componentes y procesos en la fabricación de un arnés electrónico.....	51
Tabla 4.1 Relación de información correspondiente al periodo de agosto a septiembre de 2010 Defecto-Pieza.....	63
Tabla 4.2 Relación de información correspondiente al periodo de agosto a septiembre de 2010 Arnés-Costo unitario-Cantidad-Costo.....	65
Tabla 4.3 Relación del costo de los desperdicios por áreas contra el monto de las ventas mensuales.....	67
Tabla 4.4 Relación de defectos en el periodo de enero a septiembre de 2011.....	68
Tabla 4.5 Defectos por arnés y costo correspondientes al periodo de enero a septiembre de 2011.....	70
Tabla 4.7 Relación de defectos de acuerdo al número de empleado (Proceso de recubrimiento de espuma)	75

Tabla 4.9 Tamaño de muestra para observación del proceso de recubrimiento de espuma.....	76
Tabla 4.10 Frecuencia de defectos por número de parte y día de la semana.....	91
Tabla 4.11 Arnesees con más frecuencia de defectos contra día de la semana.....	92
Tabla 4.12 Costo semanal de detener la línea de producción para dar mantenimiento a los moldes del área de recubrimiento de espuma.....	97
Tabla 4.13 Inventario de seguridad para los arneses 801, 103 y 603, arneses listos para accesorios y empaque.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Ciclo de Deming (Sierra, 2009).....	9
Figura 2.2 Pasos para la implementación de manufactura esbelta (Anbor Consulting, 2007).....	11
Figura 2.3 Elementos de la manufactura esbelta (William, 2002).....	11
Figura 2.4 Ejemplo de FSVSM del proceso de fabricación de una familia de productos (Magnier, 2003).....	18
Figura 2.5 Ejemplo de FSVSM del proceso de fabricación de una familia de productos (Magnier, 2003).....	19
Figura 2.6 Distribución del proceso centrada (corto plazo) y recorrida 1.5 sigmas (largo plazo).	21
Figura 2.7 Métricos en Seis Sigma.....	22
Figura 2.8 Roles y responsabilidades en los proyectos seis sigma (Quirarte, 2005).....	23
Figura 2.9 Compromiso de apoyo de la parte interesada para alcanzar el éxito...	25
Figura 2.10 Puntos de evaluación del análisis de partes interesadas dentro del proceso DMAIC.....	25
Figura 2.11 Seis Sigma Plus, Modelo de Mejora Continua FM&T.....	29
Figura 2.12 Base del análisis causa raíz.....	33
Figura 2.13 Diagrama Causa – Efecto (Dearing & Stavrakas, 2011).....	35
Figura 2.14 Procedimiento para realizar una análisis de Causa – Efecto.....	36
Figura 2.15 Diagrama de Ishikawa “Contaminación del agua”.....	36
Figura 2.16 Diagrama de Pareto de los defectos (Báez, et al., 2010).....	39
Figura 2.17 Ejemplo de mapa de causa raíz.....	40
Figura 2.18 Ejemplo de Gráfico de factor causal.....	42
Figura 2.19 Ejemplo de Árbol de Fallas.....	43

Figura 2.20 Ejemplo de Diagrama de Árbol d Fallas (Jucan, 2005).....	44
Figura 2.21 Procedimiento para la realización la técnica TKJ.....	48
Figura 2.22 Tipo de clientes de la empresa.....	49
Figura 2.23 Arnés electrónico instalado en un motor de camión de maquinaria mediana.....	50
Figura 2.24 Vista de un motor instalado dentro de un vehículo, y arnés electrónico con recubrimiento de espuma.....	50
Figura 2.25 Componentes principales de un arnés electrónico.....	52
Figura 2.26 Diagrama de flujo de proceso de ensamble de arnés 801.....	53
Figura 2.26 Luces delanteras y luz de freno.....	53
Figura 2.27 Funciones internas controladas por arneses electrónicos (direccionales, encendido, radio, reloj, aire acondicionado, etc.).....	53
Figura 3.1 Metodología general.....	58
Figura 3.1 Ilustración de la Metodología general.....	62
Figura 4.1 Pareto de defectos contra piezas.....	65
Figura 4.2 Pareto de número de parte contra costo de defectuosos.....	66
Figura 4.3 Gráfica de meses contra costo de desperdicios correspondiente a 2010.....	66
Figura 4.4 Diagrama de Pareto de piezas de producto no conforme de acuerdo al defecto.....	69
Figura 4.5 Diagrama de Pareto de defectos (piezas) por arnés.....	70
Figura 4.6 Diagrama de Pareto de defectos (costo) por número de parte (arnés)...	71
Figura 4.7 Diagrama de Ishikawa de proceso de recubrimiento de espuma.....	72
Figura 4.8 Defectos por empleado, periodo enero-octubre 2011.....	73
Figura 4.9 Diagrama de Pareto de defectos por número de empleado.....	74
Tabla 4.6 Relación de defectos de acuerdo al número de empleado.....	75

Figura 4.10 Equipo de seguridad en el proceso de recubrimiento de espuma.....	79
Figura 4.11 Encuesta de medición preliminar de medio ambiente.....	79
Figura 4.12 Resultados de preguntas filtro.....	80
Figura 4.13 Resultados Encuesta de Medio Ambiente (Preguntas 3 y 4).....	80
Figura 4.14 Resultados Encuesta de Medio Ambiente (Preguntas 5 y 6).....	81
Figura 4.15 Mesa de inspección de dimensional.....	82
Figura 4.16 Conector con dimensión corta.....	83
Figura 4.17 Proceso de prueba eléctrica (ilustrado)	85
Figura 4.18 Colocación correcta de conectores en tapones de prueba eléctrica....	87
Figura 4.19 Arnés conectado en prueba eléctrica y dimensional.....	87
Figura 4.20 Arnés que pasó prueba eléctrica y dimensional.....	88
Figura 4.21 Arnés electrónico en tablero para colocación de cinta y accesorios.....	89
Figura 4.22 Grafico de frecuencia de defectos por número de parte y día de la semana.....	91
Figura 4.23 Arneses con más frecuencia de defectos contra día de la semana.....	92
Figura 4.24 Resultados prueba de independencia con MiniTab para los defectos de acuerdo al tipo de arnés y el día de la semana.....	93
Figura 4.25 Pasos para la realización del estudio de factibilidad correspondiente al mantenimiento de los moldes del área de recubrimiento de espuma.....	95
Figura 4.27 Gráfico comparativo de inventario de seguridad sugerido contra piezas detenidas por mantenimiento de los moldes.....	98
Figura 5.1 Observaciones generales en cada etapa del análisis causa raíz.....	102
Figura 5.2 Diagrama de Ishikawa actualizado.....	103

1. INTRODUCCIÓN

Morillo (2005) comenta que “las probabilidades de éxito en la toma de decisiones depende en gran medida de la calidad de información manejada. Desde la perspectiva estratégica se hace imprescindible la información sobre los competidores y la posición de la empresa –medio externo e interno- para el desarrollo de ventajas competitivas sostenibles”

La principal meta de una compañía es la de generar utilidades, uno de los caminos para incrementar las mismas es la disminución de desperdicios, es decir “hacer más con menos”, por lo que es necesario conocer la definición para actividades que agregan valor y aquellas que no lo hacen, las cuales se mencionan a continuación (Ohno, 1988).

- Actividades que agregan valor al producto: son aquellas por las cuales el cliente está dispuesto a pagar, en las cuales se transforman los materiales o información en productos o servicios y que son realizadas bien desde la primera vez
- Actividades que no agregan valor al producto: Aquellas que consumen recursos pero no aportan directamente valor agregado al producto o servicio.

Dentro del concepto de Lean se identifican siete tipos de desperdicios, estos ocurren en cualquier clase de empresa o negocio y se presentan desde la recepción de la orden hasta la entrega del producto. Adicionalmente, se considera un octavo tipo de desperdicio especial que da origen a lo que en Lean se llama 7+1 Tipos de Desperdicios. Los cuales son sobreproducción, transporte, tiempo de espera, sobreprocesamiento, exceso de inventario, defectos, movimiento innecesario y talento humano (Jeffrey & Meier, 2006).

Generalmente, en las empresas, se utilizan soluciones llamadas “apaga fuegos”, las cuales no son totalmente eficientes ni efectivas, lo importante es encontrar la causa raíz de variaciones en el proceso de producción, una buena guía es la metodología seis sigma, Gregory Brue (2003) menciona que seis sigma provee bases científicas y

estadísticas para el aseguramiento de la calidad para todos los procesos a través de mediciones y niveles de calidad.

Para poder darle seguimiento a las mejoras propuestas e implementadas, es importante establecer los parámetros de medición para cada una de las variables de estudio, la metodología seis sigma nos permite representar comparaciones entre todos los procesos, y en consecuencia nos dice qué tan bueno es el proceso. El objetivo primordial de Seis Sigma es mejorar el desempeño de los procesos, mediante el intento de alcanzar tres cosas, primero reducir costos, claro, sin afectar la calidad del producto, segundo, aumentar la satisfacción del cliente, y tercero incrementar los ingresos y como consecuencia las utilidades, claro tomando en cuenta la filosofía vigente, políticas, socios, personal, etc. (Brue, 2003).

Para poder identificar los factores que podrían influir, (ya sea positivamente o negativamente), en el proceso, se debe tomar una “fotografía” del mismo, es decir observar cada paso del proceso a detalle, así como la manera en que éste se relaciona con los procesos que se encuentran antes y después del mismo, debemos saber en qué estado se encuentra el sistema actualmente, para poder conocer los puntos a mejorar y así poder comparar el estado actual, con el estado en que podría estar el sistema una vez que se aplique la propuesta de mejora; en pocas palabras, si no se conoce el estado actual, no se puede saber si se mejoró.

Es importante recalcar que las Organizaciones gastan millones de dólares cada año en proyectos destinados a eliminar el desperdicio y reducir la variación a través del rediseño del proceso. Muchos de estos proyectos, sin embargo, fallan en producir un cambio duradero. Un activo gerenciamiento de las partes interesadas, unida a una cultura de trabajo en equipo, permitirá a estos proyectos aumentar al máximo el retorno de inversión a través de la combinación efectiva de tres factores, una comunicación dedicada, compromiso de las partes interesadas y una constante mitigación de riesgo. (Kangas, 2011)

1.1 Antecedentes

La empresa donde se realiza el presente proyecto tiene presencia en la ciudad desde el año 1995, siendo su giro principal la fabricación de partes y accesorios para el sistema eléctrico de la industria automotriz, contando con clientes de renombre a nivel mundial, sobre todo en cuanto a maquinaria pesada.

En la empresa se ha dado seguimiento al área de recubrimiento, una de sus acciones fue la de concentrarse en rotación de personal; “Se aplicaron medidas para conservar a los trabajadores por más tiempo, y en la actividad para la que están capacitados, de modo que se lograra una reducción de los costos de capacitación y entrenamiento, así como los costos por desperdicios en piso, y el tiempo perdido en la línea de producción para introducir nuevo personal a la operación a realizar; las propuestas fueron las de darles un bono de remuneración a los empleados, si se llegaba a la meta del equipo, lo cual ya se había hecho en administraciones pasadas, y se retomaba para que se realizara un verdadero trabajo de equipo para el logro de una meta común” (Martinez, 2010).

Durante la segunda mitad del año 2010 y a mayo del 2011 se ha presentado un incremento en la tasa de defectos, sobre todo las piezas que no pueden ser reprocesadas y cuyos costos se van directamente a desperdicios, comenta uno de los ingenieros encargados del área de recubrimiento de espuma, IIS Alejandro Martínez, (2010) “En el periodo de Agosto a Septiembre del 2010, se llegó a tener casi el 13% de producto no conforme, es decir, un aproximado de 800 defectos en el mes, los cuales representaban pérdidas económicas por aproximadamente de 28000 dólares, IIS Aarón López (2011) en entrevista personal realizada el 11 de mayo de 2011, proporciona información del proceso, en el que se presentó un porcentaje de defectuosos del 7%, pero el cual se incrementó en los inicios del mes de mayo.

1.2 Planteamiento del problema

Hay arneses que por la naturaleza de su función dentro del automóvil requieren de un recubrimiento de espuma, el cual debe cumplir con las especificaciones estéticas, es decir evitar burbujas, conectores con espuma, fugas, etc., pero lo más importante es que no se dañe el arnés mientras pasa por dicho proceso de moldeo.

El presente estudio se llevará a cabo en un segmento de la planta el cual manufactura 240 piezas diarias, correspondientes a trece arneses distintos; se prestará especial atención a el llamado “top 3” en defectos, correspondiente a los arneses 801, 103 y 603.

Se desconoce el factor que genera variaciones en el proceso de recubrimiento de espuma, dando como resultado una alta proporción de desperdicios, se presenta una tasa de defectos superior al 3% el cuál es el máximo permitido, se ha llegado a observar hasta el 13% mensual; lo que representa pérdidas de \$10,500 a \$28,000 USD por periodo, \$8,500 correspondientes a los tres arneses que representan el 60% de la producción defectuosa.

1.3 Objetivo General

Disminuir la tasa de defectos (tanto piezas rescatables como defectuosos) en el área de recubrimiento de espuma, reduciendo como consecuencia, los costos de fabricación actual.

1.4 Objetivos Específicos

Representar el estado actual del sistema para poder analizar el proceso de recubrimiento de espuma, es decir observar a detalle una fotografía del proceso, ya que para medir una mejora es necesario conocer el antes y el después.

Encontrar alternativas de mejora al proceso las cuales puedan llevarse a cabo bajo la distribución de instalaciones actuales del área de recubrimiento de espuma.

Identificar la eficiencia de las alternativas de mejora propuestas contrastándolas con los beneficios potenciales, para seleccionar aquellas que puedan ser aplicadas al proceso de recubrimiento de espuma; presentando evidencia estadística suficiente que apoye las propuestas.

Proponer alternativas de mejora que incrementen la eficiencia del área de recubrimiento de espuma, disminuyendo como consecuencia, los costos de fabricación actual.

1.5 Hipótesis

Existe un factor común por el cual se generan piezas defectuosas en el proceso de recubrimiento de espuma, para los arneses que componen el “Top 3” (801, 103 y 603) de la producción no conforme, lo cual incrementa el costo de fabricación actual.

1.6 Alcances y delimitaciones

La presente investigación se realizó en una empresa manufacturera de arneses del noroeste de México, específicamente en una de sus plantas y tomando en cuenta los datos correspondientes a uno de sus segmentos, es decir a ciertos clientes en concreto.

La recolección de información se llevó a cabo por medio de observación directa, y análisis de los reportes entregados por parte del departamento de calidad del área, para finalmente delimitar el área de estudio al proceso de recubrimiento de espuma de un segmento de la planta, se analizó su calidad de entrada así mismo como su calidad de salida, aplicando distintas herramientas de ingeniería de calidad y en general la metodología DMAIC (por sus siglas en inglés: Define, Measure, Analyze, Improve, Control)

La principal limitante fue que no se podía hacer ningún cambio en la distribución de las actividades y el área de trabajo, así mismo, el tiempo que se podía estar dentro del área de recubrimiento de espuma fue restringido. Por las mismas actividades de

la empresa era imposible tener toda la atención de los encargados de calidad, por lo que las visitas a la planta fueron agendadas con anticipación.

1.7 Justificación

Aunque se cumple a tiempo con los requerimientos del cliente; no se conoce la causa raíz por la que se cuenta con una tasa de defectos superior a lo aceptable, dichos desperdicios representan pérdidas de \$10,500 a \$28,000 USD por periodo, \$8,500 correspondientes a los tres arneses que representan el 60% de la producción defectuosa. Encontrar el factor que se presenta en las variaciones de los arneses que requieren recubrimiento de espuma, y aplicar un método para evitar que ésta se presente, ayudaría a contar con una producción eficaz y eficiente en el área, lo que, automáticamente disminuiría los desperdicios generados por la misma y como consecuencia se disminuiría el costo de fabricación actual.

2. MARCO TEÓRICO

Para que cada una de las secciones del presente proyecto sea comprendida por completo, es importante explicar desde la base del control de calidad, definiciones y herramientas básicas, hasta la aplicación e interpretación de cada diagrama y gráfico que se utilizó en la realización del estudio. En resumen, el presente capítulo, se presenta una recopilación de toda la información pertinente al lector para la completa comprensión de los temas tratados a lo largo de la investigación.

2.1 Control de la Calidad

“En la carrera por la calidad no hay línea de meta” (Robert William Kearns)

Existen innumerables definiciones de calidad para cada uno de los distintos ambientes en donde se presenta. Cualquiera que sea nuestra actividad es necesario saber qué es la calidad y cómo aplica en lo que hacemos, así como también es importante tomar en cuenta las consecuencias de una mala calidad y como detectarla antes de que salga de nuestro sistema.

“La adecuación para el uso satisfaciendo las necesidades del cliente” (Juran & Gryna, 1995)
100% de la conformidad es igual a cero defectos (Crosby, 1987)
Un grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo, adecuado a las necesidades del mercado (Deming, 1989)
Desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el útil y siempre satisfactorio para el consumidor (Ishikawa, 1994)
A mayor variación de una especificación con respecto al valor nominal, mayor (exponencialmente) es la pérdida monetaria transferida al consumidor.-(Taguchi, et al., 2007)

Tabla 2.1 Definiciones clásicas de calidad

Otro enfoque de calidad propuesto por Juran (1990) es el de ver que la sobrevivencia de la compañía se encuentra apoyada en tres pilares, los cuales son: la planeación, el control y la mejora de la calidad, es decir, el éxito de una compañía recae en una buena organización y estrategias de calidad apoyadas en bases sólidas que hagan que la compañía se distinga.

La meta de toda compañía es la de generar riquezas (Goldratt, 2005) por lo que es de suma importancia la fidelidad de sus clientes y como consecuencia, la permanencia de la corporación en el mercado; teniendo entonces como finalidad de la calidad asegurarse de que el producto cumpla con todas las especificaciones con las que fue diseñado; siendo esto parte de las actividades del control de la calidad.

Los sistemas de calidad total se apoyan en participación de personas; de esta manera, una empresa que desee implantar una filosofía de calidad total debe poner especial énfasis en la formación de sus recursos humano. Para los responsables de la implantación de los sistemas, el asegurarse de que la filosofía de calidad total se asume, es necesaria la adopción de una actitud de aprendizaje continuo por parte de todo el personal (Danvila & Sastre, 2007)

El concepto de calidad total considera a la empresa como una cadena de relaciones suministrador- cliente; de esta forma cada individuo es cliente de la persona que le suministra información o material para realizar su trabajo y suministrador de la persona a la que entrega el trabajo realizado, lo que conlleva un enfoque o proceso hacia la mejora continua de la calidad en el sentido de aplicarse no sólo al producto final, sino también a los productos intermedios, a los servicios y a las relaciones entre servicios y personas. Se extiende igualmente a los distintos componentes de la empresa, a la relación entre cliente y proveedor y al empleo de determinados procedimientos para evaluar las actividades a todos los niveles (Galgano, 1993)

2.2 Calidad y Mejora Continua

“Estableced el orden: el hábito se encargará de mantenerlo.” (Duque de Levis)

Según Edwards Deming (1989) "la calidad no es otra cosa más que una serie de cuestionamiento hacia una mejora continua". El ciclo de Shewhart fue desarrollado en los años 20's, pero popularizado por Deming, en diversas aplicaciones administrativas e industriales, por ésta razón es ampliamente conocido como el ciclo de Deming (Figura 2.1).

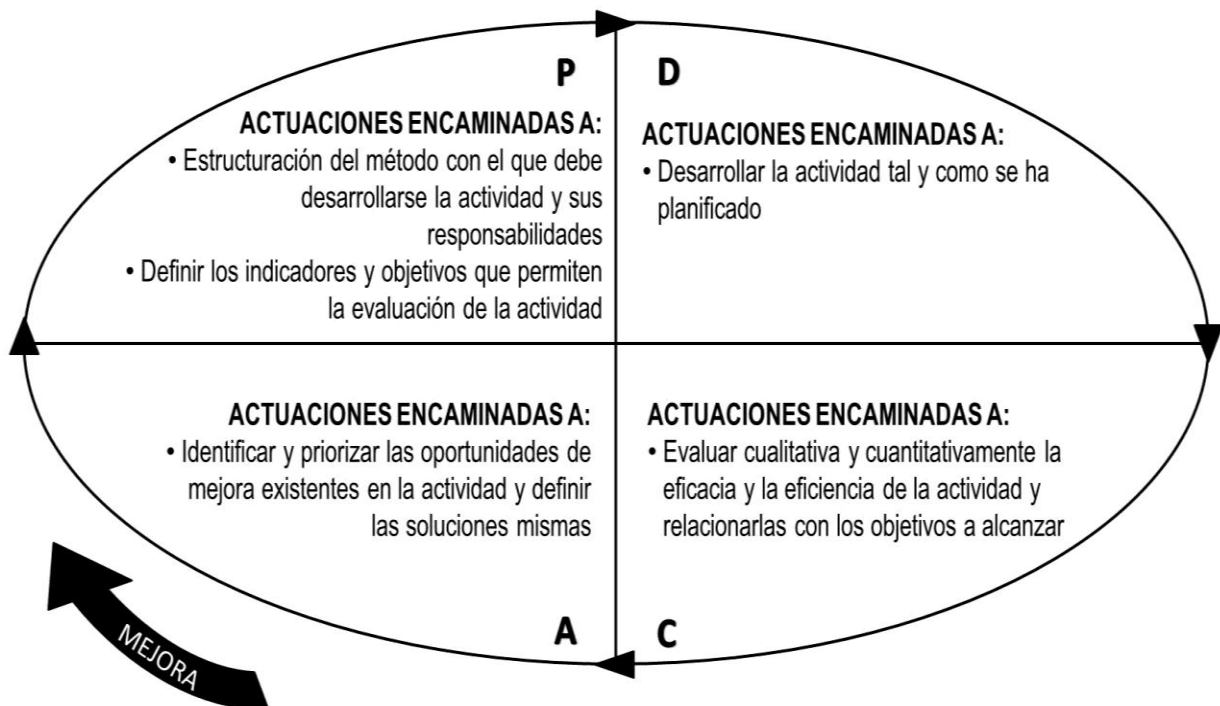


Figura 2.1 Ciclo de Deming (Sierra, 2009)

El concepto de PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) es algo que está presente en todas las áreas de nuestra vida profesional y personal, y se utiliza continuamente, tanto formalmente como de manera informal, consciente o subconscientemente, en todo las actividades cotidianas. Cada tarea, no importa lo simple o compleja que sea, se enmarca en este ciclo interminable (Navas, 2007).

“El pensamiento orientado a la mejora continua (Kaizen) genera la tendencia del enfoque de procesos, ya que los procesos deben ser mejorados antes de que se obtengan resultados mejorados” (Lefcovich, 2007). Ésta ideología de procesos llena el vacío entre el proceso y el resultado, entre los fines y los medios, y entre las metas y las medidas, y ayuda a las personas a ver todo el cuadro sin desviaciones.

Kaizen significa “El mejoramiento en marcha que involucra a todos -alta administración, gerentes y trabajadores” (Imai, 2001). La mejora continua se entiende a la parte de la gestión encargada de ajustar las actividades que desarrolla la organización para proporcionarles una mayor eficacia y/o una eficiencia.

Verónica Sierra (2009) propone que “una Organización de Calidad Total tiene claro que la única estrategia que le permitirá mantener desarrollando su actividad a largo plazo es la que consiga implicar a todo su personal en la mejora continua de esos procesos”.

2.3 Manufactura Esbelta

“El éxito se alcanza convirtiendo cada paso en una meta y cada meta en un paso.”

(C. C. Cortez)

La manufactura esbelta (Lean Manufacturing) promueve un ambiente de mejora continua siempre velando por la satisfacción del cliente. La filosofía Lean nos anima a buscar el despilfarro en los procesos y eliminarlo: sobreproducción, inventarios innecesarios, sobre procesamiento, reproceso, transporte, movimientos, esperas, etcétera. En la figura 2.2 se muestran, los pasos generales para la aplicación de la manufactura esbelta.

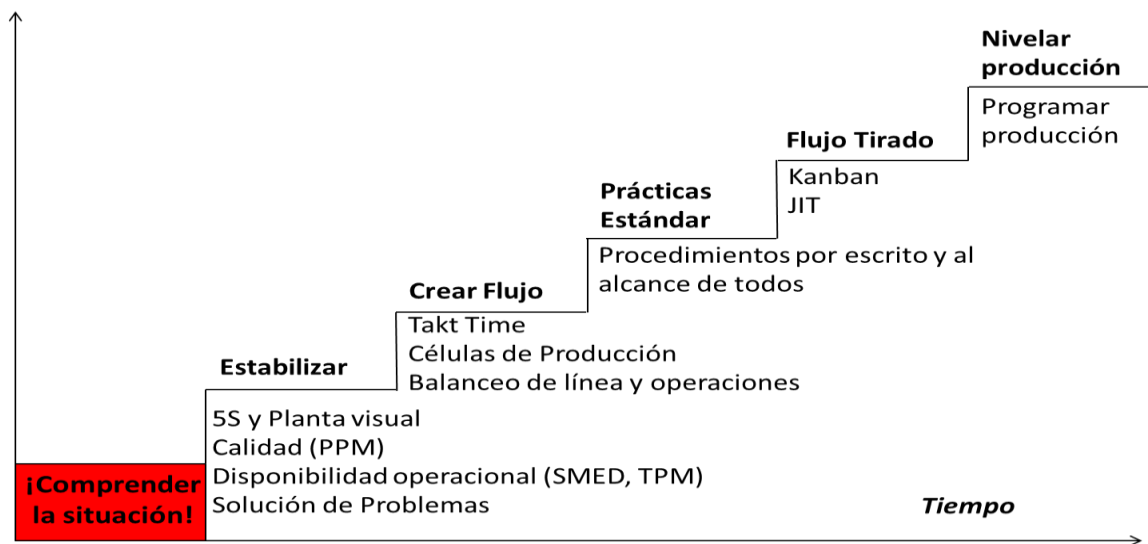


Figura 2.2 Pasos para la implementación de manufactura esbelta (Anbor Consulting, 2007)

La manufactura esbelta tiene como base cinco elementos primarios, cada uno de los cuales se enfoca en un área en particular, así como en algunas actividades que ya fueron divididas para el estudio, como se muestra en la figura 2.3. De igual forma busca mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador (William, 2002)

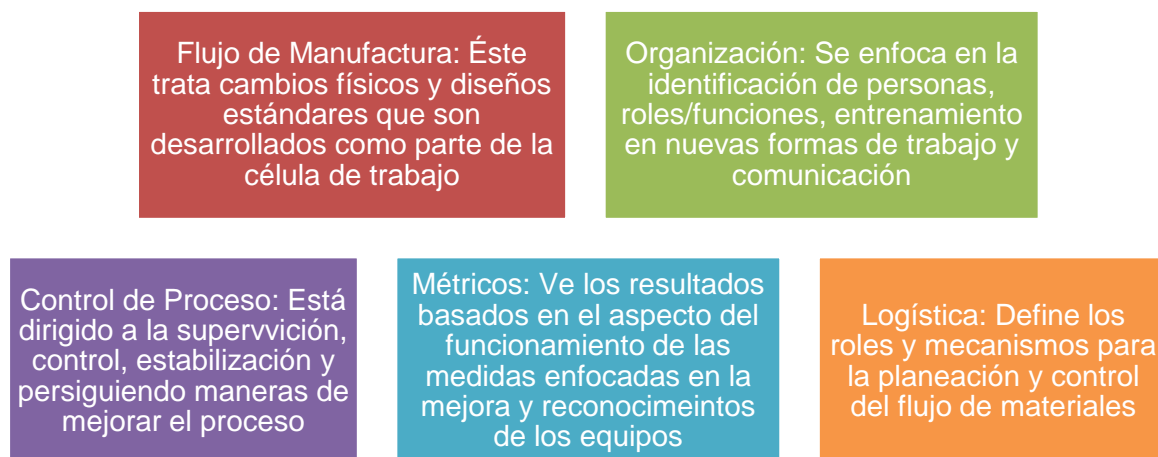


Figura 2.3 Elementos de la manufactura esbelta (William, 2002)

La historia del desarrollo Kaizen en las empresas está directamente asociada a la evolución de la organización de Toyota Motors Corporation. De hecho, desde el final

de la Segunda Guerra Mundial, Toyota estuvo introduciendo actividades correspondientes a manufactura esbelta, que dieron lugar al famoso TPS (Toyota Production System), más conocido como sistema Just in Time (JIT) o sistema Justo a Tiempo . A lo largo de los últimos 60 años, Toyota ha extendido las actividades de mejora continua a todas las grandes funciones de la empresa, principalmente las de desarrollo del producto y en el marketing y ventas (Coimbra, 2009)

Normalmente los principios de manufactura esbelta (generalmente su filosofía) deben ser traducidos para ajustarse a un contexto específico de diseño de producto o proceso, sin embargo, no se ha llegado a un acuerdo sobre los principios críticos que mejor describan el desarrollo de proceso esbeltos, es decir a una metodología estándar que se ajuste perfectamente a cada caso (Martínez León & Farris, 2011).

La manufactura esbelta trabaja específicamente bajo cinco principios principales, que son: (Delgado, 2007)

- Reducción de la cadena de desperdicios dramáticamente
- Reducción del inventario y el espacio de piso de producción
- Sistemas de producción más robustos
- Sistemas de entrega de materiales apropiados
- Mayor flexibilidad de la distribución de planta

Trabajar bajo un sistema de manufactura esbelta requiere la disminución y de preferencia, la eliminación de desperdicios, entre los cuales se encuentran los defectos, los cuales según Reyes (2011) son lo opuesto a la calidad, los cuales, también tiene un costo. De hecho, generalmente es más costoso corregir defectos o errores que "hacerlo bien" desde el comienzo. Además, el costo de un defecto de calidad es mayor cuanto más tarde se detecta. (Reyes, 2011)

2.3.1 Siete Desperdicios

Dentro del concepto de manufactura esbelta se identifican siete tipos de desperdicios, estos ocurren en cualquier clase de empresa o negocio y se presentan desde la recepción de la orden hasta la entrega del producto. Adicionalmente, se considera un octavo tipo de desperdicio especial que da origen a lo que en Lean se llama 7+1 Tipos de Desperdicios. A continuación se enumeran cada uno de ellos (Liker & Meier, 2006):

1. Sobreproducción
2. Transporte
3. Tiempo de espera
4. Sobre procesamiento
5. Exceso de inventarios
6. Defectos
7. Movimientos innecesarios
8. Talento humano

Detallando cada uno de los distintos tipos de desperdicios podemos comenzar por la sobreproducción, la cual se entiende por sobreproducción el hecho de producir más de lo necesario sin tener en cuenta la demanda del cliente. La sobreproducción se considera como la “madre” de todos los desperdicios ya que provoca todos los otros. En efecto, a más producción, más inventario (necesidad de más espacio), más transporte (con sus costos asociados), más esperas, más riesgos de defectos, etc. (Santiago, 2011)

En cuanto al segundo defecto, el transporte se refiere al movimiento de material o información de un almacén a un proceso, de un proceso a otro o dentro del mismo proceso. El transporte en sí no es un desperdicio, el transporte no eficiente, como tal no añade ningún valor al producto, en cambio requiere unos recursos como: Personas para llevar el producto/documento, materiales para facilitar el transporte (pallets, cajas, etc.), equipos de transportación interna (carretillas, cintas

transportadoras con sus respectivos gastos de funcionamiento y mantenimiento), superficie de almacenaje temporal. Además, el transporte mal planeado conlleva una alta probabilidad de incidencias (daños de materiales, riesgos laborales, etc.) (Santiago, 2009)

Las empresas donde existe una sobreproducción, poseen un inventario en exceso, ésta situación permite que los empleados periódicamente no estén trabajando, lo que tiende a ocultar el tiempo de inactividad de los trabajadores. En éste tipo de situaciones es cuando se presenta la tercera muda (desperdicio), el tiempo de espera, el cual puede ser detectado mediante la presencia de operarios esperando por información o materiales para la producción, esperas por averías de máquinas o clientes esperando en el teléfono (Liker & Meier, 2006).

En cuanto al cuarto desperdicio, el sobre proceso, puede ser difícil de identificar y, por lo tanto, de eliminar. En efecto las etapas y tareas de un proceso se acaban realizando por rutina, costumbre o “tradición” del oficio. Puede pasar que no se percate que la evolución tecnológica puede sustituir algunas tareas y las seguimos realizando provocando una pérdida de tiempo. Una causa posible al sobre-proceso es la falta de sincronización de las etapas que provoca la duplicidad de actividades (Santiago, 2010).

El exceso de inventario es un stock no necesario para satisfacer la demanda actual del cliente (que sea interno o externo) y constituye el quinto desperdicio al que toda empresa debe enfrentarse. A nivel financiero, representa una inmovilización de fondos importante, ocupa espacio, disminuye la aptitud en responder y adaptarse rápidamente a cambios. El inventario genera otras formas de desperdicio tales como: El tiempo de espera de los productos/información/materiales antes de ser utilizados, el transporte para desplazar/manejar este stock, los defectos porque los productos se estropean, caducan, etc. (Santiago, 2009 b)

Los Defectos, sexto desperdicio, constituyen la repetición o corrección de procesos, también incluyen re-trabajo en productos no conformes o devueltos por el cliente. Se

define también como la reparación y/o repetición del trabajo, desechos, producción de remplazo, y la inspección, aspectos que se traducen en la utilización de medios de manipulación innecesarios, así como también tiempo y esfuerzo que conlleva a costos adicionales. Así mismo, los movimientos innecesarios, los cuales se definen como: cualquier movimiento que el operario realice aparte de generar valor agregado al producto o servicio. Un deficiente diseño ergonómico obliga a movimientos innecesarios de los trabajadores (Liker & Meier, 2006 b)

Por último, el octavo desperdicio, el talento humano, el cual se refiere a no utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios. Cuando los empleados no se han capacitado en los siete desperdicios se pierde su aporte en ideas, oportunidades de mejoramiento, etc. El fomento y la buena administración del talento humano maximiza el rendimiento de los recursos, permitiendo la mejora continua de la productividad, el logro de ventajas competitivas y la innovación frente a otras organizaciones (Mora, 2008)

Después de identificar cada uno de los desperdicios que se presentan en la organización, es importantes plantearse la siguiente pregunta ¿Qué hago con lo que no agrega valor?, para lo cual Alejandro Mota (2008) propone hacer el análisis que se muestra en la tabla 2.2.

Why?	¿Por qué se hace?	Propósito (resultado, razón)
Who?	¿Quién tiene que realizar la actividad?	Trabajador
What?	¿Qué utiliza?	Objetos (material, herramienta, maquinaria)
Where?	¿Tiene que hacerse ahí?	Lugar (posición y/o trayectoria)
How?	¿Tiene que realizarse de esa forma?	Método (procedimiento, proceso)

Tabla 2.2 Análisis de desperdicios

En la empresa existen numerosas fuentes de desperdicios que retrasan los procesos, y aumentan los costos de ejecución de un servicio o de fabricación de un producto. La detección y eliminación de estos desperdicios pueden resultar en una ventaja competitiva tan agradecida hoy en día (Santiago, 2009 b)

2.3.2 Herramientas de la Manufactura Esbelta

Berenice Galván (2010) presenta las herramientas de manufactura esbelta que ayudan a eliminar desperdicios en la línea de producción e incrementar la productividad de las mismas, las cuales se presentan en la tabla 2.3.

Herramienta	Características	Beneficios
VSM (Value Stream Mapping) Mapeo del Flujo de Valor	Es una herramienta que ayuda a ver y entender el flujo de materiales e información de cómo se hace un producto a través del flujo del valor.	Ayuda a la gente a ver y entender el flujo de material e información
5 S's	Es la base de Lean Manufacturing y los fundamentos de un enfoque disciplinado del lugar de trabajo. 5S: Sort (Seiri, Clasificar), Straighten (Seiton, Colocar), Shine (Seiso, Limpieza), Standardize (Seiketsu, Estandarizar), Sustain (Shitsuke, Disciplina)	Seguridad, Eficiencia, Calidad - Eliminar desperdicios, Control en lugar de trabajo, etc.
Trabajo Estandarizado	Imposible mejorar cualquier proceso hasta que no sea estandarizado. El estándar es el punto de partida para valorar el proceso y buscar sus oportunidades de mejora,	Proporciona instrucciones claras y completas para el Operador, Organiza métodos de trabajo sin exceso de desperdicio
Mantenimiento Productivo Total (TPM)	Esta metodología la basamos en actividades de: Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo	Asegura mejoras rápidas y continuas en la manufactura al eliminar averías en los equipos
Prueba de errores	Impide que el operador realice mal algún ensamble o que pase alguna parte que está mal hecha.	Previene un defecto específico que puede ocurrir.
Cambio de herramienta en un solo dígito de minutos (Single-Minute Exchange of Die SMED)	Cambio de herramientas el tiempo transcurrido desde la fabricación de la última pieza válida de una serie hasta la obtención de la primera pieza correcta de la serie siguiente; no únicamente el tiempo del cambio y ajustes físicos de la maquinaria.	Analizar y reducir significativamente el tiempo de cambio de modelo.
Flujo Continuo	Sistema de manufactura en el cual los procesos de producción de adelante jalan a los de atrás.	Incremento real en la productividad por la producción solo de productos costeables.
Sistema Jalar (Kanban)	Consiste en producir sólo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior.	El sistema de jalar permite: <ul style="list-style-type: none"> - Reducir inventario - Hacer sólo lo necesario - Minimiza el inventario en proceso - Maximiza la velocidad de retroalimentación - Minimiza el tiempo de entrega

Tabla 2.3 Herramientas de Manufactura Esbelta (Galván, 2010)

Value Stream Mapping (VSM) Mapeo del flujo del valor (es una herramienta útil, eficaz y eficiente para abordar el rediseño de los sistemas de producción basados en desconectar las líneas de flujo. Esto se desprende de los resultados del rediseño y de la satisfacción expresadas por los equipos de implementación, algunas teorías VSM aconsejan complementar, enriquecer y convertir la técnica en una de las referencias más importantes para rediseño del sistema de fabricación (Serrano, et al., 2008).

Según Fabián Ortega (2008), consultor en materia de manufactura esbelta, el mapeo del flujo de valor es una herramienta visual que permite identificar todas las actividades en la planeación y la fabricación de un producto, con el fin de encontrar oportunidades de mejoramiento que tengan un impacto sobre toda la cadena y no en procesos aislados. Esta herramienta se fundamenta en la diagramación de dos mapas de la cadena de valor, uno presente y uno futuro, que harán posible documentar y visualizar el estado actual y real del proceso que se va a mejorar, y el estado posterior, ideal o que se quiere alcanzar una vez se hayan realizado las actividades de mejoramiento (Ortega, 2008).

Muchas metodologías para la realización de un mapa de flujo de valor han sido publicadas, algunas consideran ocho pasos, otras cinco pasos, Magnier (2003) propone seguir cuatro pasos para la creación de un mapeo del flujo de valor que en verdad represente el estado de la empresa, los cuales son:

1. Definir y seleccionar el producto o familia de productos
2. Crear el mapa del estado presente, que también es llamado, Current State Value Stream Mapping (CSVSM)
3. Crear el mapa del estado futuro, o bien, Future State Value Stream Mapping (FSVSM)
4. Desarrollar una planeación de actividades que lleven a la empresa del CSVSM hacia el FSVSM

Una de las bondades del VSM es que se trata de una representación gráfica, la cual proporciona un conjunto estándar de iconos como un lenguaje común para describir los procesos de fabricación. La lista de los iconos de VSM proporcionada por (Rother, et al., 2003) Rother y Shook (2003) los clasifica en tres categorías: flujo de materiales, flujo de información y los iconos general. Sin embargo, con el fin de ser capaz de simular estos flujos, es necesario establecer claramente la función de cada icono y determinar sus interrelaciones. Para describir tanto el CSVSM como el FSVSM, se tiene que definir una nueva clasificación de los iconos de VSM, la clasificación propuesta es:

1. Entidades básicas de flujo de la unidad y los flujos.
2. Personas físicas.
3. Entidades de amortiguamiento.
4. Entidades de control de flujo.
5. Datos de la tabla y medición.

“Un mapa del estado actual es solo desperdicio, si no es utilizado para crear un mapa de estado futuro” (Durand, 2008). En las figuras 2.4 y 2.5 se muestran ejemplos de CSVSM y FSVSM respectivamente.

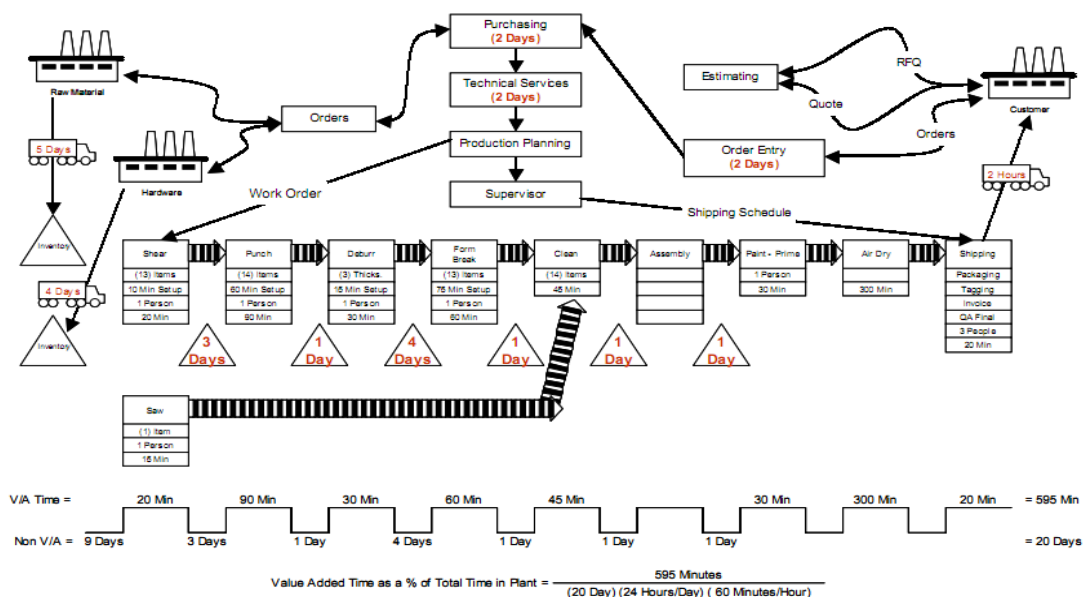


Figura 2.4 Ejemplo de FSVSM del proceso de fabricación de una familia de productos (Magnier, 2003)

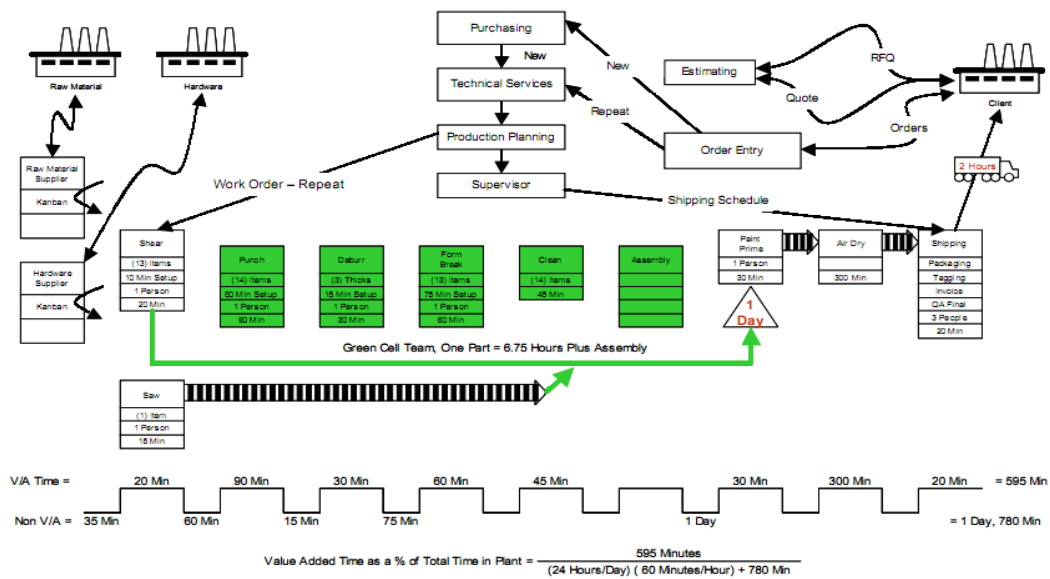


Figura 2.5 Ejemplo de FSVSM del proceso de fabricación de una familia de productos (Magnier, 2003)

Las “5 S”, de origen japonés, representan el nombre de cinco acciones: Separar, Ordenar, Limpiar, Estandarizar y Autodisciplina, que, aplicadas grupalmente en organizaciones productivas, de servicios y educativas producen logros trascendentes como:

- Un hábitat laboral agradable, limpio y ordenado que trae beneficios directos tales como mejorar la calidad, productividad y seguridad, entre otros.
- El aprendizaje de trabajar grupalmente que rescata los conocimientos de las personas adquiridos en su accionar convirtiendo a la organización en organización de aprendizaje y crea las condiciones para aplicar modernas técnicas de gestión (Dorbessan, 2006)

Muchos son los beneficios de la aplicación y seguimiento de ésta herramienta, Ricardo Hirata (2010) menciona algunos como los siguientes.

- Ayuda a los empleados a adquirir autodisciplina
- Destaca los tipos de desperdicios que existen en el lugar de trabajo
- Señala productos con defecto y excedentes de inventarios
- Reduce movimiento innecesario

- Permite que se identifiquen visualmente y se solucionen los problemas relacionados con escasez de materiales, líneas desbalanceadas, averías en las máquinas y demoras en las entregas.
- Hace visibles los problemas de calidad.
- Reduce los accidentes de trabajo
- Mejora la eficiencia en el trabajo
- Reduce los costos de operación
- Aumenta el piso de trabajo disponible.

2.4 Metodología Seis Sigma

Seis Sigma, es un enfoque de gestión que mide y mejora la Calidad, ha llegado a ser un método de referencia para, al mismo tiempo, satisfacer las necesidades de los clientes y lograrlo con niveles próximos a la perfección. Pero ¿qué es exactamente Seis Sigma?

La capacidad en número de sigmas del proceso se determina por el número de veces que el valor numérico cabe en la distancia que existe entre la media aritmética del proceso si se distribuye en forma normal y el límite de especificaciones que se encuentre mas cerca de ésta (ya sea el Límite Inferior de Especificación LIE o el límite Superior de Especificación LSE). La definición ampliamente aceptada de un proceso seis sigma, basándose en el hecho de que es un proceso normalmente distribuido, es uno que produce 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), lo que en verdad corresponde a un proceso con 4.5 desviaciones estándar por arriba o abajo de la media, entonces, un proceso llamado 6 sigma, en verdad corresponde a uno con 4.5, ya que a largo plazo (un mes o mas) la media del proceso se recorrerá un máximo de 1.5 sigma (ver figura 2.6) por diversas razones de variación normal en los proceso y la capacidad a largo plazo quedará en sólo 4.5 sigma, siendo la razón por la cual un proceso a corto plazo con 6 sigma en realidad se comporta como un proceso con capacidad de 4.5 sigma a largo plazo (Tennant, 2001)

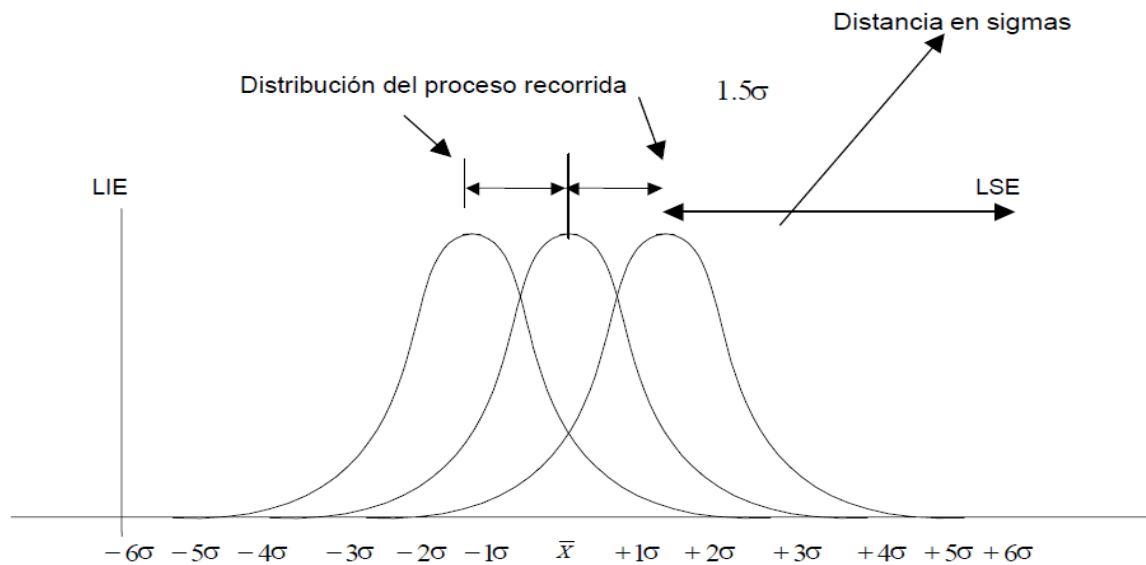


Figura 2.6 Distribución del proceso centrada (corto plazo) y recorrida 1.5 sigmas (largo plazo)
(Tennant, 2001)

La metodología Seis Sigma estudia un problema real apoyándose en métodos estadísticos, se realizan análisis estadísticos para identificar las fuentes de variabilidad, se identifican estadísticamente las variables que tienen más influencia en la variabilidad de los procesos y los niveles en que el desempeño es óptimo, al final se monitorean las variables críticas y se mantiene el proceso en control estadístico. Utiliza varias métricas comunes de calidad para enfatizar la consistencia de los productos, los servicios y de sus procesos asociados:

- Defectos por millón de oportunidades (DPMO): $(1,000,000 \times \text{cantidad de defectos}) / (\text{cantidad de unidades} \times \text{cantidad de oportunidades por unidad})$.
- Cpk: distancia desde el promedio de proceso hasta el límite de especificación más cercano/3, donde 3 representa la desviación estándar del proceso.
- Costo de mal calidad (COPQ): es un porcentaje de las ventas; los costos de la mala calidad son los costos asociados a los retrabajos, al desperdicio, a las soluciones, a la prevención y a la evaluación.
- Nivel Sigma: número de las desviaciones estándar, desde el promedio del proceso a la especificación más cercana.

Estas métricas son bien entendidas por los practicantes de la calidad, pero muchos en el terreno de Seis Sigma los confunden. Por esta razón, Rudisill y Druley, en el 2004, proponen un ábaco (figura 2.7) para ayudarle a aplicar las herramientas de Seis Sigma con un propósito orientativo.

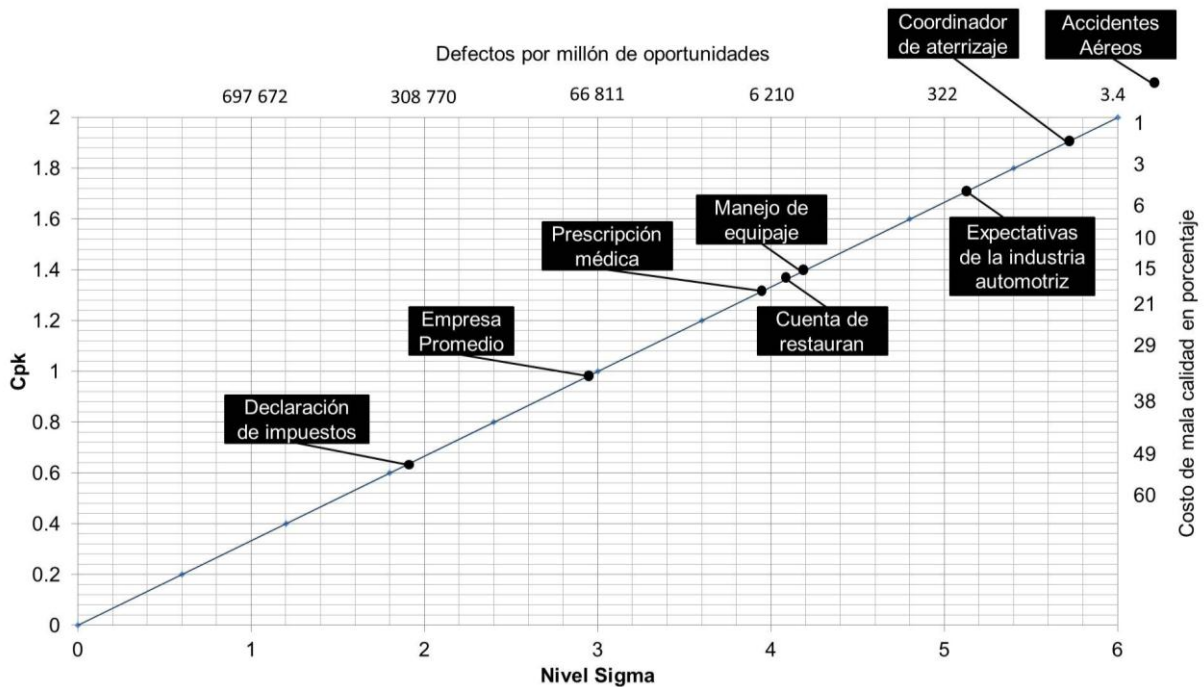


Figura 2.7 Métricas en Seis Sigma (Rudisill & Druley, 2004)

Este ábaco ha permitido a RBX Industries realizar la comunicación respecto a los objetivos Seis Sigma, mejorando la priorización de proyectos y en la determinación de metas más realistas.

Dicho en pocas palabras, es un método, basado en datos, para llevar la Calidad hasta niveles próximos a la perfección, diferente de otros enfoques ya que también corrige los problemas antes de que se presenten. Más específicamente se trata de un esfuerzo disciplinado para examinar los procesos repetitivos de las empresas. Las posibilidades de mejora y de ahorro de costos son enormes, pero el proceso Seis Sigma requiere el compromiso de tiempo, talento, dedicación, persistencia y, por supuesto, inversión económica. Solamente será necesario que la organización ponga

a disposición sus capacidades y proceda de manera consistente con sus recursos (Reyes, 2002)

En todo proyecto es necesaria una infraestructura de organización, en donde se identifiquen claramente los roles y responsabilidades de cada miembro del grupo, para lo cual, en la figura 2.8 se muestra la jerarquía en los proyectos de seis sigma.

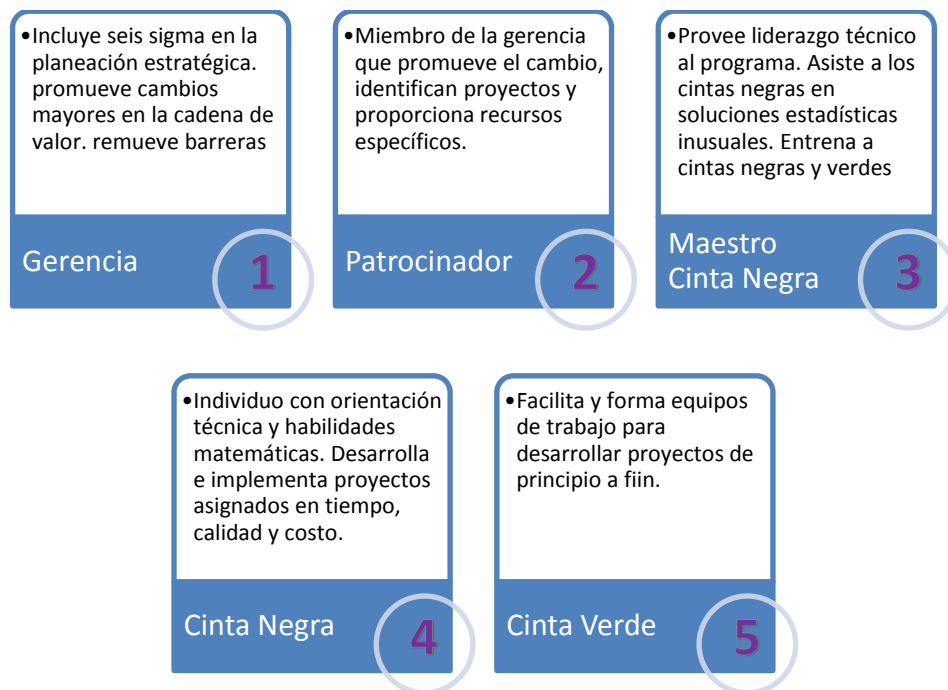


Figura 2.8 Roles y responsabilidades en los proyectos seis sigma (Quirarte, 2005)

Por definición, seis sigma y manufactura esbelta requieren del apoyo y liderazgo de la alta dirección. Sin embargo, una causa principal de falla en los proyectos de seis sigma es la falta de atención de aquellos que pueden influenciar en la implementación y mantenimiento de mejoras en el proceso.

Una exitosa eliminación de desperdicios y la reducción de la variación por consiguiente, requieren un cambio en la manera de considerar el tema por parte de la dirección, que involucre a aquellas partes interesadas a lo largo del proceso.

El equipo puede aplicar evaluaciones numéricas o simplemente puede ponderar cada uno como alto, medio o bajo para la influencia e interés de la parte interesada. Para las actitudes, el equipo puede identificar si las partes interesadas toman parte (+), son neutrales (0) o son detractores (-), o usando la codificación verde, amarilla y roja. La tabla 2.4 ilustra este abordaje común a la valoración de las partes interesadas.

Referencia	Grupo/nombre	Influencia (y)	Riesgo (X)	Actitud (Z)
A	CFO	Alta	Moderado	+
B	Empleados	Baja	Moderado	-
C	Gerente de Proyectos	Alta	Baja	0
D	Público	Moderado	Alto	0
E	Moderadores	Moderado	Moderado	0
F	Delegados	Moderado	Bajo	-
G	Proveedores	Alto	Alto	0

Tabla 2.4 Ejemplo de una lista de partes interesadas con valoración de influencia/riesgo/actitud (Kangas, 2011)

El equipo puede usar estas valoraciones para el análisis graficando cada parte interesada en una matriz 2x2. Las valoraciones de las partes interesadas ayudarán a informar un plan de comunicación eficaz que reconoce que cada grupo tendrá la información diferente de acuerdo a sus necesidades. Los gerentes de proyecto son finalmente responsables por el proyecto. Identificar aquellos influyentes e interesados de un equipo proporcionará importantes aliados para conducir el proyecto al éxito. La Figura 2.9 ilustra el proceso de compromiso y apoyo de las partes interesadas.

Las perspectivas de las partes interesadas, la involucración y habilidad de ejercer la influencia pueden cambiar a lo largo de la duración del proyecto. Los equipos de proyecto de seis sigma no sólo deben identificar las partes interesadas en la fase de planeamiento del proyecto, también periódicamente a lo largo del proyecto. La Figura 2.10 enfatiza que el análisis de las partes interesadas apunta para cada una de las fases del proyecto planificar, medir, analizar, mejorar y controlar.

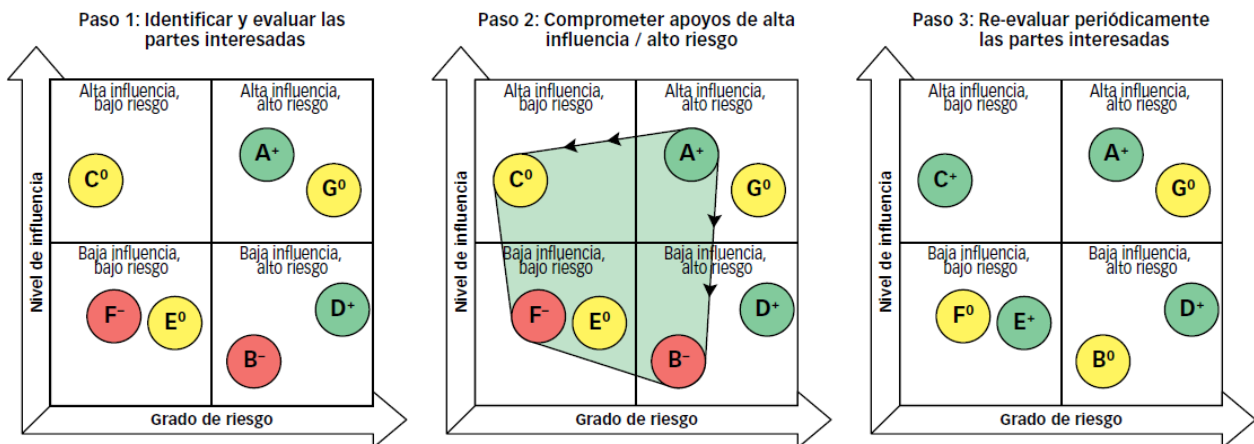


Figura 2.9 Compromiso de apoyo de la parte interesada para alcanzar el éxito



Figura 2.10 Puntos de evaluación del análisis de partes interesadas dentro del proceso DMAIC

Las Organizaciones gastan millones de dólares cada año en proyectos destinados a eliminar el desperdicio y reducir la variación a través del rediseño del proceso. Muchos de estos proyectos, sin embargo, fallan en producir un cambio duradero. Un activo gerenciamiento de las partes interesadas permitirá a estos proyectos aumentar al máximo el retorno de inversión a través de una comunicación dedicada, la mitigación del riesgo y el compromiso y apoyo de las partes interesadas para conducir el proyecto hacia el éxito (Kangas, 2011)

2.4.1 Pasos de la Metodología Seis Sigma

Desde su inicio con Motorola a principios de los años ochenta, Seis Sigma ha ayudado a grandes y pequeñas compañías a solucionar problemas, a mejorar

procesos, a complacer a sus clientes e incrementar ganancias. Su ciclo definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC) ha sido aceptado como estándar de la industria en los Estados Unidos, y muchas compañías extranjeras también lo están adoptando. Los pasos de la metodología 6 Sigma para la reducción de la variación en los procesos se muestran a detalle en la tabla 2.5

Fase: Definición	Preguntas clave	Objetivos
<p>Definir: El equipo identifica las características críticas de calidad (CTQ) que tienen el mayor impacto en la calidad. Separando las pocas vitales de las muchas triviales. Además crea un mapa del proceso.</p>	<p>¿Sabe quiénes son sus clientes? ¿Conoce las necesidades de sus clientes? ¿Sabe qué es crítico para su cliente, derivado de su proceso? ¿Cómo se desarrolla el proceso? ¿Cuáles son los pasos? ¿Tiene actualmente información del proceso? ¿Qué tipo de información tiene?</p>	<p>Identificar o validar las áreas de oportunidades Definir requerimientos críticos para el cliente Graficar el proceso Definir los datos que se deben tomar</p>
<p>Medir: Creación y validación del sistema de medición, habilidad de tomar datos de (Y), Impactos en CTQ's de las entradas con respecto a los proceso. Determinar la capacidad del proyecto.</p>	<p>¿Cuáles son los parámetros de medición del proceso y cómo se relacionan con las necesidades del cliente? ¿Por qué son esos los parámetros? ¿Cómo obtiene la información? ¿Qué tan exacto o preciso es su sistema de medición?</p>	<p>Desarrollo de un plan de medición Recolección de datos Información y muestra suficiente</p>
<p>Analizar: A través del análisis, el equipo puede determinar las causas del problema que necesitan mejorar. Entender la separación que existe entre el desempeño real y el deseado. Identificar las fuentes de variación.</p>	<p>¿Cuáles son las especificaciones del cliente para sus parámetros de medición? ¿Cómo se desempeña el proceso actual con respecto a esos parámetros? ¿Cuáles son los objetivos de mejora del proceso? ¿Cuáles son las posibles fuentes de variación del proceso? Muestre cuáles y qué son. ¿Cuáles de esas fuentes de variación controla y cuáles no? De las fuentes de variación que controla ¿Cómo las controla y cuál es el método para documentarlas?</p>	<p>Estratificar datos Análisis de gráficas Identificación de fuentes de variación Identificación de causas raíz Establecer capacidad del proceso</p>
<p>Mejorar: Con frecuencia, la experimentación y la simulación crean las mejores soluciones de mejora. El equipo identifica lo que sucedería si las mejoras no se realizan o si el tiempo para tomar la acción es muy largo.</p>	<p>¿De qué o quién dependen las fuentes de variación? ¿Qué está haciendo para monitorearlas y/o controlarlas? ¿Qué relación hay entre los parámetros de medición y las variables críticas? ¿Interactúan las variables críticas? ¿Qué ajustes a las variables son necesarios para optimizar el proceso?</p>	<p>Generación de ideas de solución Identificación y evaluación de la mejor solución Determinar los impactos de cada propuesta de solución Implementación de cambios Manejo de la resistencia al cambio</p>

<p>Control: Si los cambios fueron implementados satisfactoriamente, se debe de contar con herramientas que permitan asegurar que las variables clave permanezcan en los valores y términos sugeridos. Desarrollo de planes de reacción, materiales de entrenamiento para garantizar los ahorros del proyecto a largo plazo.</p>	<p>¿Qué tanto se ha mejorado el proceso después de los cambios? ¿Cómo hace que los cambios se mantengan? ¿Cómo monitorea los procesos? ¿Cuánto tiempo o dinero ha ahorrado con los cambios? ¿Cómo lo está documentando?</p>	<p>Monitoreo de las mejoras Asegurar que se tomen medidas correctivas Seguimiento y Planes de control</p>
--	---	---

Tabla 2.5 Fases de la metodología Seis Sigma (Cruz, 2008)

2.4.2 Casos de Éxito

Se han presentado casos de aplicación de la metodología seis sigma alrededor del mundo en distintas compañías de los diversos giros de la industria, tanto primaria, secundaria y terciarias; la mayoría de ellos casos de éxito. A continuación se muestran algunos de ellos.

Para asegurar la calidad del producto y su entrega en tiempo a las tiendas, la cadena Target, ha utilizado lean sigma sigma, desarrollando sistemas de administración de proveedores. Target ha adoptado la metodología seis sigma a lo largo de su proceso productivo y ha creado 6Sigma@Target, en donde las herramientas de seis sigma son usadas en la administración formal de proyectos, solución de problemas y mejora de proceso. Cuentan con un departamento de seis sigma que facilita el uso de dichas herramientas en la organización. Las acciones del grupo de trabajo dirigen sus esfuerzos para asegurar la calidad a través de la red de cadenas de suministros participantes.

Además se cuenta con un programa global de calidad, el cual tiene como finalidad asegurar el mejor desempeño en la industria. Target es ejemplar, ya que cuenta con una estrategia de participación y compromiso que asegura su liderazgo en cuanto a calidad total en todos los suministros y relaciones en su cadena (Murphy, 2010)

Adaptarse a los cambios que el mercado requiere de un ambiente de aprendizaje eficaz y una fuerza laboral capaz de adaptarse a las nuevas tendencias tecnológicas. Un proyecto de cintas negras dentro de una agencia gubernamental ilustra el beneficio de un programa básico de competencia. El uso de los conceptos de la metodología seis sigma en el marco de la administración de procesos de negocios, unido al compromiso de la alta dirección, es fundamental para el desarrollo y ejecución de un programa de mejora de competencia. Además, es esencial para el éxito en la simulación del conocimiento del empleado y su aprendizaje, el desarrollo de materiales de capacitación basados en modelos del proceso y procedimientos.

La clave para la obtención de un compromiso de gestión es la información obtenida en una Encuesta práctica, ésta información no sólo da una idea de la necesidad que se presenta, sino que también formula el desarrollo del currículo mediante la identificación de lagunas en la competencia laboral. El resultado de una organización basada en la información será la implementación exitosa de una mejora del programa de competencia, con trabajadores informados y capacitados en la solución de problemas ante mercados y tecnologías cambiantes. En resumen, un efectivo programa de aprendizaje es la clave para el éxito de una organización (Chang & Gagliardi, 2011)

En otro campo distinto a la industria o el gobierno, se encuentra el sector servicios, en donde un hospital de Wisconsin adoptó técnicas de seis sigma y manufactura esbelta para reducir desperdicios y mejorar la satisfacción de los pacientes. Los líderes del hospital se embarcaron en un proyecto de entrenamiento e implementación para cintas verdes con el objetivo de disminuir costos y tiempos de espera. Después del desarrollo del proyecto, se logró un cambio en la cultura de la organización, ya que los empleados se encuentran identificando nuevos puntos para la realización de proyectos de mejora ya que les emociona el hecho de ver diferencias y sobre todo hacer la diferencia mediante dichos proyectos (Adrian, 2011)

En otro caso, el de Honeywell Federal Manufacturing & Technologies (FM&T), la cual cuenta con un contrato a largo plazo con el gobierno federal estadounidense, el mismo ha incorporado la calidad y la mejora continua en todos sus procesos, especialmente El modelo FM&T Seis Sigma Mejora Continua Plus, se muestra en la figura 2.11, el cuál es una guía para el aprendizaje e innovación, dados sus efectos, FM&T ha sido la única manufacturera en recibir el premio Baldrige.

"Es una cosa es medir el rendimiento, pero es otra cosa es medir la efectividad de lo que se hace" además de centrarse en las oportunidades es importante, no se debe tener una visión de túnel y perder de vista de los puntos fuertes de FM&T, tales como la mejora continua y la innovación (Edmund, 2010)



Figura 2.11 Seis Sigma Plus, Modelo de Mejora Continua FM&T (Edmund, 2010)

En México, en una empresa de Ciudad Juárez Chihuahua se realizó Aplicación de Seis Sigma y los Métodos Taguchi para el Incremento de la Resistencia a la Prueba de Jalón de un Diodo Emisor de Luz. El nivel de PPM inicial era de 46046.15 defectos por millón de oportunidades, mientras que siguiendo los ajustes propuestos por los resultados del diseño de experimentos da 6.36 defectos por millón, la diferencia en sigma va de 3.18 a 5.86. "Al término de este proyecto se logró una mejora significativa al aumentar la capacidad del proceso de 0.56 a 1.45 y un impacto en la reducción de los costos, tan solo por eliminación de desperdicio, del orden de 130 mil dólares estadounidenses anuales. Para lo anterior no se requirió de inversión adicional, únicamente fue necesario controlar el ajuste de cada uno de los factores importantes del proceso" (Báez, et al., 2010)

Hay algunas aplicaciones de la metodología en donde el análisis es distinto, puede ser observación o cálculo solo de medidas de tendencia central y de dispersión. En Chile en el año 2009 se realizó aplicación de metodología seis sigma para disminuir intervenciones en proceso de fabricación de vidrios; Para el desarrollo de la metodología se identificaron problemas prioritarios, estableciéndose métricas para cada uno de ellos. Los resultados obtenidos, producto de la aplicación del ciclo DMAIC, permitieron identificar Procesos, Actividades y Horas del día críticos, y para cada uno de ellos se estableció un plan de mejoras.

Los resultados alcanzados, luego de cuatro meses de seguimiento de las mejoras implementadas, indican que fue posible cumplir y sobrepasar las metas establecidas identificando con mayor precisión las conductas del personal en el proceso de corte de vidrio, las necesidades de inversión tecnológica, actuales y potenciales y la identificación de aquellos aspectos de gestión que posibilitan la implementación exitosa de la metodología adoptada (Torres Navarro & Monsalve Ochoa, 2009)

Se han hecho comentarios desde la industria, sobre la muerte de la metodología seis sigma, la realidad es, que ha sido utilizado en exceso no ha traído los beneficios esperados y nuevos métodos han ido remplazándolo. La metodología seis sigma puede fallar, si falta un liderazgo comprometido, una estrategia de implementación, métodos de conteo correctos, integración cultural y decisiones tomadas en base al óptimo. Para construir un mejor proceso, las organizaciones deben utilizar la “Caja de herramientas de calidad”, la cual incluye manufactura esbelta, seis sigma y administración total de la calidad.

Seis sigma por si misma, no es suficiente de hoy en adelante, porque “Uno no quiere dirigir un proceso hacia el nivel seis sigma el cual es descuidado y con desperdicios, con toda clase de reproceso” (Wallas, 2010). Solo si se eliminan los desperdicios, se podrá mejorar verdaderamente el proceso, pero para esto se debe ser muy cuidadosos, ya que no todos los problemas pueden ser solucionados con las mismas herramientas, se debe utilizar la metodología apropiada para cada situación, se

deben seleccionar factores clave que se encuentren enfocados en el cliente y tener claro los factores de éxito que representan. Una organización se debe administrar en base al valor, no al costo. De modo que los reportes financieros se muestren en tiempo y forma y que las metas globales y objetivos se apoyen (Weeks, 2011)

En sí seis sigma es un buen negocio, si ha convertido en el proverbial “self-licking ice cream cone” es decir en un sistema automáticamente perpetuo, el cuál no solo está formado de las herramientas de ingeniería de calidad con una leve capa de metodología de administración de proyectos. Pero admito que si funciona y ha traído un gran éxito para muchos. ¿Por qué? Porque fuerza a los participantes a trabajar en equipo y en una secuencia lógica y disciplinada (Diepstra, 2011)

2.5 Análisis de Causa Raíz

El análisis de las causas raíz (ACR), ayuda a identificar qué, cómo y por qué sucedió algo, lo que impide recurrencia. Las causas de raíz son subyacentes, son razonablemente identificables, puede ser controlado por la administración y permiten la generación de recomendaciones. El proceso consiste en la recopilación de datos, gráficos, identificación de la causa raíz de y la generación de recomendaciones y su implementación (Rooney & Vanden Heuvel, 2004)

ACR es una herramienta diseñada para ayudar a identificar no sólo qué y cómo ocurrió un hecho, sino también por qué sucedió. Sólo cuando los investigadores son capaces de determinar por qué un evento o el fracaso ocurrió van a ser capaces de especificar viable medidas correctoras que eviten futuros eventos de del tipo observado. ACR es un proceso de cuatro pasos que incluye lo siguiente:

1. Recopilación de datos.
2. Gráficos factor causal.
3. Identificación de la causa raíz.
4. Generación de recomendación e implementación.

2.5.1 Generalidades del análisis de causa raíz

Es un método de resolución de problemas dirigido a identificar sus causas o acontecimientos. La práctica del Análisis de Causa Raíz (ACR) se basa en el supuesto de que los problemas se resuelven mejor al tratar de corregir o eliminar las causas raíz, en vez de simplemente tratar los síntomas evidentes de inmediato, como se muestra en la analogía de la figura 2.12. Dentro de una organización, la resolución de problemas, la investigación de incidentes y análisis de causa raíz están conectados fundamentalmente por tres preguntas básicas: ¿Cuál es el problema? (Definir metas) ¿Por qué ocurrió? (Analizar causas) ¿Qué se hará para prevenirlo? (Espinoza, 2006)

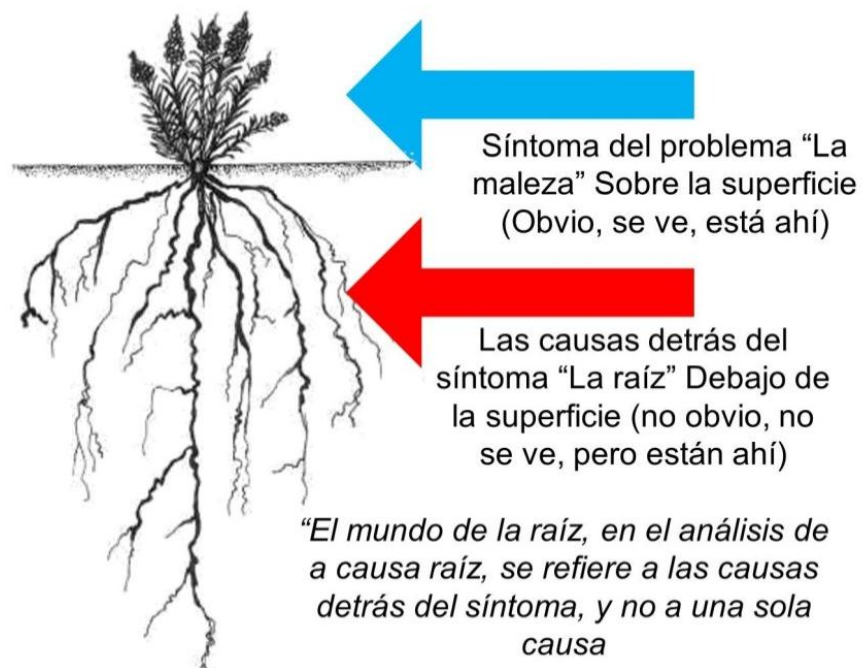


Figura 2.12 Base del análisis causa raíz (Espinoza, 2006)

Se presentan, en resumen, los métodos más comúnmente utilizados en el análisis de causas raíz, los cuales son: (Jucan, 2005)

1. Análisis de barreras.
2. Inferencia Bayesiana.

3. Análisis árbol factor causal.
4. Análisis de cambios.
5. Árbol de la realidad actual (teoría de las restricciones).
6. Análisis de los modos de falla y efectos (AMEF).
7. Análisis del árbol de fallas.
8. Los 5 por qué.
9. Diagrama de Ishikawa.
10. Análisis de Pareto.
11. Diagnóstico de problemas RPR (Rapid Problem Resolution, en IT)

2.5.2 Diagrama Causa Efecto

Cuando se ha identificado el problema a estudiar, es necesario buscar las causas que producen la situación anormal. Cualquier problema por complejo que sea, es producido por factores que pueden contribuir en una mayor o menor proporción. Estos factores pueden estar relacionados entre sí y con el efecto que se estudia. El Diagrama de Causa y Efecto es un instrumento eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan el problema. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas Causa y Efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas (Ramírez, 2002)

La clasificación más ampliamente difundida y que se emplea preferiblemente para analizar problemas de procesos y averías de equipos, es la siguiente: (Durán, 2009)

- Materia Prima
- Mano de obra
- Método
- Maquinaria
- Medio Ambiente
- Medición

Algunas de las ventajas de la técnica son: elimina el síndrome de la causa única, produce un entendimiento uniforme del problema al presentar la misma información a todos los involucrados y algo muy importante, los hace corresponsables del problema. El diagrama tiene las limitantes de las cadenas causales: las causas son mutuamente excluyentes, no hay relación entre ellas y se mantiene un pensamiento determinista y mecánico (Rios Saravia, 2010)

Ésta técnica es esencialmente una extensión del proceso de “caja negra”. Consiste en colocar en un rectángulo el problema por analizar. Del lado izquierdo se colocan las principales causas (entradas) y de manera similar, del lado derecho, los principales efectos (salidas) que derivan del problema (Ver figura 2.13). Es importante señalar que la técnica se puede realizar utilizando tan solo el lado izquierdo (las causas), como inicialmente fue creada, o también, empleando el lado derecho (los efectos) o ambos lados (De las Nieves Sanchez Guerrero, 2003)

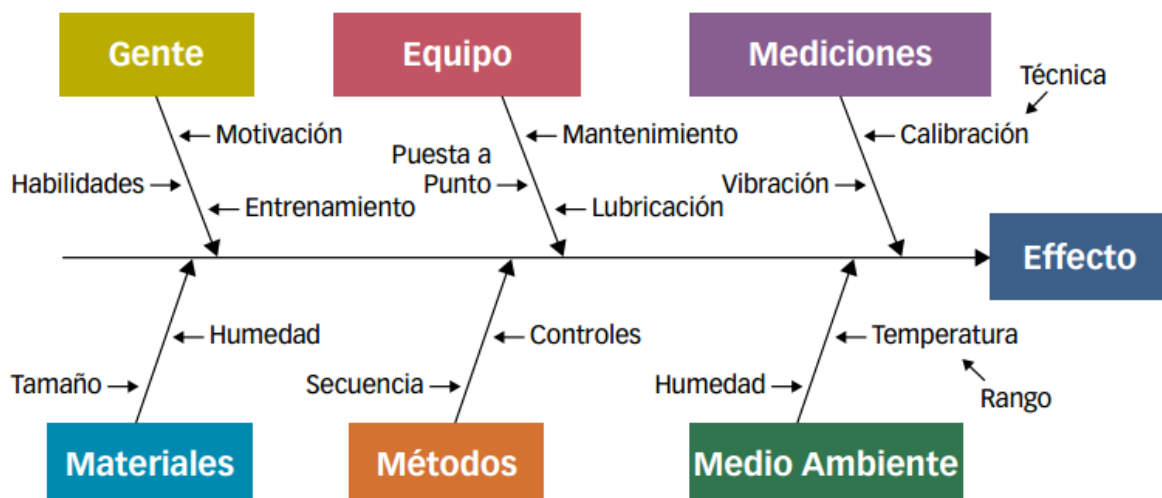


Figura 2.13 Diagrama Causa – Efecto (Dearing & Stavrakas, 2011)

Ésta técnica demanda un conocimiento profundo de la organización y de los problemas que se presentan y sólo se aplica a un problema a la vez, aunque se detecten otros vinculados con el problema analizado, como se puede ver en la figura 2.14 donde se presenta el procedimiento para realizar un análisis causa – efecto,

además, en la figura 2.15 se presenta un ejemplo de un diagrama de Ishikawa aplicado a la contaminación del agua.

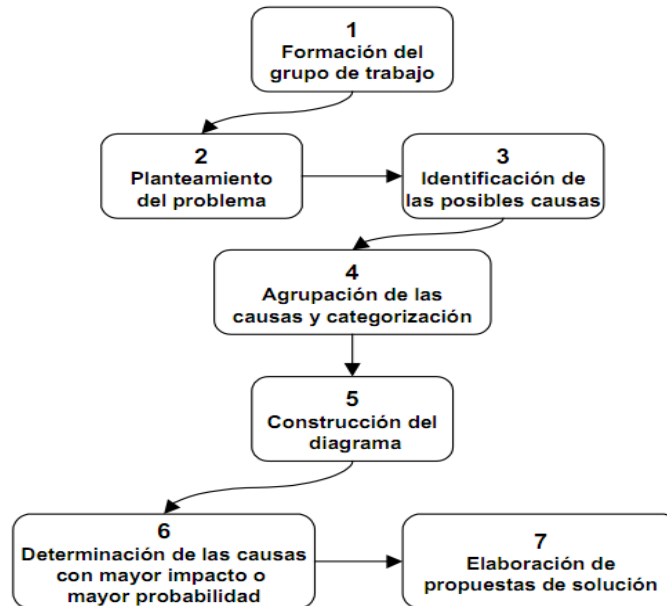


Figura 2.14 Procedimiento para realizar una análisis de Causa – Efecto (De las Nieves Sanchez Guerrero, 2003)

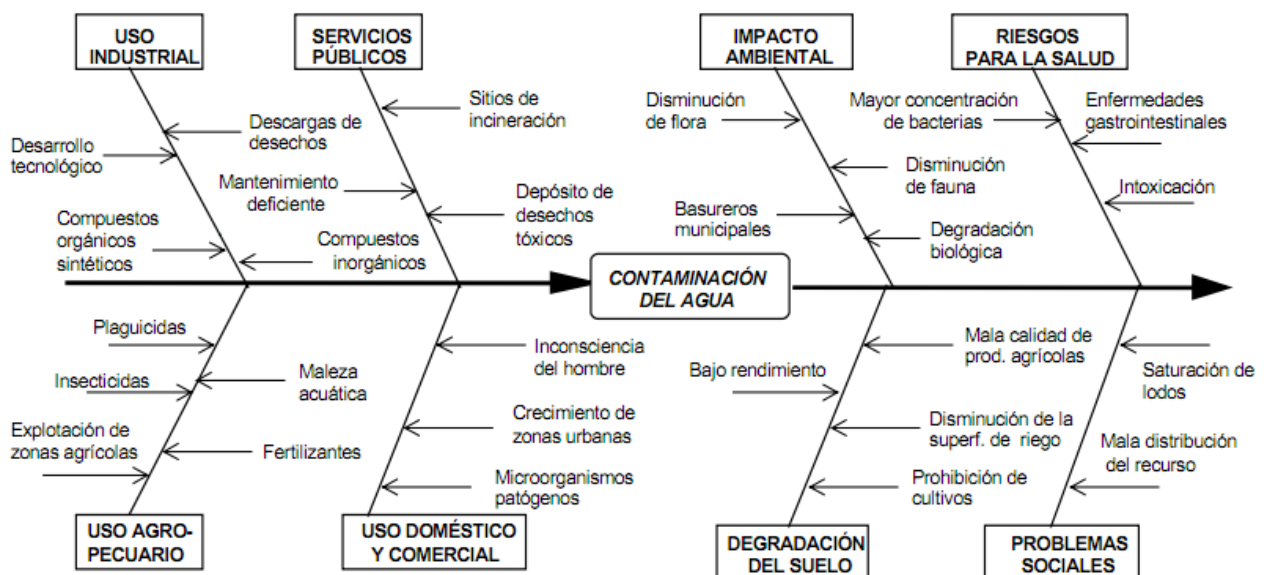


Figura 2.15 Diagrama de Ishikawa “Contaminación del agua”

Es importante reconocer que el diagrama por sí mismo no califica el grado de influencia o peso que tienen las causas individuales sobre el efecto. Esto tiene que determinarse con la ayuda de otras técnicas asociadas como el Diagrama de Pareto.

Cuando se utiliza un diagrama de causa y efecto para encontrar la causa raíz, se debe tener cuidado con el desorden. Usar una lista en lugar de un diagrama hace que la herramienta de causa y efecto sea más fácil de usar y permite una mayor flexibilidad. Ya sea que se utilice el diagrama tradicional o una lista de viñetas, se debe, en primer lugar, encontrar la causa de raíz, luego se trabaja en la resolución del problema. Si resuelve el problema antes de saber cuál fue la causa, es probable que en realidad no haya resuelto el problema, y es muy probable, que vuelva a ocurrir (Dearing & Stavrakas, 2011)

El diagrama causa y efecto, diagrama de espina de pescado es una herramienta de solución de problemas establecida. Es particularmente adecuado para ser usado cruzando equipos funcionales, ayudando a que un grupo pueda organizar las posibles causas raíz de un problema en un formato visual y fácil de entender. (Levinson, 2006)

2.5.3 Diagrama de Pareto

El Principio de Pareto es también conocido como la Regla de 80/20 y es uno de los conceptos más útiles para la productividad personal y el éxito. Se llama así por su descubridor, Vilfredo Pareto, un economista Italiano, quien lo formuló en 1895. No obstante, el principio de Pareto permite utilizar herramientas de gestión de la calidad, como el diagrama de Pareto, que se usa ampliamente en temas de control de calidad (el 80% de los defectos radican en el 20% de los procesos). Así, de forma relativamente sencilla, aparecen los distintos elementos que participan en un fallo y se pueden identificar los problemas realmente relevantes, que acarrearán el mayor porcentaje de errores (Valdivia, 2011)

El diagrama de Pareto es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar. Los pasos para realizarlo son: (Domenech Roldán, 2011)

1. Determinar el problema o efecto a estudiar
2. Investigar los factores o causas que provocan ese problema y cómo recoger los datos referentes a ellos
3. Recolectar datos (anotando magnitudes de cada factor)
4. Ordenar los factores de mayor a menor en función de la magnitud de cada uno de ellos
5. Calcular la magnitud total del conjunto de factores
6. Calcular el porcentaje total que representa cada factor, así como el porcentaje acumulado
7. Graficar

Un análisis de Pareto cumple con una serie de características principales, como lo son: (Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad, 2010)

- Priorización: Identificar los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.
- Unificación de criterios: Enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común
- Carácter Objetivo: Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas
- Simplicidad: No requiere de cálculos complejos ni técnicas sofisticadas de representación gráfica
- Impacto visual: El diagrama de Pareto comunica de forma clara, evidente y de un “vistazo”, el resultado del análisis de comparación y priorización, como se muestra en la figura 2.16

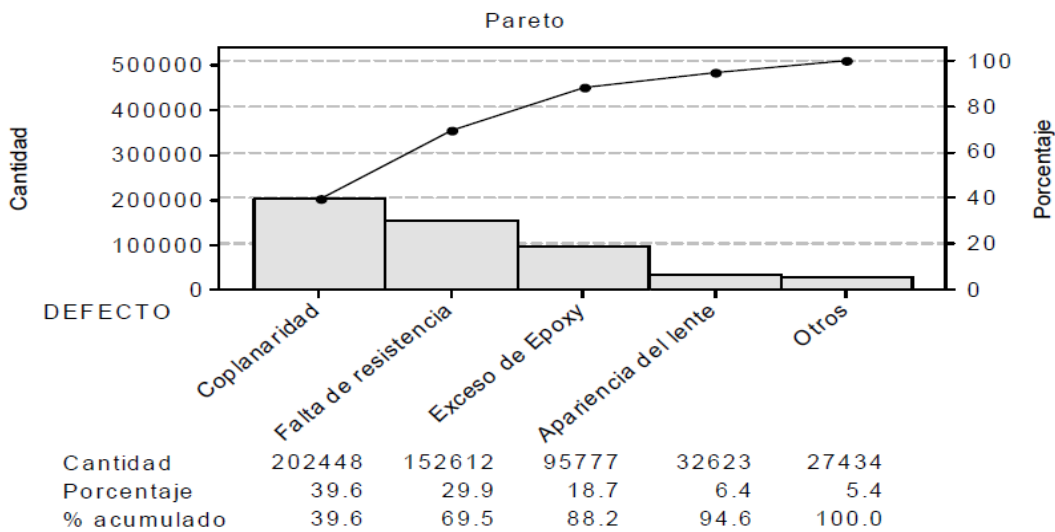


Figura 2.16 Diagrama de Pareto de los defectos (Báez, et al., 2010)

Las tablas de eventos factores resultantes proporcionan una representación gráfica de la línea de tiempo y las relaciones de los eventos y factores causales, incluyendo más detalles de Análisis de Causa-Efecto. Un ejemplo de un diagrama de ACR se presenta en la figura 2.17 (Jucan, 2005)

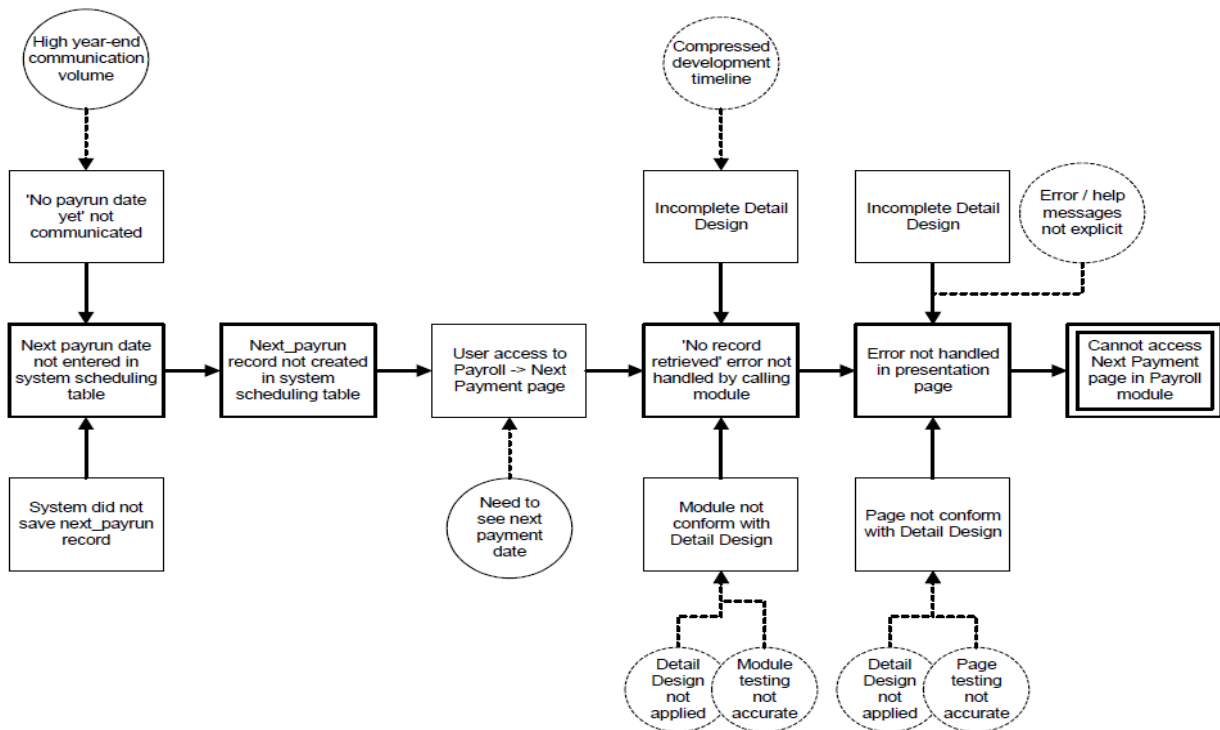


Figura 2.17 Ejemplo de mapa de causa raíz (Jucan, 2005)

El análisis de evento y factor causal o análisis de causa raíz (ACR) consiste en la identificación de un serie de tareas y/o acciones en una secuencia temporal, así como las condiciones ambientales de las tareas que llevan a la ocurrencia de incidentes.

El análisis de causa-raíz no es una única metodología bien definida, hay muchas herramientas diferentes, procesos y filosofías para el ACR, como lo son: (Espinosa, 2010)

- ACR basado en la seguridad: análisis de accidentes y la seguridad ocupacional y la salud.
- ACR basada en la producción: su origen es el ámbito del control de calidad de manufactura industrial.
- ACR basado en el proceso: tiene un alcance que se ha ampliado para incluir los procesos de negocio.
- ACR basado en la falla: tiene sus raíces en la práctica de análisis de fallas como los usados en ingeniería y mantenimiento.
- ACR basado en los sistemas: ha surgido como una mezcla de las escuelas anteriores, con ideas tomadas de ámbitos como la gestión de cambios, gestión de riesgos y análisis de sistemas.

La tablas de resumen de ACR (Tabla 2.6) organizan la información recopilada durante el análisis de datos, identificación de causas raíz y la generación de recomendaciones.

Un gráfico de factor causal proporciona una estructura para organizar a los investigadores y analizar la información recopilada durante la investigación así como también, identificar las lagunas y deficiencias en el conocimiento. La tabla de factor causal es simplemente un diagrama de secuencia con las pruebas de lógica que describe los acontecimientos que condujeron a un hecho, además de las condiciones del entorno de estos eventos como se muestra en el ejemplo de la figura 2.18 (Jucan, 2005)

Descripción del evento: _____

Evento # _____

Definición del Problema			
Posibles Causas		Acciones Correctivas y/o Preventivas	
Factor Causal # ____	Mapa de Causa Raíz "A través del camino" (Paths Through)	Corto Plazo	Resolución Definitiva
Descripción:	Guía a través del camino (Pasos del Proceso)		

Tabla 2.6 Tabla de resumen ACR (Traducida de ABS Consulting, 2008) (ABS Consulting, 2008)

Análisis del árbol de fallos (AAF) implica razonar hacia atrás a través de refinamientos sucesivos de lo general a lo específico. Como una metodología deductiva que estudia los acontecimientos anteriores que conducen a la insuficiencia con relación al tiempo. El AAF consta los pasos siguientes: (Departamento de Seguros de Texas, 2006)

1. Definir el evento superior.
2. Conocer el sistema.
3. Construir el árbol.
4. Validar el árbol.
5. Evaluar el árbol.
6. Considerar cambios constructivos.
7. Considerar alternativas y recomiende medidas.

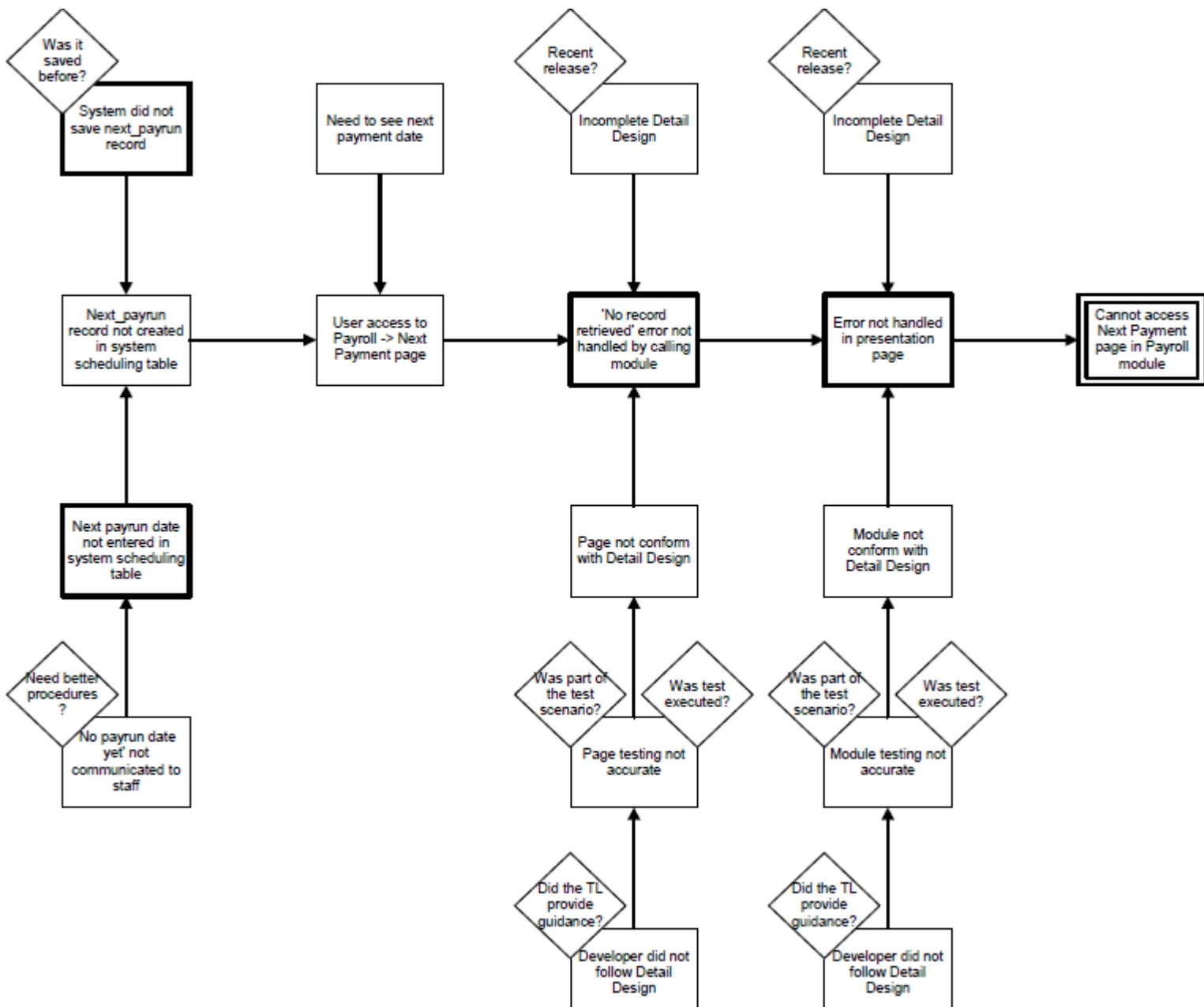


Figura 2.18 Ejemplo de Gráfico de factor causal (Jucan, 2005)

Árboles analíticos negativos o árboles de fallas son herramientas excelentes para localizar y corregir fallas. Pueden usarse para prevenir o identificar fallas antes de que ocurran, pero se usan con más frecuencia para analizar accidentes o como herramientas investigativas para señalar fallas. Al ocurrirse un accidente o una falla,

se puede identificar la causa raíz del evento negativo, como se muestra en la figura 2.19

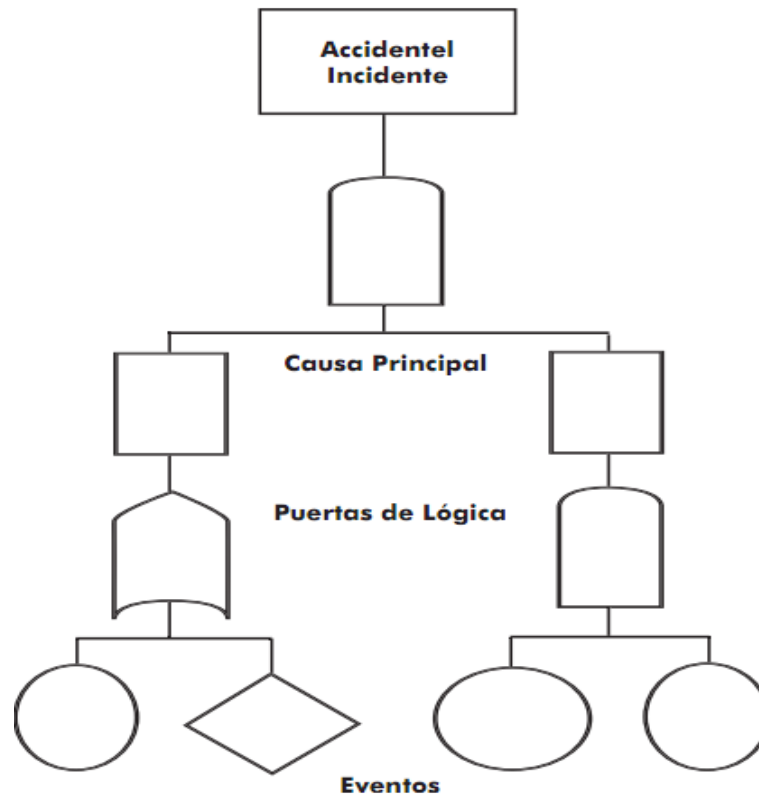


Figura 2.19 Ejemplo de Árbol de Fallas (Jucan, 2005)

El árbol de fallas es una representación gráfica de las combinaciones posibles de las fallas que generaron el incidente, como se muestra en la figura 2.20. El árbol comienza con un 'evento principal' que representa el incidente analizado y la descompone en los eventos contributivos y sus relaciones hasta que las causas se identifican.

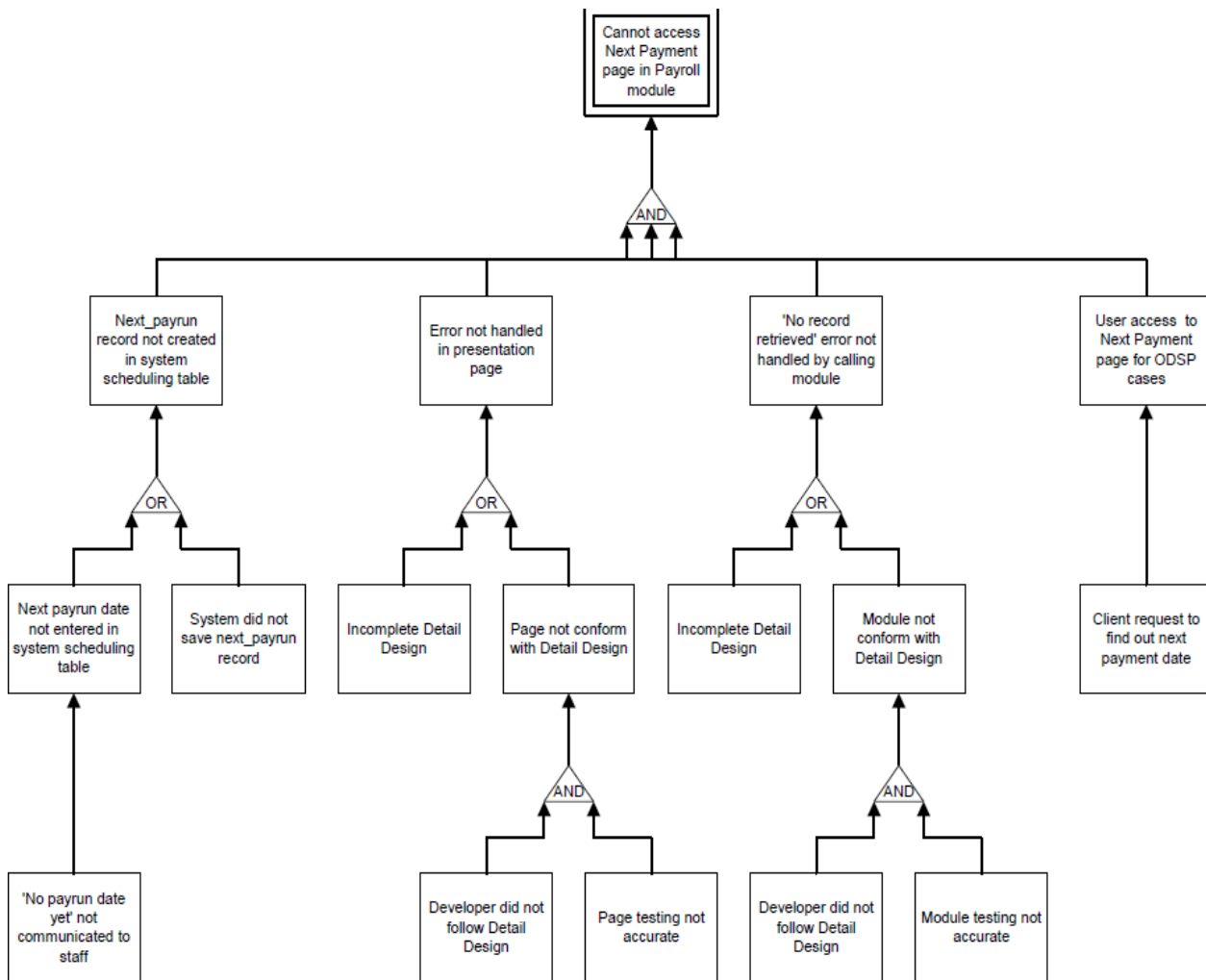


Figura 2.20 Ejemplo de Diagrama de Árbol de Fallas (Jucan, 2005)

Existen variadas técnicas de detección de fallas, una de ellas además es una técnica de prevención, se trata del AMEF (Análisis de Modo y efecto de fallas), utilizado para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos. Los objetivos de dicho análisis son:

- Identificar los modos de falla potenciales, y calificar la severidad de su efecto.
- Evaluar objetivamente la ocurrencia de causas y la habilidad de los controles para detectar la causa cuando ocurre.
- Clasifica el orden potencial de deficiencias de producto y proceso.

- Se enfoca hacia la prevención y eliminación de problemas del producto y proceso

El procedimiento para la realización de AMEF consta en general de los siguientes pasos:

1. Determinar el proceso o producto a analizar.
2. Establecer los modos potenciales de falla.
3. Determinar el efecto de la falla
4. Determinar la causa de la falla
5. Describir las condiciones actuales
6. Determinar el grado de severidad (Tabla 7)

Efecto	Rango	Criterio
No	1	Sin efecto
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Extremo	8	El cliente muy insatisfecho. Artículo inoperable, pero a salvo. Sistema inoperable
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada - falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

Tabla 7 Tabla de escala de severidad (Reyes, 2004)

Se presentan dos tipos de AMEF, el de diseño, el cual es utilizado para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los Modos de Falla asociados con la funcionalidad de un componente, causados por el diseño; y el AMEF de proceso, el cual se usa para analizar los procesos de manufactura y ensamble. Se enfoca a la incapacidad para producir el requerimiento que se pretende, un defecto. Los Modos

de Falla pueden derivar de causas identificadas en el AMEF de Diseño (Reyes, 2004)

7. Determinar el grado de ocurrencia (tabla 2.8)

Ocurrencia	Rango	Criterios	Probabilidad de Falla
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico.	<1 en 1,500,000
Muy Poca	2	Sólo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un proceso casi idéntico.	1 en 150,000
Poca	3	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 30,000
Moderada	4	Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales	1 en 4,500
	5		1 en 800
	6		1 en 150
Alta	7	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.	1 en 50
	8		1 en 15
Muy Alta	9	La falla es casi inevitable	1 en 6
	10		>1 en 3

Tabla 2.8 Tabla para determinar la probabilidad de falla (Reyes, 2004)

8. Determinar el grado de detección

9. Calcular el número de prioridad de riesgo (NPR)

$$NPR = \text{Grado de Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}$$

10. Acciones recomendadas

Como toda herramienta de análisis, AMEF tiene sus ventajas y desventajas, lo que lo hace adaptarse a las distintas situaciones, como se muestra en la tabla 2.9 (Díaz Becerril, 2007)

Ventajas	Desventajas
Poco tiempo de realización del estudio	Solo identifica un problema a la vez, no sirve cuando un evento es resultado de la interacción de dos o más eventos
Revela rápidamente fallas graves cuando se realiza adecuadamente.	No desarrolla suficiente información para una base uniforme para una cuantificación de efectos de sistema
Fácil de interpretar por el personal de trabajo	Para una alta efectividad requiere un alto grado de experiencia por quienes lo realizan
Fácil construcción a nivel de componentes	

Tabla 2.9 Ventajas y desventajas del uso de AMEF

El primer paso para resolver un problema o para emprender un proyecto de mejora, es identificar y definir cuáles son todas aquellas situaciones que afectan el adecuado desarrollo de la tarea. Hay diversas formas de analizar e identificar estas problemáticas, una de ellas, que permite recabar la opinión y el sentir de todos los integrantes de una organización y consensuar diversas perspectivas para definir los asuntos que afectan a la comunidad educativa es la denominada “TKJ” (Team Kawakita Jiro), la cuál fue desarrollada por el antropólogo japonés Dr. Jiro Kawakita (De las Nieves Sanchez Guerrero, 2003).

La técnica contempla tres fases: durante la primera y a partir de hechos se definen los problemas, en la segunda se hacen algunas propuestas para su solución y la tercera se definen compromisos de acción (Beltran, 2007)

Consiste en reunir en grupo a las personas involucradas en una situación problemática común, que estén interesadas en analizar y dispuestas a actuar para transformarla. Es una herramienta útil para la formulación y solución de problemas. Se inicia con la identificación de los hechos superficiales (apariencias, dificultades, síntomas, etc.) y concluye con la definición de las causas origen y las soluciones y compromisos de los participantes para la acción. La técnica consiste en tres etapas generales, como se muestra en la figura 2.21

Los pros de la utilización de ésta técnica son, que nos permite alcanzar consensos, incrementar la productividad de ideas, permite agruparlas jerarquizarlas; en cuanto a las contras, las ideas son muy breves, es difícil explicitar los conceptos complejos, y es sólo un punto de partida (Abreu, 2006)

Existen gran variedad de técnicas para analizar procesos y encontrar la causa raíz de sus problemas, para la presente investigación, el análisis de causa raíz se realizará por medio de diagramas de Ishikawa, Pareto, diagramas de árbol de fallas, técnica TKJ y AMEF, dependiendo del arnés, molde o proceso con el que se esté trabajando.

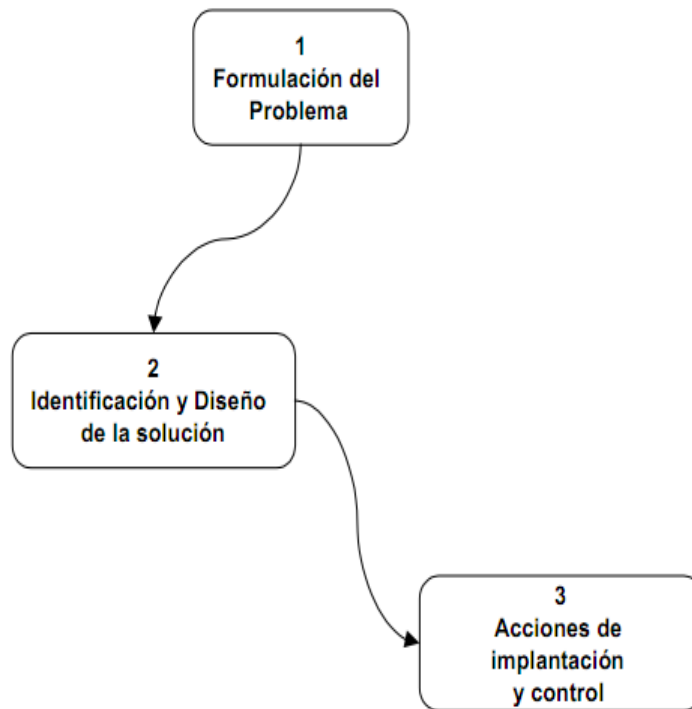


Figura 2.21 Procedimiento para la realización la técnica TKJ (Abreu, 2006)

En éste estudio debido a las restricciones del proceso de recubrimiento de espuma y por convenir a la empresa no es posible la aplicación de todas las herramientas que abarca lean por lo que solo se aplicarán algunas de ellas que ayudarán a proponer ideas que ayuden a disminuir la tasa de defectos que presenta el proceso, las cuales son Mapeo del flujo de valor, TPM.

2.6 Empresa considerada en el estudio

“El peor enemigo de los procesos es la variación” (Elba Cruz, Black Belt)

El presente proyecto se llevó a cabo en una empresa manufacturera de arneses de nivel internacional, ubicada en el noroeste del país. Dicha empresa ha figurado en la región por más de diecisiete años, en los cuales ha sido proveedora de una amplia gama de productos a la industria automotriz, por lo general con enfoque a maquinaria pesada, aunque en los últimos años ha surtido también a armadoras de motocicletas, cuatrimotos y autos de lujo, además de continuar surtiendo a empresas dedicadas a

la fabricación de equipos de maquinaria pesada, remolques, autobuses y tracto camiones, entre muchos otros (figura 22).



Figura 2.22 Tipo de clientes de la empresa (archivo)

Es importante primero que nada definir lo que es un arnés electrónico (figuras 2.23 y 2.24) y su finalidad dentro del vehículo, para poder comprender la importancia de las características de calidad que se definirán más adelante. Un arnés está definido como un conjunto de uno o más circuitos eléctricos, al que se le pueden ensamblar adicionalmente conectores, broches (clips), terminales, cintas, espumas, abrazaderas y otros productos.



Figura 2.23 Arnés electrónico instalado en un motor de camión de maquinaria mediana (Archivo)

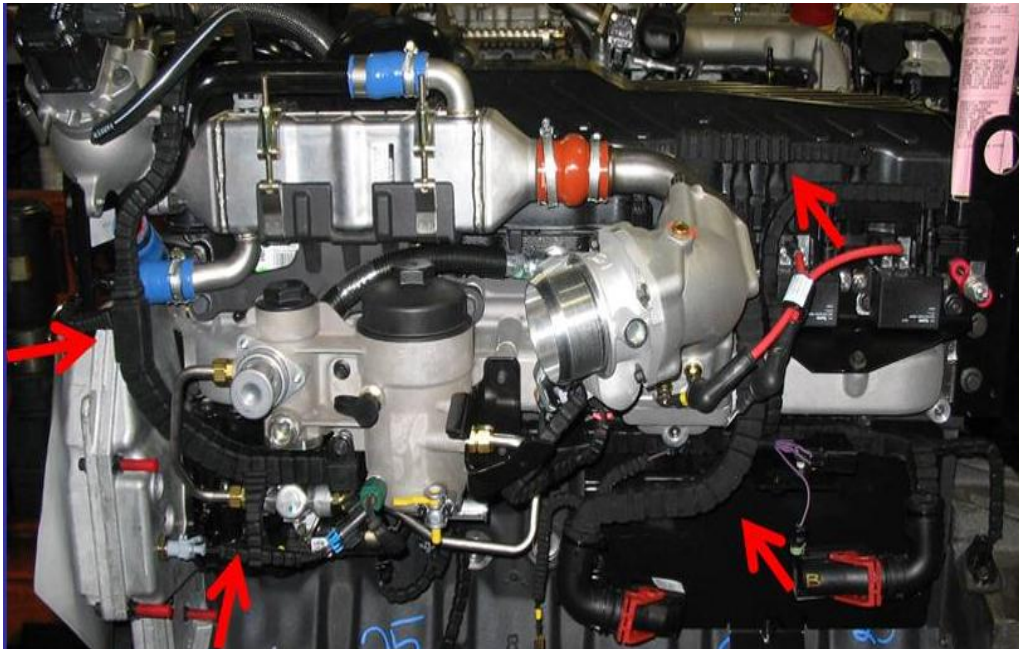


Figura 2.24 Vista de un motor instalado dentro de un vehículo, y arnés electrónico con recubrimiento de espuma (Archivo)

En la figura 2.25 se muestran ejemplos de cada uno de los componentes principales de un arnés electrónico, no se muestran componentes originales por motivos de confidencialidad con la empresa y sus proveedores.

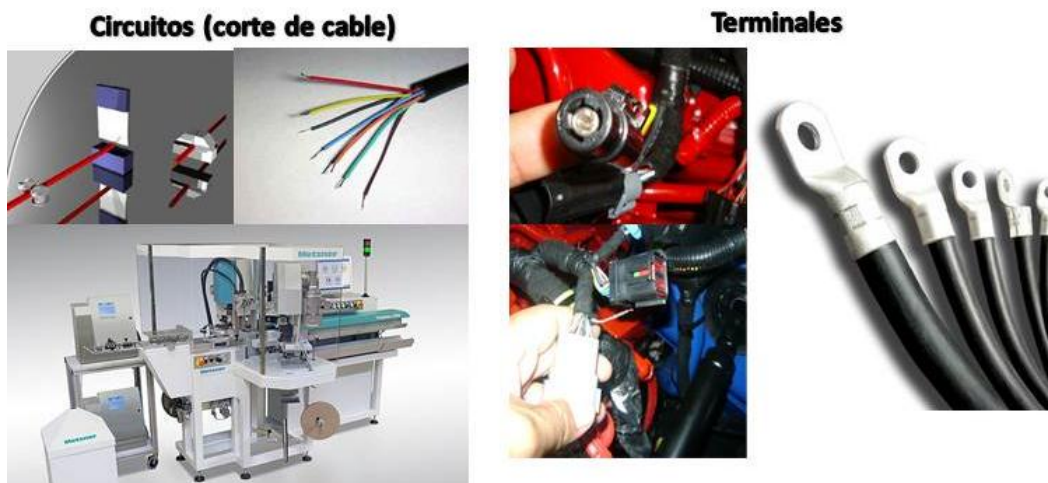


Figura 2.25 Componentes principales de un arnés electrónico (Archivo)

Cintas



Conectores

Sellos



Continuación Figura 2.25 Componentes principales de un arnés electrónico (Archivo)

A continuación se muestra en una tabla 2.10 los componentes de un arnés y el proceso por medio del cual dichos componentes son ensamblados en el producto:

<u>Componentes</u>	<u>Proceso</u>
Circuitos	Corte: Proceso durante el cuál el cable que viene en rollos es cortado en circuitos (pedazo de un cable) de longitudes específicas
Terminales	Grafado: Proceso que consiste en colocar las terminales (normalmente de cobre o aluminio) a un circuito por medio de un dispositivo denominado “Aplicador”

Conectores	Ensamble: En ésta parte del proceso productivo consiste en la colocación de conectores a los circuitos que han sido previamente cortados y grafados. Una vez instalados todos los elementos, se realizan inspecciones visuales y eléctricas para comprobar que el arnés cumple con todas las especificaciones de calidad de acuerdo con los planos y requerimientos del cliente.
Sellos	Sellado: En algunas ocasiones a un arnés se le agrega un elemento, generalmente de caucho que protege las terminales para que no les entre agua en puntos estratégicos del automóvil. Va colocado al mismo tiempo que algunas terminales
Cintas	Encintado: Material adhesivo que se utiliza para el cubrimiento de los arneses electrónicos en partes donde se concentra demasiado calor como por ejemplo el motor, se utilizan algunos tipos de cinta como, nito gris para altas temperaturas (120° C) y recubrimiento en mazos y ramales, el cual es reflectante lo que hace que el calor se esparza, se utiliza en el área de motores
Tubos	Son tubos de PVC utilizados para cubrir los circuitos o cables con el fin de protegerlos contra la humedad, calor, polvo o movimientos propios de un vehículo. Los tubos vienen de diferentes colores, tamaños, formas y materiales
Espuma	Elemento cuya función es la de proteger el arnés contra golpes. Su función es la de eliminar ruidos internos del arnés

Tabla 2.10 Componentes y procesos en la fabricación de un arnés electrónico

Cada arnés cuenta con un proceso en específico, dependiendo de las características solicitadas por el cliente, hay algunos que pasan por todos los procesos de la planta y otros que solamente cumplen con los generales, entre los procesos generales se encuentran:

- Corte de cable
- Inserción de terminales
- Ruteo
- Recubrimiento de cinta
- Accesorios
- Prueba eléctrica

En la figura 2.26 se puede observar el diagrama de flujo de proceso del arnés 801.

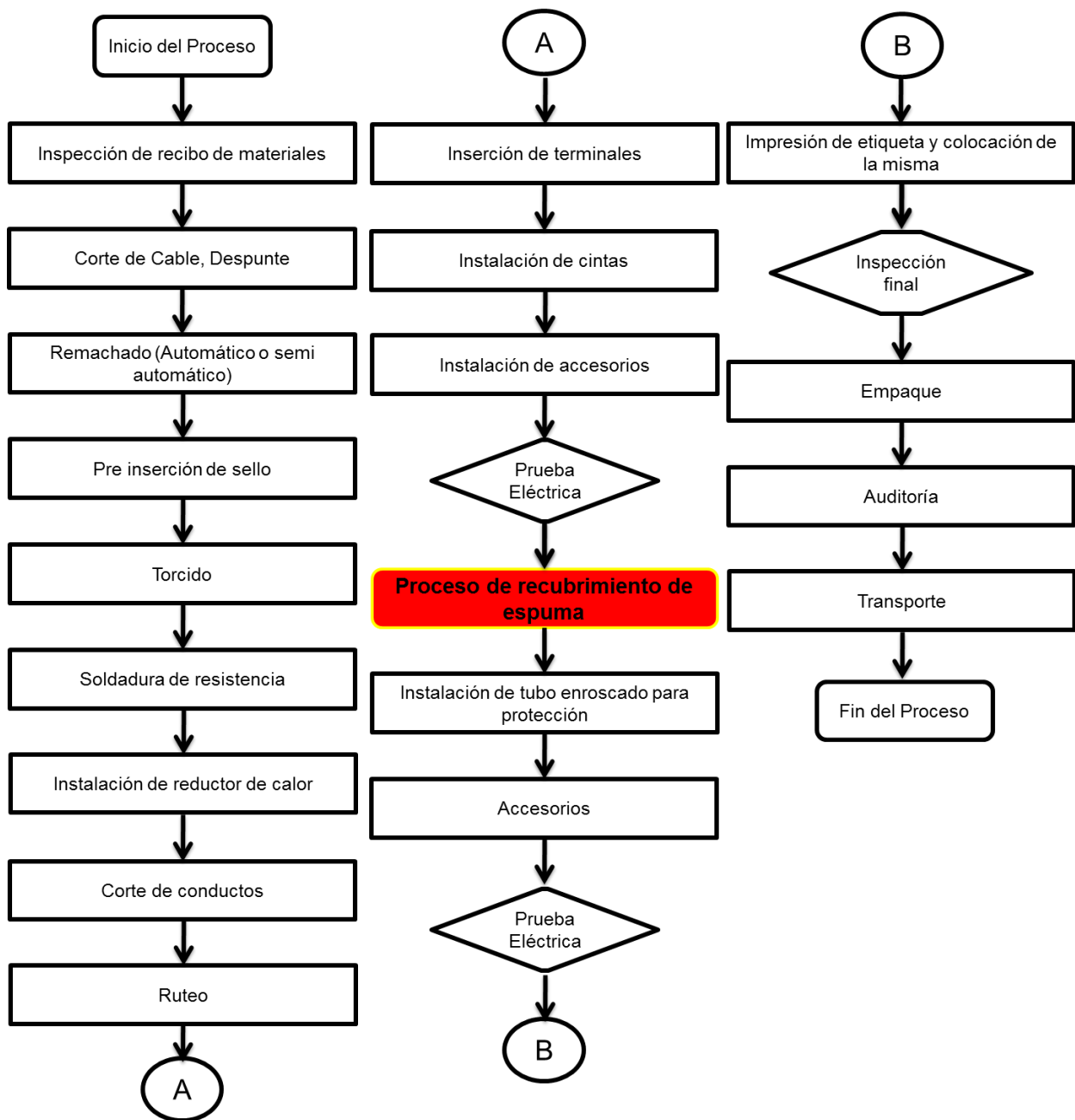


Figura 2.26 Diagrama de flujo de proceso de arnés 801

La función de un arnés es la de transmitir corriente a todos los dispositivos eléctricos del automóvil. Cableados eléctricos de baja tensión son utilizados para manejar los elementos electrónicos del vehículo, por ejemplo: Cableado para las luces

delanteras, encendido del motor, eleva vidrios, aire acondicionado, bolsas de aire, alarmas, tablero de comando, luz de freno, luz del techo. Dependiendo del vehículo, éste puede tener entre 10 y 30 conjuntos de cables eléctricos integrados unos con otros en su interior. En la figura 2.27 se muestran algunas de las principales funciones de un arnés electrónico en un automóvil:

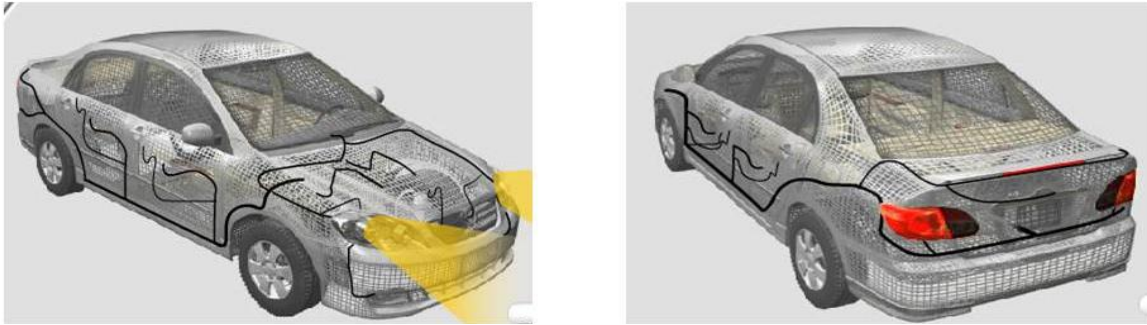


Figura 2.27 Luces delanteras y luz de freno (Archivo)

Cuándo el motor está en marcha, el alternador, movido por el cigüeñal, mantiene el nivel de carga de la batería. En la actualidad se usa un motor de arranque eléctrico que recibe corriente de la batería: cuando se activa la llave de contacto, el motor de arranque genera una potencia muy elevada durante periodos de tiempo muy cortos. En la figura 2.28 se muestran algunas de las funciones internas controladas por arneses electrónicos.



Figura 2.28 Funciones internas controladas por arneses electrónicos (direccionales, encendido, radio, reloj, aire acondicionado, etc.) (Archivo)

El equipo eléctrico del automóvil comprende además del sistema de encendido en el caso de los motores de gasolina, la batería, el alternador, el motor de arranque, el

sistema de luces y otros sistemas auxiliares como limpiaparabrisas o aire acondicionado, además del cableado o arnés correspondiente. La batería almacena energía para alimentar los diferentes sistemas eléctricos.

El presente estudio se llevó a cabo en un segmento de la planta el cual manufactura trece arneses electrónicos distintos. El proceso de ensamble, encintado, recubrimiento con tubos entre otras, se realiza por medio de conveyor, el cuál es un sistema transportador, es un equipo de manipulación mecánica que mueve los materiales de un lugar a otro. Los conveyor o transportadores son especialmente útiles en aplicaciones que implican el transporte de materiales pesados o voluminosos. Sistemas transportadores permitir el transporte rápido y eficiente para una amplia variedad de materiales, que los hacen muy popular en el manejo de materiales y las industrias de envasado (DEMATIC, 2012)

Hay arneses que por la naturaleza de su función dentro del automóvil requieren de un recubrimiento de espuma, el cual debe cumplir con las especificaciones estéticos, es decir evitar burbujas, conectores con espuma, fugas, etc., pero lo más importante es que no se dañe el arnés mientras pasa por dicho proceso de moldeo generando cables y terminales dañadas, así como mostrando no continuidad en lo ramales o el arnés en su totalidad. La investigación se centra en el estudio de los defectos generados en el área de moldeo de recubrimiento de espuma, cada uno de los defectos se listan a continuación:

- Cable dañado: Se puede dar en cualquiera de los procesos, pero para el caso del proceso de moldeo en particular, se da cuando la tapa del molde se cierra sobre algún ramal del arnés, presionándolo o dañando su aislante generando daño irreversible en el funcionamiento y/o la estética del producto terminado, lo que no es aceptable por parte del cliente.
- Longitud corta: Cuando el acomodo del arnés dentro del molde es incorrecto, la longitud del arnés no es la especificada, por lo que, en el momento de

ensamblarlo dentro del automóvil, las conexiones estarían forzadas o simplemente no llegarían a la entrada para la cual fueron diseñadas.

- No pasa prueba de fuga: Algunos de los arneses con los que se está trabajando van ensamblados en el motor de los automóviles, y como uno de los componentes del arnés es un sello, que si el recubrimiento de espuma sobre el sello y a su alrededor no fue instalado correctamente, se tendía una fuga de aceite del motor en ése punto, alterando el funcionamiento del mismo.

3. METODOLOGÍA

“La principal causa de la baja calidad y la baja productividad reside en el sistema y éste va más allá del poder de la fuerza de trabajo” (W. Edwards Deming)

En el presente capítulo se muestran los pasos a seguir para la realización del estudio. Se exponen de manera detallada cada una de las actividades realizadas, desde su preparación, documentación, análisis y presentación de resultados de cada etapa, hasta el descubrimiento de la causa raíz del problema en general, apoyado en evidencia estadística que justifique el señalar determinadas actividades como puntos clave.

3.1 Tipo de Investigación

El diseño de la investigación es una estructura o un plano que sirve para dirigir un proyecto de investigación, Un buen diseño de la investigación, nos asegura que el proyecto se realizará de manera efectiva y eficiente, de acuerdo a lo descrito por Malhotra (1997)

El diseño es la estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere para la investigación, aunque exista un planteamiento amplio del problema, el diseño de la investigación, especifica los detalles para determinar éste (Hernández Sampieri, et al., 2004)

Existen diversos tipos de investigación, y hubo que analizarlos todos para saber cuál es el apropiado para este trabajo, la investigación exploratoria es el diseño de investigación que tiene como objetivo primario facilitar una mayor penetración y comprensión del problema que enfrenta el investigador. En las investigaciones de tipo descriptiva, llamadas también investigaciones diagnósticas, buena parte de lo que se escribe y estudia sobre lo social no va mucho más allá de este nivel. Consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta

indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores. El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento (Gross, 2010)

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos, están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas.

La investigación correlacional tiene, en alguna medida, un valor explicativo aunque parcial. Al saber que dos conceptos o variables están relacionadas se aporta cierta información explicativa (Hernandez Sampieri, et al., 1997). Los estudios de correlación pretenden responder las preguntas de investigación, tienen como propósito medir el grado de relación que exista entre dos o más conceptos o variables (en un contexto en particular). En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero frecuentemente se ubican en el estudio relaciones entre tres o más variables. Los estudios sobre correlación miden las dos o más variables que se pretende ver si están o no relacionadas en los mismos sujetos y bajo las mismas condiciones, después se analiza la correlación.

Por lo tanto se puede decir que el presente proyecto tiene en cierta medida de cada tipo de investigación; es exploratoria, descriptiva y explicativa de modo correlacional, ya que una vez que se comprende el proceso, se describe cada uno de sus posibles causas raíz, se determina cuál de ellas tiene mayor impacto y en qué medida afecta

al sistema, así como las relaciones entre las variables involucradas con respecto a la variable respuesta. En la figura 3.1 se muestra la metodología general a seguir para la realización del presente proyecto.

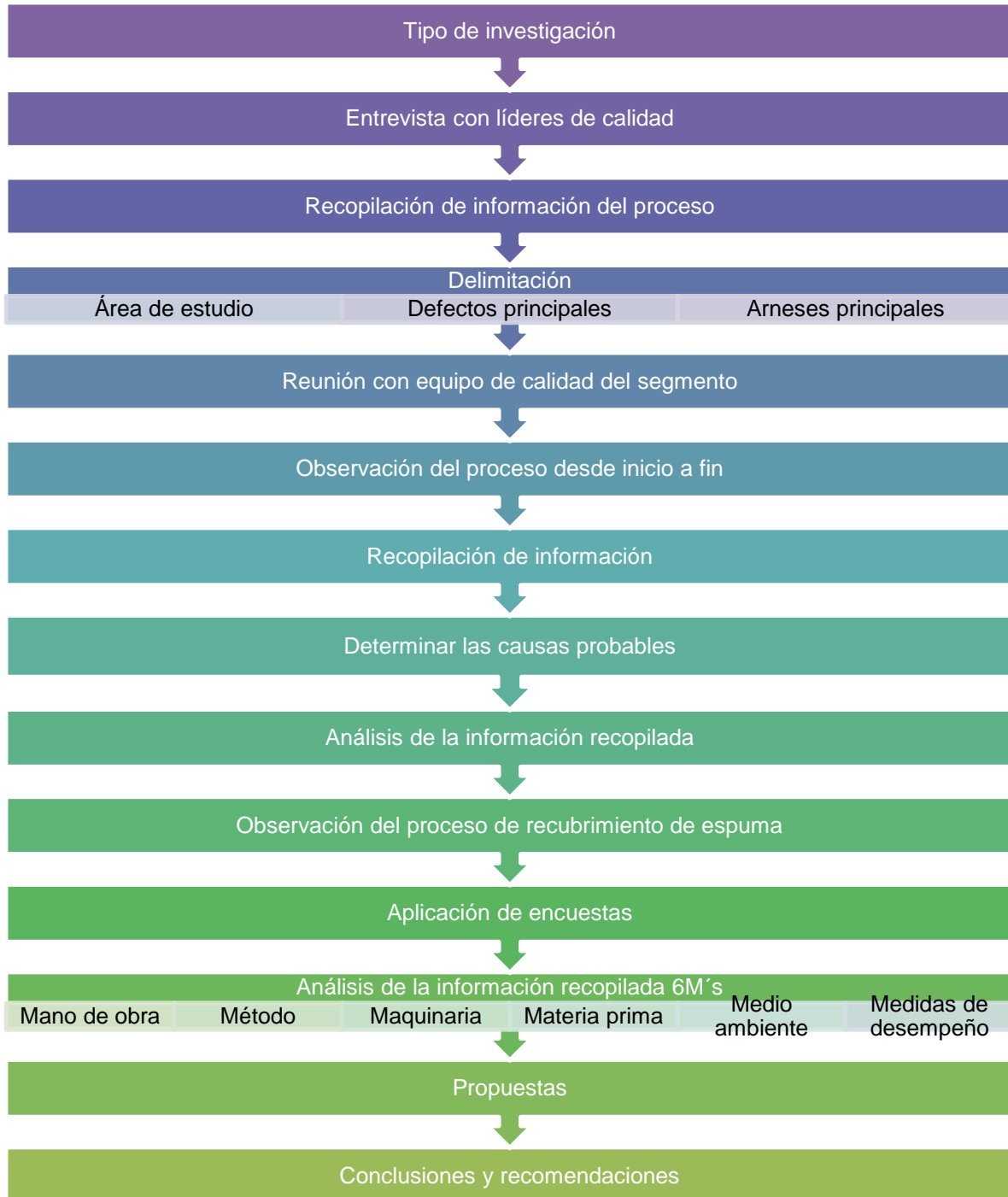


Figura 3.1 Metodología general (Monge, 2012)

- **Entrevista con líderes de calidad:** Después de hablar con el líder de calidad sobre cuáles eran sus problemas principales, y detectar que uno de ellos era el desperdicio, se citó como se acostumbra, antes del inicio de actividades, al equipo de trabajo a la reunión de cinco minutos, donde se le da la palabra a cada uno de los miembros de la unidad para que cada quien exprese su opinión sobre un tema propuesto por el líder del equipo o por el líder de segmento, en la primera reunión se encontraba solamente el ingeniero de calidad del área, acompañado por los inspectores de calidad de dimensionales y prueba eléctrica, así como los operadores de producción del área de recubrimiento de espuma, se le pidió su opinión a cada uno de los miembros del equipo respecto al desperdicio que se presenta en el área.
En la segunda reunión se presentaron, tanto el líder de segmento como el gerente de calidad para escuchar lo que cada uno tenía que decir y estar al tanto del estudio que se realizaría en su segmento.
- **Recopilación de información del proceso:** Recopilar la información no siempre requiere de la presencia del investigador en todo momento en el proceso, gracias a la inspección al 100% de la producción de la planta y a los registros que son llevados por los técnicos de calidad, es posible detectar la frecuencia de cada uno por fecha, por defecto y por arnés, por lo que se le pidió al técnico dichos registros, para analizar los datos en los mismos.
- **Delimitación:** Tomando en cuenta los datos proporcionados por el ingeniero y el técnico de calidad, el estudio se delimitó a un segmento de la planta y a una actividad en específico, que sería la operación de recubrimiento de espuma. Así como también se tomaría en cuenta solamente a los defectos principales entre los arneses que presentan piezas defectuosas con mayor frecuencia.
- **Reunión con equipo de calidad del segmento:** Después de detectar los defectos y arneses principales en el área de estudio se reunió de nuevo con el equipo de calidad para pedir autorización para realizar observaciones directas en el proceso de producción, de principio a fin.
- **Observación del proceso desde inicio a fin:** Se realizaron observaciones en el proceso, desde el recibo de materiales hasta el embarque de los mismos, poniendo especial atención en los filtros de calidad de cada paso del proceso, es decir, observando donde se presentaban mayores problemas de calidad, y a mayor costo, para poner especial atención en dichos procesos.
- **Recopilación de información:** Se les pidió su cooperación al técnico y a los ingenieros del área de calidad, de modo que proporcionaran los registros de producto no conforme del área de recubrimiento de espuma (dichos datos, solamente se analizaban por medio de gráficos de frecuencia) y se presentó el interés por parte del investigador de determinar si dicha frecuencia en cada

uno de los defectos del área de recubrimiento de espuma podrían o no estar relacionadas unas con otras, por lo que además se pidieron los registros de DPMO (Defectos Por Millón de Oportunidades) tanto del área de estudio, como de las áreas anteriores al mismo, para así evaluar la materia prima que entraba al proceso.

- Determinar las causas probables: Se revisó la información con la que se contaba en el segmento, además se solicitó una lluvia de ideas, de modo que después de mencionar lo que reflejaban los datos, a los encargados del área, a los operadores e inspectores de calidad de recubrimiento de espuma, pudieran proporcionar ideas que le dieran una dirección a la investigación, es decir, ubicar un camino a seguir para poder encontrar la causa raíz del problema y analizar las opciones para evitar que siguiera presentándose dicha problemática.
- Análisis de la información recopilada: Después de obtener los ramales principales del diagrama de Ishikawa, se procedió a investigar a fondo en cada uno de ellos, de modo que, se recabó información adicional en cada una de las 6M (Mano de obra, Materia prima, Medidas de desempeño, Método, Medio ambiente y Mantenimiento, para la presente investigación). Se reacomodó y filtró la información para detectar posibles patrones que dieran a conocer una posible relación entre los defectos principales, el tipo de arnés y el la fecha en que se presentó el defecto.
- Observación del proceso de recubrimiento de espuma: Se realizaron observaciones directas por parte del investigador en el área de recubrimiento de espuma, en cuanto al método de fabricación, para verificar que el operador de producción se apega a lo descrito en su hoja de ayuda.
- Aplicación de encuestas: Para detectar si el medio ambiente en el área de recubrimiento de espuma produce efecto en la producción defectuosa, se revisaron los registros de auditorías realizadas por el área de seguridad e higiene de la empresa a los distintos departamentos, entre ellos análisis de ruido e iluminación, después de revisarlos y verificar que todo se encontraba en orden, se aplicó también una pequeña encuesta, para determinar si las condiciones ambientales generaban algún efecto en la manera en que los operadores realizaban sus actividades.
- Análisis de la información recopilada 6M's
 - Mano de obra: El control de la evaluación de la mano de obra se llevó a cabo por medio de los números de empleado, tal que, los registros de calidad del área se filtraron por empleado, área y defecto, de modo que se reflejara si es que los errores de los empleados generan el alza en los productos defectuosos del área de recubrimiento de espuma. Se

expresarán gráficamente los resultados, para que se identifiquen sencillamente los puntos principales y las áreas de análisis del proyecto, para verificar si la mano de obra es o no un factor clave para la investigación.

- Método: Para descartar el método de trabajo como un factor clave o de alto efecto en la producción de defectos en el área de recubrimiento de espuma, se analizarán los procedimientos de los empleados al realizar sus actividades diarias, tanto de las acciones realizadas por cada operador del moldeo y reproceso, hasta la manera en que se realiza la inspección de salida, tanto la visual, la de accesorios y la de prueba eléctrica.
- Maquinaria: Por maquinaria, se tomará en cuenta el aspecto referente al mantenimiento de los moldes del área de recubrimiento de espuma; actualmente se les realiza mantenimiento semanal a los mismos, los días sábado, se evaluará si el día de la semana tiene alguna relación con la producción de defectos en el área, así mismo se evaluará su relación con el mantenimiento, costos y beneficios del mismo.
- Materia prima: En la planta se realizará inspección al cien por ciento de los arneses que serán enviados al cliente, por lo que se analizaron los registros de calidad antes de entrar al área de recubrimiento de espuma para verificar si es que existe alguna relación entre la calidad de entrada al proceso y la calidad de salida del mismo.
- Medio ambiente: En cuanto al medio ambiente en el área, se solicitaron al departamento de seguridad e higiene de la planta la información referente a estudios de ruido e iluminación realizados en el segmento. Para identificar la relación del medio ambiente en que se realiza la operación de recubrimiento de espuma con los resultados de calidad del área, se realizó la aplicación de encuestas para valorar el grado en que dicho ambiente afecta el modo en que las operaciones son realizadas por los empleados del área de recubrimiento.
- Medidas de desempeño: En el análisis de causa raíz, el ramal definido como medición, fue evaluado como medidas de desempeño, en donde se tomó en cuenta tanto los tableros de prueba eléctrica, la realización de la inspección de conductividad eléctrica, y el proceso de validación de dichas pruebas; por otro lado, también se está considerando la validación de dimensionales e inspección de dimensiones. Se evaluó el proceso de validación de pruebas actual contra uno propuesto por el investigador, y se entregaron a la empresa los diagramas de dichos procedimientos de validación.

- **Propuestas:** Se le propondrán opciones a la compañía para evitar que se sigan generando defectos en el área, claro, dichas propuestas ser cubiertas con el presupuesto actual del área, de modo que dichos beneficios prácticamente se paguen solos.
- **Conclusiones y recomendaciones:** Se le entregará a los responsables del segmento un informe en donde se muestra un resumen del análisis de los datos obtenidos del proceso, así como sus efectos en los costos de producción y como se puede evitar cada uno de ellos, se mostrará todas las acciones que fueron detectadas como clave para asegurar la calidad de salida del proceso, también se le entregarán todos los diagrama, tablas y formatos de análisis que servirán de apoyo para darle seguimiento a dichas acciones.

A continuación, en la figura 3.2, se muestra de manera gráfica la metodología a seguir para llegar a la culminación del presente proyecto.

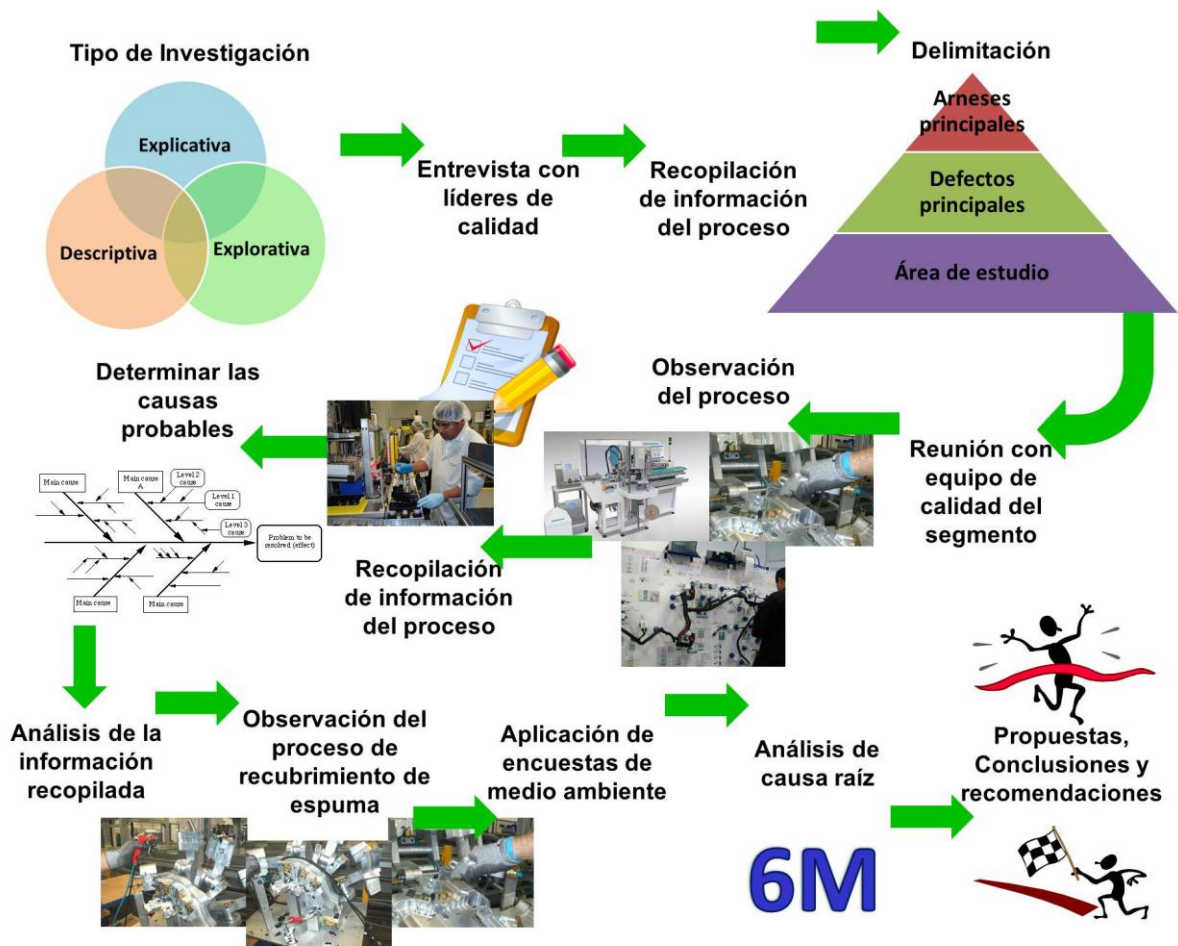


Figura 3.2 Ilustración de la Metodología general (Monge, 2012)

4. RESULTADOS

4.1 Obtención y análisis de datos

El primer mes de investigación realizada en la planta, la información generada fue la correspondiente al mes de septiembre de 2010, ya que las pruebas eléctricas y estáticas realizadas a los arneses antes de entrar al proceso de recubrimiento de espuma mostraban una calidad de salida de las actividades anteriores aceptable, mientras que en la segunda prueba (saliendo del proceso de recubrimiento) la funcionalidad del arnés se alteraba, es decir no cumplía con todas sus especificaciones, presentaba alguno de los defectos descritos anteriormente en el capítulo, y/o alguno otro defecto poco común. En la tabla 4.1 se muestra la primera información que fue recolectada del proceso, la información que abrió la puerta para una investigación mas profunda.

Defecto	Piezas
Cable dañado	154
Longitud corta	41
No pasa prueba de fuga	18
No continuidad	11
Pasador dañado	8
Corto circuito	3
Soporte faltante	1
Cable repetido	1
Junta dañada	1
Guía mal orientada	1
Incompleto	1
Tubo aislante dañado	1

Tabla 4.1 Relación de información correspondiente al periodo de agosto a septiembre de 2010
Defecto-Pieza

Los datos generados en el área de calidad es concentrada en varios reportes, algunos son almacenados en la base de datos de la empresa, y otros, los archivos de seguimiento diario, son resguardados por los técnicos e ingenieros de calidad en

sus equipos de cómputo, pero a su vez se encuentran disponibles para cualquier persona que lo necesite. Por medio de éstos reportes en como fue posible reunir la información necesaria para describir la situación pasada y actual del proceso, así mismo, poder tener una idea del comportamiento del proceso en un futuro mediano, es decir cómo ha ido variando la calidad de salida de los productos que llevan como parte de sus especificaciones el proceso de recubrimiento de espuma.

Después de analizar los datos obtenidos, se organizó la información para detectar los defectos más comunes en el 2010, los cuáles eran:

- Cable dañado
- Longitud corta
- No pasa prueba de fuga
- No continuidad
- Pasador dañado
- Incompleto
- Corto circuito
- Soporte faltante
- Tubo aislante faltante

Al filtrar los datos correspondientes a la información de los meses de agosto y septiembre, se detectó que el 80% de los defectos presentados en el proceso de recubrimiento de espuma correspondían a arneses con cables dañados o longitud corta, mientras que el 88.4% incluía también los arneses que no pasaban la prueba de fuga, como se muestra en el diagrama de Pareto de la figura 4.1.

Después de analizar los datos por defecto, también se analizaron por arnés, precio y piezas defectuosas, y de acuerdo a la tabla 4.2 los arneses denominados 801, 103 y 603, además de ser los más costosos son los que presentan mayor frecuencia.

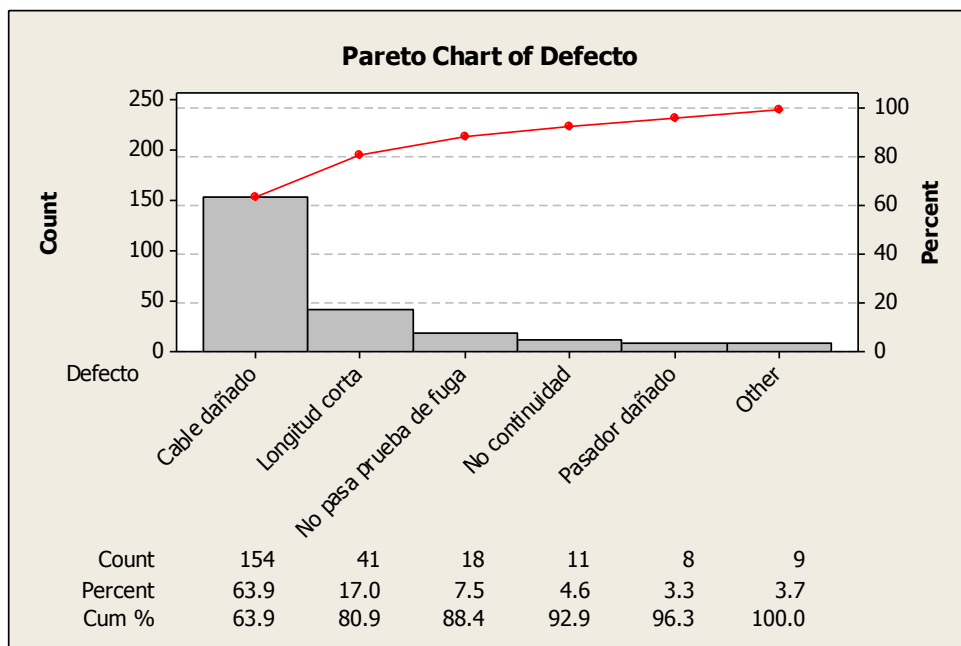


Figura 4.1 Pareto de defectos contra piezas

Ensamble	Precio	Cantidad	Costo
801	\$ 122.50	30	\$ 3,675.00
103	\$ 99.01	31	\$ 3,069.31
603	\$ 43.69	42	\$ 1,834.98
202	\$ 127.06	6	\$ 762.36
702	\$ 14.78	22	\$ 325.16
300	\$ 44.30	8	\$ 354.40
605	\$ 53.44	4	\$ 213.76
8801	\$ 11.79	11	\$ 129.69
902	\$ 6.75	8	\$ 54.00
401	\$ 23.92	1	\$ 23.92
602	\$ 38.13	1	\$ 38.13
500	\$ 19.46	1	\$ 19.46
102	\$ 101.32	1	\$ 101.32
Suma		166	\$ 10,601.49

Tabla 4.2 Relación de información correspondiente al periodo de agosto a septiembre de 2010 Arnés-Costo unitario-Cantidad-Costo

Analizando los datos mediante un diagrama de Pareto, se puede observar que el 80.9% de los defectos corresponde al 17.3% de los arneses, que son los ensambles: 801, 103 y 603, como se puede ver en la figura 4.2

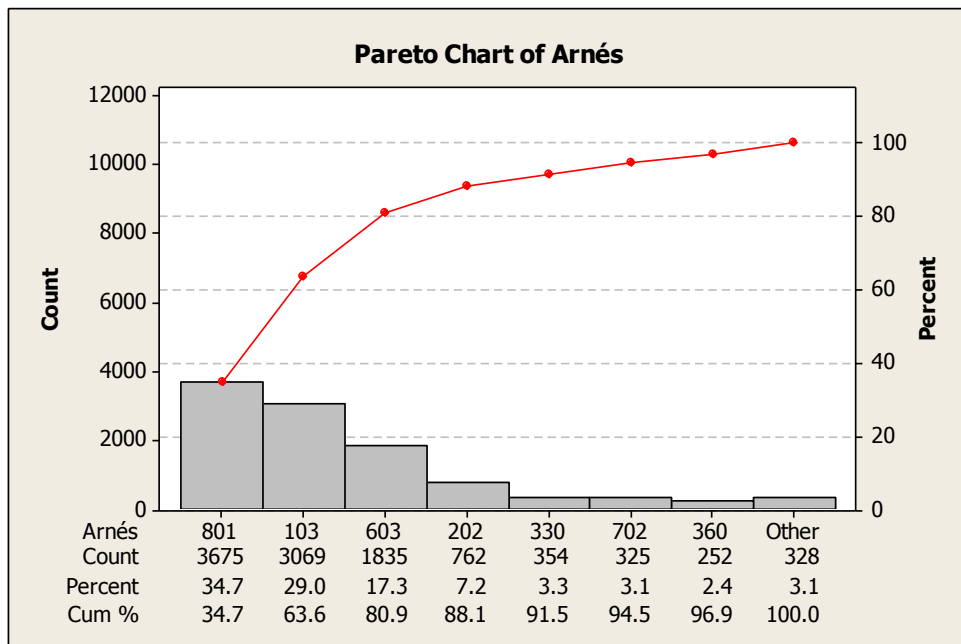


Figura 4.2 Pareto de número de parte contra costo de defectuosos

El concentrado de toda la información correspondiente al año 2010, en su modo mas simple se presenta a continuación, en el gráfico 4.3 se puede observar el monto de los recursos que se están perdiendo por concepto de piezas que tienen algún defecto y que por la naturaleza del arnés es imposible reprocesar.

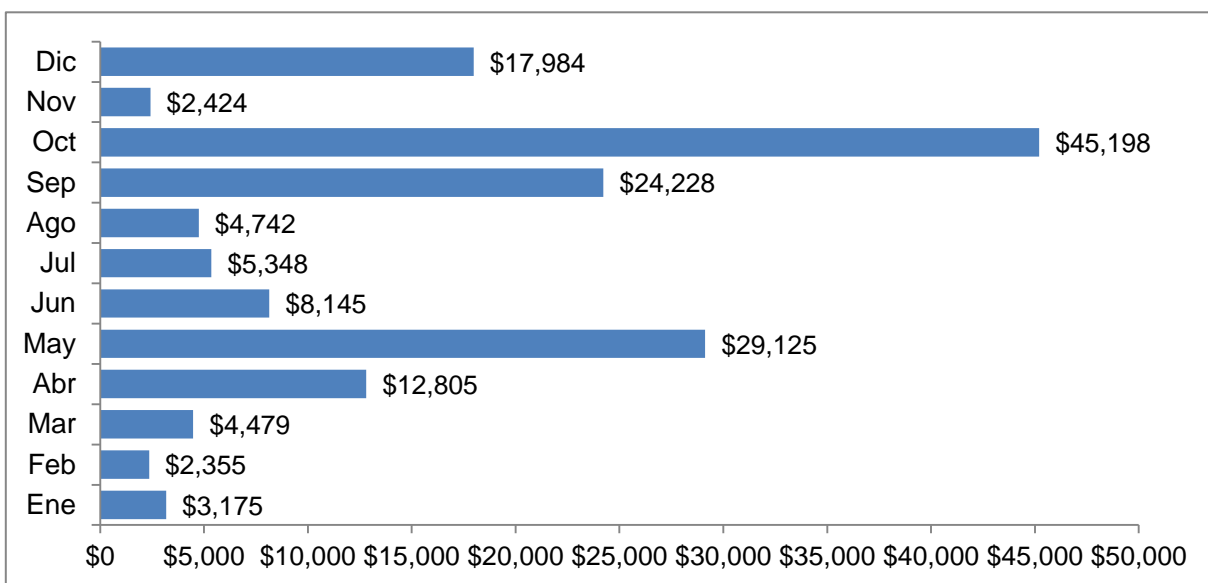


Figura 4.3 Gráfica de meses contra costo de desperdicios correspondiente a 2010

Como se muestra en la figura 4.3, los meses en que se generó una mayor tasa de desperdicios fueron mayo, septiembre y octubre del 2010, que es donde los requerimientos del cliente fueron mayores, las piezas producidas aumentaron y como consecuencia también sus desperdicios.

En la empresa no se le da mucha importancia al problema del reproceso y desperdicio del área de recubrimiento de espuma, a pesar de que son pérdidas de miles de dólares al mes, ya que comparados con las ventas que presenta la compañía, éstas pérdidas son solo entre el 0.2 y el 2% del total de las ventas, pero aun así se trata de costos que pueden evitarse. En la tabla 4.3 se muestra la relación de las ventas con el desperdicio de acuerdo con el departamento al que se le cargaron dichos costos, ya que pudo ser una falla de calidad, producción, mantenimiento o ingeniería.

Mes	Piezas	Desperdicio Producción	Desperdicio Mantenimiento	Desperdicio Ingeniería	TOTAL	Ventas	% de desperdicios
Enero	198	\$10,441	\$399	\$253	\$11,093	\$699,015	1.59%
Febrero	427	\$10,839	\$6,727	\$2,871	\$20,438	\$1,375,768	1.49%
Marzo	592	\$18,520	\$4,450	\$2,903	\$25,873	\$1,565,811	1.65%
Abril	681	\$11,731	\$5,499	\$6,909	\$24,139	\$1,405,347	1.72%
Mayo	288	\$12,541	\$5,159	\$2,945	\$20,645	\$1,631,457	1.27%
Junio	738	\$21,310	\$5,753	\$8,801	\$35,864	\$1,802,073	1.99%
Julio	57	\$2,272.0	\$768.0	\$0.0	\$3,040	\$1,055,228	0.22%

Tabla 4.3 Relación del costo de los desperdicios por áreas contra el monto de las ventas mensuales

Actualmente se realizan reuniones diariamente en el área de calidad a la cual asiste un representante de cada área (mantenimiento, ingeniería, producción y calidad) de modo que cuándo se presentan desperdicios por causa de falta de mantenimiento o que no se dejó el molde en las condiciones especificadas, el cargo de éste costo se le hace al departamento de mantenimiento, mientras que si el desperdicio se generó por la capacitación de un nuevo empleado o fallas en el método de trabajo, el cargo se le hace a producción, así mismo, si se trata de fallas de diseño del proceso, de las instrucciones de trabajo o del diseño de las pruebas de calidad, se le carga a ingeniería, siendo los representantes de cada área testigos de que no se le ha hecho

un cargo indebido a su departamento, así mismo ahí se trata de hacer una lluvia de ideas para evitar que dichas fallas sucedan de nuevo en el proceso y así mejorar continuamente.

Después de enfocar la investigación en un área específica de la empresa, el proceso de recubrimiento de espuma, y en un cliente en especial, se recopiló información desde enero a septiembre de 2011, donde a manera de resumen se presenta la tabla 4.4, en donde se pueden observar los principales defectos en los arneses desde fallas estéticas, hasta fallas de funcionamiento.

Defecto	Piezas	Costo
Soporte doblado	1	\$113.52
Soporte faltante	1	\$113.52
Longitud corta	226	\$13,692.18
Cable Dañado	691	\$51,408.47
Cable repetido	1	\$6.75
Circuito repetido	2	\$200.94
Corto circuito	10	\$970.00
Espuma en terminal	1	\$24.16
Junta con cera	1	\$43.69
Junta dañado	5	\$218.45
Junta sin inserto mecánico	2	\$87.38
Insertor mal instalado	6	\$155.68
Guía mal orientada	2	\$43.69
Longitud larga	2	\$29.56
Recubrimiento de espuma incorrecto	1	\$171.16
No continuidad	34	\$3,702.68
No pasa fuga	177	\$6,243.70
Pasador dañado	39	\$1,272.14
Suma	1202	\$78,497.67

Tabla 4.4 Relación de defectos en el periodo de enero a septiembre de 2011

Como se puede observar, se tiene un total de desperdicios por \$78, 497.67 dólares, correspondiente a los distintos arneses que presentan el proceso de recubrimiento de espuma, y analizando dichos datos se puede decir que el 91% de los defectos corresponden a tres causas principales, cable dañado, longitud corta y que no pasa prueba de fuga, como se muestra en la figura 4.4, por lo que el enfoque de la presente investigación es en dichos defectos, y en cómo evitar que sigan presentándose en el proceso.

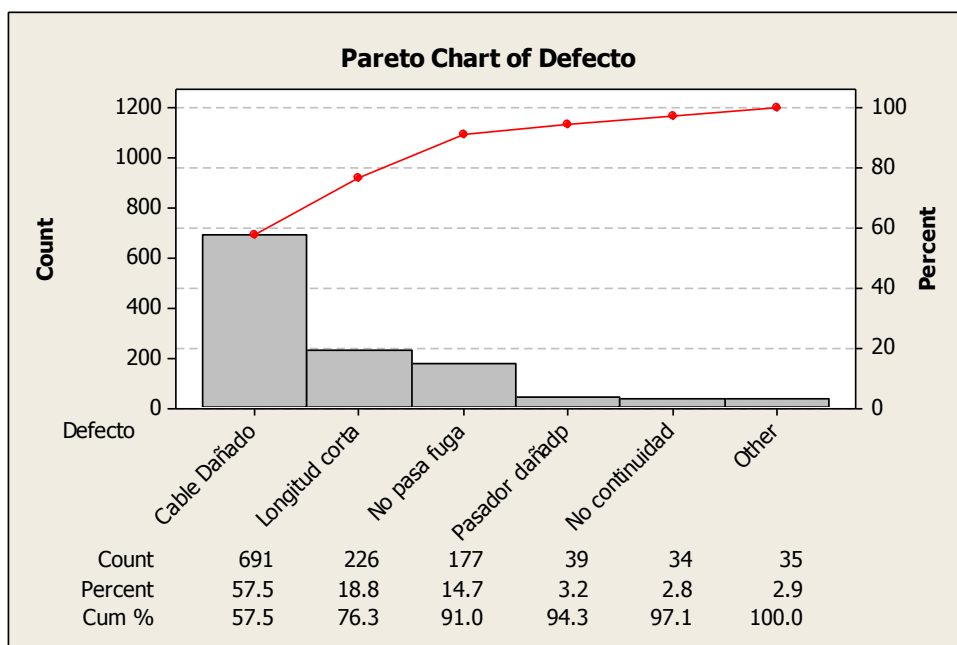


Figura 4.4 Diagrama de Pareto de piezas de producto no conforme de acuerdo al defecto

De acuerdo a los datos correspondientes a los primeros nueve meses del 2011 se puede observar en la tabla 4.5 los defectos presentados de acuerdo al número de arnés y el costo que representó para el departamento. En el Pareto de la figura 4.5 se puede observar que, de acuerdo a la frecuencia con que se presentan los defectos de acuerdo al número de parte, solo el 61.1% del producto no conforme corresponde a los arneses 603, 801 y 103, mientras que en la figura 4.6 el Pareto nos muestra que de acuerdo al costo que representan para el segmento dichos arneses representan el 79.3% del costo total de los desperdicios del proceso, ya que su costo unitario es elevado y además se presentan con una frecuencia mayor que los demás arneses, como se puede ver en las tablas 4.4 y 4.5.

Arnés	Piezas	Costo
401	7	\$ 968.24
300	2	\$ 48.32
401	15	\$ 362.40
900	3	\$ 363.93
605	19	\$ 1,015.36
702	55	\$ 812.90
8801	115	\$ 1,380.00
902	105	\$ 708.75
104	40	\$ 2,786.80
103	226	\$ 21,221.40
603	246	\$ 10,747.74
602	13	\$ 495.69
800	2	\$ 58.70
801	242	\$ 27,471.84
601	2	\$ 132.76
202	17	\$ 2,146.42
203	4	\$ 278.68
300	21	\$ 902.95
6000	1	\$ 16.95
200	22	\$ 974.60
300	12	\$ 2,053.92
Suma	1169	\$ 74,948.35

Tabla 4.5 Defectos por arnés y costo correspondientes al periodo de enero a septiembre de 2011

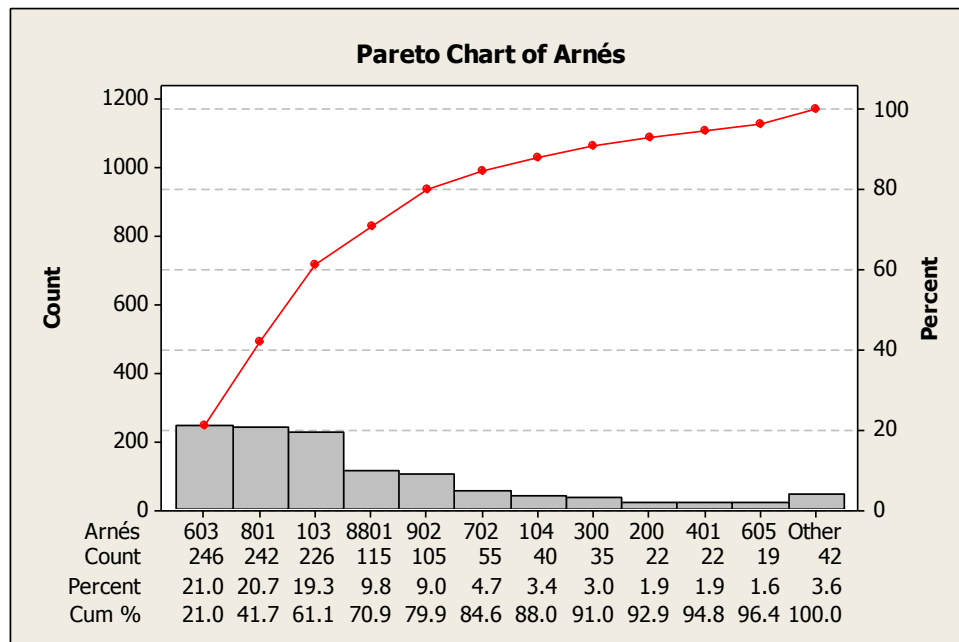


Figura 4.5 Diagrama de Pareto de defectos (piezas) por arnés

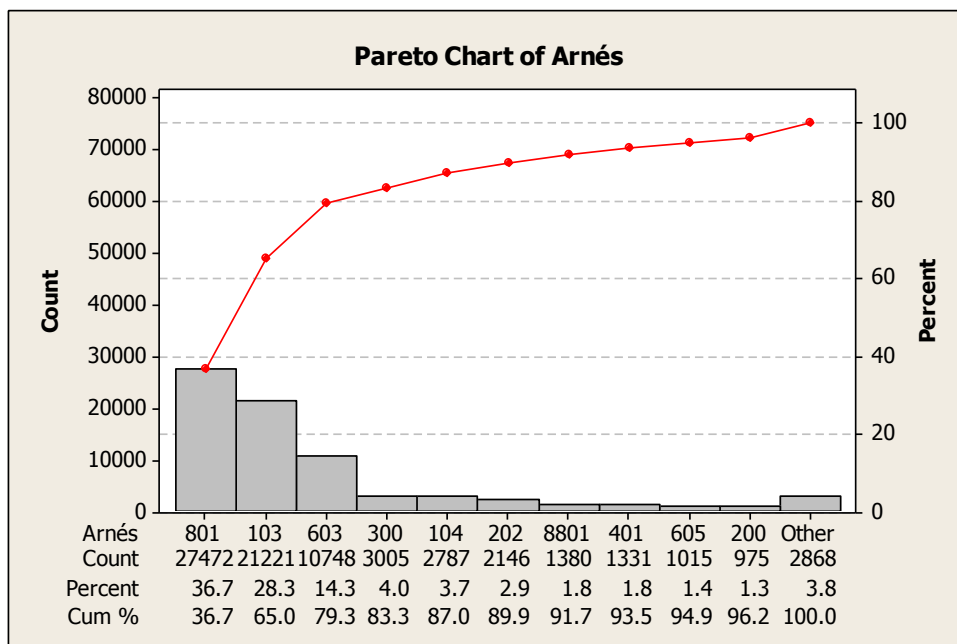


Figura 4.6 Diagrama de Pareto de defectos (costo) por número de parte (arnés)

4.2 Análisis de causa raíz

Después de observar los datos generales del proceso se realizó una reunión con el equipo de calidad del área de recubrimiento de espuma para que, después de compartir con ellos la información analizada y los resultados que ésta arrojó, mediante una lluvia de ideas pensar en las posibles causas que pudieran estarse reflejando en el aumento en la presencia de producto no conforme, es decir la presencia de todo aquél arnés que no pasa prueba eléctrica, de fuga, características estéticas, dimensiones, o cualquier característica especial que el cliente especificó; dando como resultado el siguiente diagrama de Ishikawa (figura 4.7)

Después de detectar los fenómenos que podrían ser la causa raíz del problema, se procedió a analizar a detalle cada uno de ellos, comenzando con la mano de obra, en donde se revisaron los desperdicios generados en el periodo de enero a octubre de 2011, se revisó cada defecto registrado y el operador responsable del defecto, en aquellos casos donde el desperdicio no correspondía a alguna falla de máquina,

procedimiento o ingeniería, sino, que se trataba de un descuido o desapego a los procedimientos por parte del empleado.

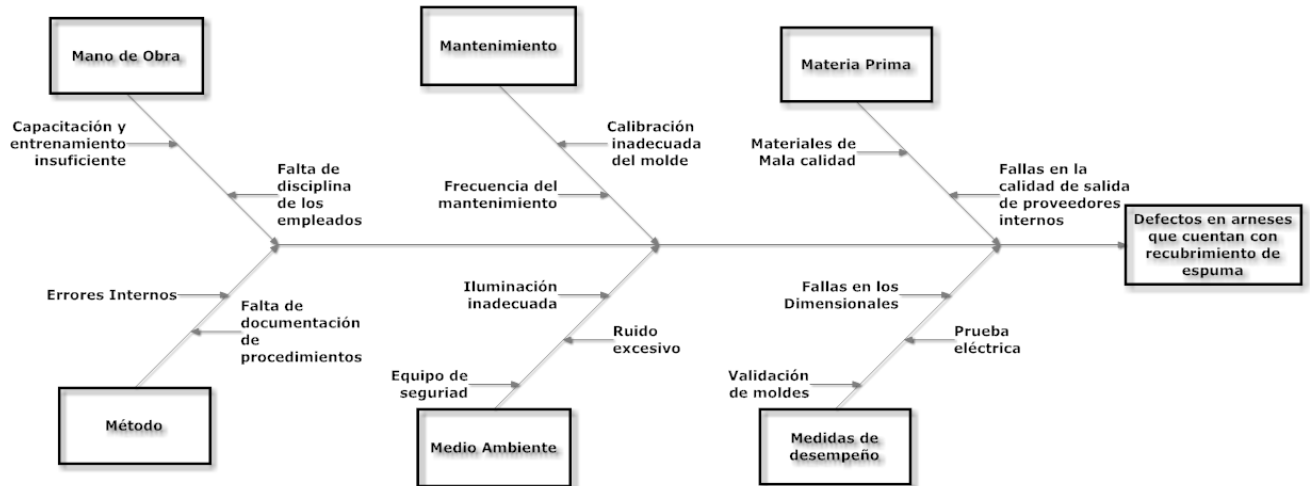


Figura 4.7 Diagrama de Ishikawa de proceso de recubrimiento de espuma

4.2.1 Mano de obra

La habilidad es lo que permite hacer ciertas cosas. La motivación determina lo que se hace. La actitud cuán bien se hace. (Lou Holtz)

Cuando las cosas van mal, el objetivo debería ser alejarnos de tratar de determinar “quién” tuvo la culpa, y rápidamente cambiar la actitud para convertirla a una mentalidad de solución de problemas y “cómo” hacer las cosas mejor. (Thomas, 2011)

Los procesos de una compañía son los cimientos de su ventaja competitiva. Por ejemplo, si su objetivo es ofrecerle un producto o servicios que sus clientes valore, sus procesos deben tener dos atributos básicos: calidad y eficiencia. Donde son esenciales empleados altamente capacitados y con una cultura organizacional de mejora continua. Es importante tener en cuenta que, debido a que cada proceso tiene su propia variación natural y su dinámica, cada uno presenta retos específicos. No es realista tratar de mejorar la calidad persiguiendo las últimas

tendencias y palabras de moda. Ni debe depender de las campañas internas y consignas para una buena de gestión de calidad. Por supuesto, en algunos casos, los empleados mal entrenados pueden contribuir con pobres resultados. Organizaciones que se encuentran en esta situación puede tratar de engañar a los clientes, obteniendo a primera venta, pero el fruto de sus actos vendrá pronto, con clientes insatisfechos, mala publicidad y ventas decrecientes (Collins & Eric, 2012)

Como se puede observar en el gráfico (figura 4.8) hay empleado con un número elevado de defectos, mientras que hay otros con un promedio bajo o que simplemente no permitieron ningún defecto en su estación por algún descuido propio, hay empleados que cuentan con más de treinta defectos en el periodo, así como ciertos empleados que presentaron sesenta defectos en su área de trabajo.

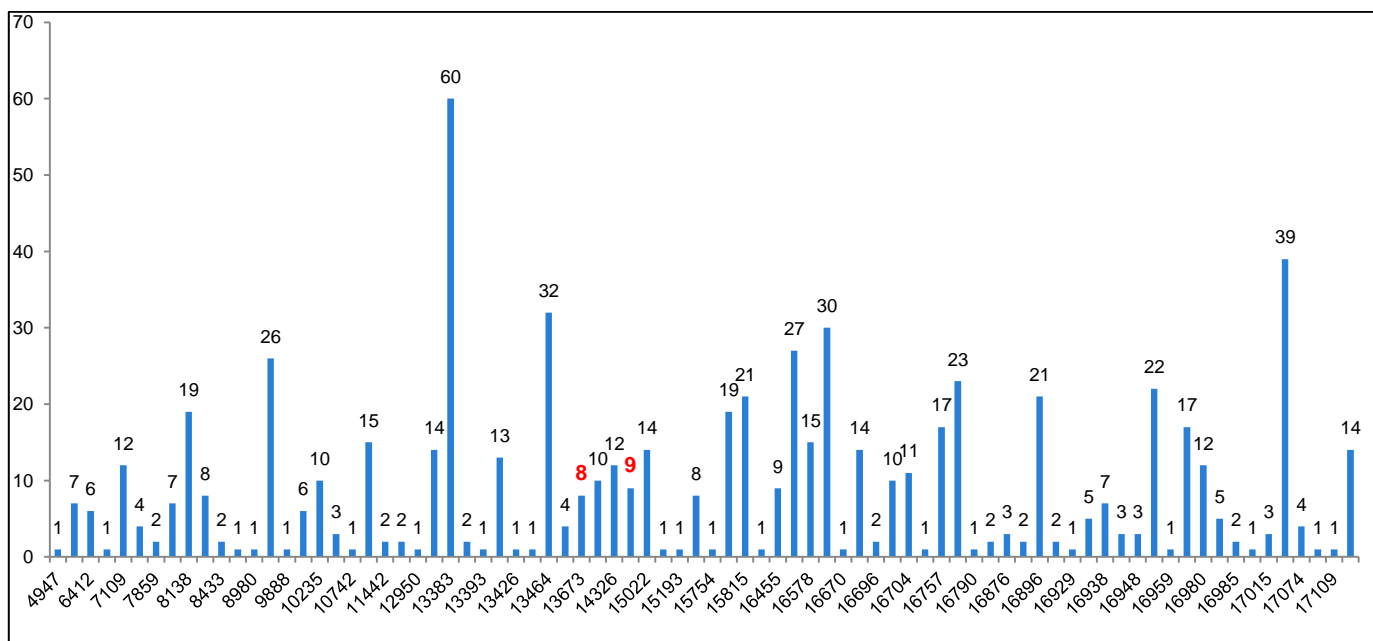


Figura 4.8 Defectos por empleado, periodo enero-octubre 2011

Por el número de empleado se puede tener una idea de la fecha de ingreso del mismo, es decir entre más grande es el número, menos antigüedad tienen la persona

en la empresa, los números de empleado a la fecha, van del 1000 al 18000, así que una persona con un número de identificación alrededor de 17000 tienen menos de seis meses laborando en la empresa y puede ser que sus defectos se presentaron en su periodo de entrenamiento o en algún periodo en que se le estuviera probando en alguna otra operación distinta a la que realiza cotidianamente.

En la figura 4.8 se mostró con rojo a dos empleados, quienes pertenecen al área de recubrimiento de espuma, y como se puede ver, no pertenecen al grupo que se destaca en la producción de defectos en el área, al producir solo ocho y nueve defectos, en el Pareto de la figura 4.9 se puede observar que no hay empleados en el área de recubrimiento de espuma a quienes pueda considerárseles como la causa raíz del problema.

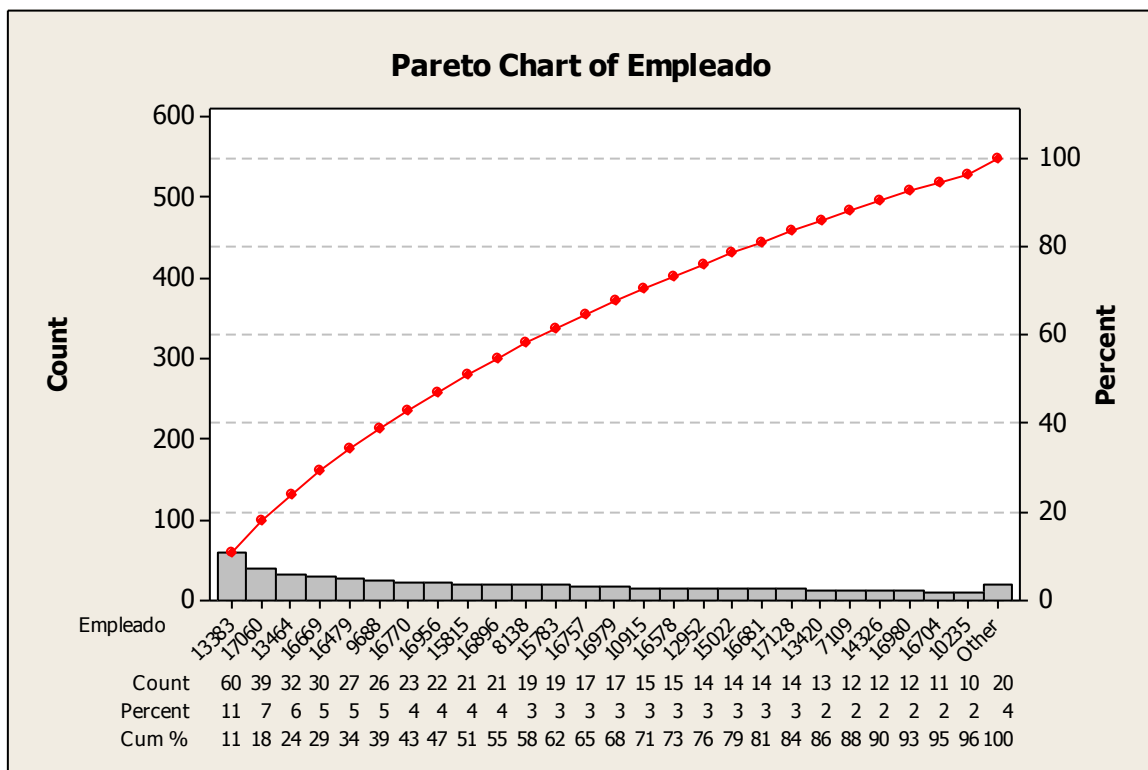


Figura 4.9 Diagrama de Pareto de defectos por número de empleado

La información correspondiente a los empleados que presentan mayor número de defectos se presenta en la tabla 4.6, en la que se puede contrastar contra la información correspondiente a los empleados del área de estudio, donde se puede ver claramente que los empleados con mayor número de errores pertenecen al área de ensamble final (conveyor) es decir áreas anteriores al proceso de recubrimiento de espuma o procesos alternos al mismo, como lo son las áreas de ensamble estacionarias.

Número de Empleado	Área	Defectos
13383	Conveyor 602	60
13464	Conveyor 602	32
16669	Estacionario 506	30
16479	Conveyor 602	27
17060	Conveyor 800	39

Tabla 4.6 Relación de defectos de acuerdo al número de empleado

En cuanto a los empleados que presentaron errores en sus actividades, quienes pertenecían al proceso de recubrimiento de espuma, solamente contribuyeron con diecisiete defectos en el periodo de enero a septiembre (tabla 4.7), por lo que no se le puede atribuir la alta tasa de defectos a errores por parte del personal.

Número de Empleado	Área	Defectos
13673	Recubrimiento de Espuma	8
14883	Recubrimiento de Espuma	9

Tabla 4.7 Relación de defectos de acuerdo al número de empleado (Proceso de recubrimiento de espuma)

En el área la falla correspondiente a cable dañado, se le atribuía principalmente al empleado, ya que el hecho de que alguna parte del arnés quedara atrapado entre las tapas del molde y se dañara se debe, según los encargados del área, a que el empleado coloca mal el arnés dentro del molde desde el inicio de la operación, lo

que abre la puerta a investigar el método de trabajo en el proceso de recubrimiento de espuma. Dicha hipótesis aun no puede ser descartada por completo hasta que sea analizado el método de trabajo del operador del área.

4.2.2 Método

Se debe hacer todo tan sencillo como sea posible, pero no más sencillo. (Albert Einstein)

Una vez que se descartó la idea de pensar que la falta de conocimiento de la operación, irresponsabilidad o falta de compromiso del empleado como causa probable, se comenzó a analizar si el método de trabajo era llevado a cabo de manera correcta por parte de los empleados del proceso de recubrimiento de espuma, es decir, si se apegaban al estándar de la operación.

Primero se analizó cada secuencia de moldeo, es decir, la hoja de operación con la que el empleado cuenta para comprender su operación paso a paso y la que puede consultar en caso de alguna duda, ya que por la naturaleza del proceso, el mismo debe ser llevado paso a paso, es decir, desde limpiar el molde para evitar que restos de espuma del arnés anterior se integren a la nueva pieza, hasta abrir correctamente las tapas del molde para evitar así dañar los cables expuestos o terminales y conectores.

Se decidió observar el proceso en compañía del supervisor del área, mediante una lista de verificación se observó la manera en que el empleado realiza su operación y se contrastó con lo que la hoja de instrucción señala. Debido a que se manufactura una cantidad distinta de cada uno de los arneses analizados, se tomó una muestra distinta para cada uno de ellos, el cálculo del tamaño de muestra fue al 90% de confianza y el 7% de error, dando como resultados la siguiente tabla 4.9:

Arnés	801	603	103
Piezas diarias	240	160	200
Tamaño de muestra	62	55	60

Tabla 4.9 *Tamaño de muestra para observación del proceso de recubrimiento de espuma*

La observación del método de trabajo de los empleados de proceso de recubrimiento de espuma para cada arnés se realizó durante dos días, en el anexo se muestran las tablas de registro de las observaciones del proceso, así como las ayudas visuales que fueron el punto de comparación para saber si el empleado realizaba su operación en la manera correcta.

En las observaciones solamente se detectaron diferencias en cuanto a la operación y lo descrito en la especificación en las fases donde se tenía que colocar el arnés dentro del molde, ya que la hoja de operación de producción dice que el arnés debe colocarse en el molde comenzando, en el caso del arnés 801 por la parte inferior derecha y continuar hasta colocar el arnés completamente dentro del molde asegurando los conectores y terminales en los seguros correspondientes; mientras que el operador, no lo colocó en ese orden en 27% de las veces que realizó la operación, además a la hora de retirar el arnés del molde en 18% de los casos no se retiró con el cuidado debido, ya que en esos casos alguna terminal se llegaba a golpear con el molde.

En el caso del arnés 603 y 103, también se presentaron problemas en las mismas operaciones, colocar el arnés en el molde y retiro del mismo, pero en un menor porcentaje que en el arnés 801, ya que para el número de parte 603 el 20% de las veces se colocó el arnés en un orden distinto, al especificado en la hoja de operación de producción; en cuanto al número de parte 103 solo el 18% acomodaron el arnés en una forma distinta, realizando el resto de las operaciones conforme a las especificaciones del proceso.

Dados los resultados de las observaciones del proceso, se puede decir que la causa raíz de la presencia de defectos en el proceso de recubrimiento de espuma no se debe principalmente al método de trabajo ya que los empleados del área de moldeo se encuentran capacitados para operar en cualquier operación del proceso de recubrimiento de espuma, y conocen bien su operación cotidiana, además como se

observó en el análisis de la mano de obra, los empleados del área no presentan gran frecuencia de errores en los registros de calidad.

4.2.3 Medio ambiente

El crecimiento es un proceso de prueba y error: es una experimentación. Los experimentos fallidos forman parte del proceso en igual medida que el experimento que funciona bien
(Benjamin Franklin)

Una vez que se analizaron los registros por número de empleado y se observó el método de trabajo ambas fueron descartadas como la causa raíz del problema, por lo que el ambiente en la estación de trabajo puede ser la causa raíz, ya que si la iluminación, ruido, temperatura, entre otros factores estuvieran causando efectos en la manera que el operador realiza su actividad; es posible que los empleados del área de moldeo cometieran errores al colocar el arnés dentro del molde, así como también si se presentara cualquier otro factor ambiental como podrían ser ruido o temperatura inadecuada.

Para confirmar dicha hipótesis, se le cuestionó al Coordinador de Seguridad e Higiene de la planta si se habían realizado estudios de iluminación y ruido en el área después de la nueva configuración del proceso, es decir después de que se instalaron los nuevos moldes, a lo respondió que si se habían realizado estudios anualmente en el área, confirmando que los niveles de iluminación y ruido se encuentran dentro de los límites permitidos por los lineamientos presentados en el apartado A.2.1 de la NOM 025-STPS-2008 – Iluminación y el Apartado B.6.3 de la NOM-011-STPS-2001 – ruido (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008)

Debido a las sustancias que se manejan como componentes del recubrimiento, los empleados deben, de manera obligatoria utilizar guantes y máscara para protegerse de inhalar dichas sustancias, las cuales, a largo plazo podrían causar daños a su salud, así como también el uso de guantes de seguridad, ya que el recubrimiento se encuentra a altas temperaturas aunado a que no debe tener contacto directo con la

piel. En la figura 4.10 se muestra el modelo de la máscara utilizada así como los guantes que se utilizan en la operación.



Figura 4.10 Equipo de seguridad en el proceso de recubrimiento de espuma (Archivo)

Para descartar el equipo de seguridad como una causa probable, se aplicó el siguiente cuestionario a los trabajadores que se encuentran en el área de moldeo y de reproceso, dentro del área de recubrimiento de espuma (figura 4.11) con la finalidad de escuchar la voz del empleado y detectar posibles puntos de mejora en la operación.

Medio Ambiente

INSTRUCCIONES: Con el motivo de detectar mejoras en el proceso de recubrimiento de espuma, se le pide, por favor, contestar de manera honesta las siguientes preguntas

- 1.- Seleccione la operación que realiza
 Operador de moldeo Operador de reproceso
- 2.- ¿Cuál es el arnés con el que trabaja?
 801 603 103 Otro

Del 1 al 5 (siendo 1 nunca y 5 siempre) seleccione la frecuencia con que cumple con los siguientes puntos:

3.- ¿Utiliza guantes para la realización de sus actividades?

1	2	3	4	5
Nunca				Siempre

4.- ¿Utilizar guantes afecta de alguna manera el resultado de su actividad?

1	2	3	4	5
Nunca				Siempre

¿Por qué?

5.- ¿Utiliza máscara para la realización de sus actividades?

1	2	3	4	5
Nunca				Siempre

4.- ¿Utilizar máscara afecta de alguna manera el resultado de su actividad?

1	2	3	4	5
Nunca				Siempre

¿Por qué?

Muchas Gracias por su tiempo !!! Que tenga un muy buen día!!

Figura 4.11 Encuesta de medición preliminar de medio ambiente

La encuesta fue aplicada a los empleados del área de recubrimiento de espuma (26 empleados en total, operadores de moldeo y reproceso) en ambos turnos, los resultados generales de la clasificación por puesto y arnés se muestra en la figura 4.12

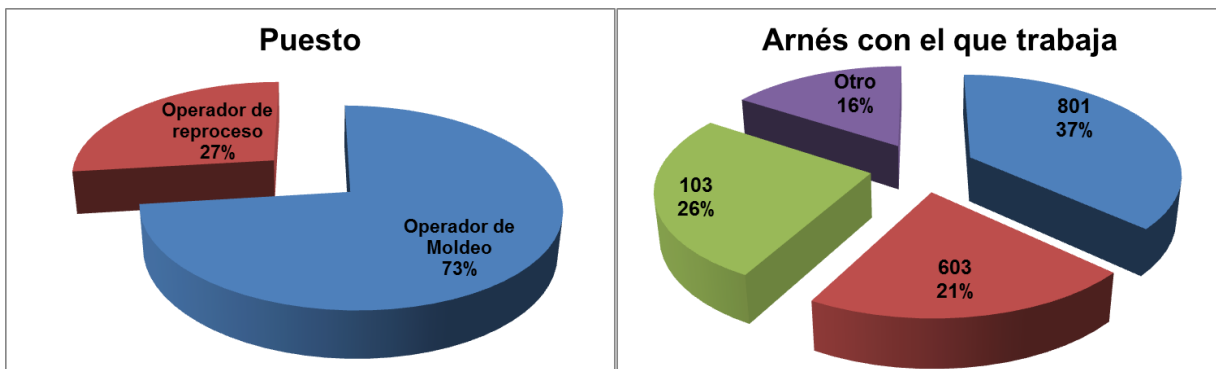


Figura 4.12 Resultados de preguntas filtro

Se separaron los resultados dependiendo del puesto que ocupa el empleado en el proceso, para los empleados de área de moldeo y del área de reproceso, se les pidió que respondiera del 1 al 5 (siendo 1 nunca y 5 siempre) la frecuencia con que cumple con las actividades que se les preguntó en la encuesta; las imágenes 4.13 y 4.14 muestran sus resultados para los operarios de ambas áreas.

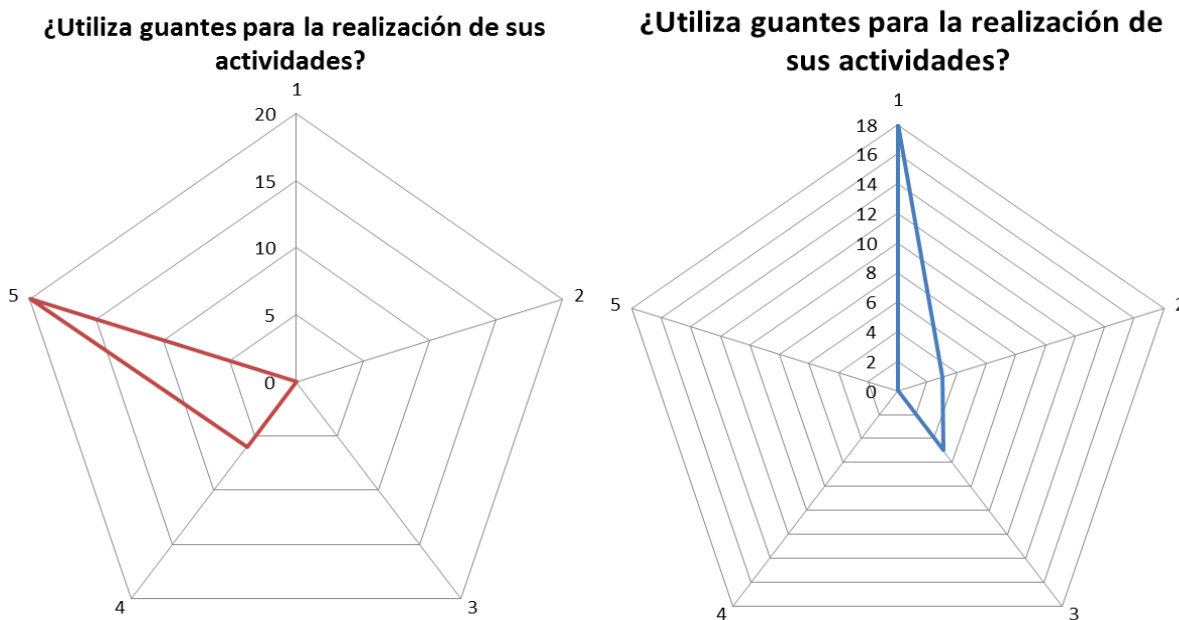


Figura 4.13 Resultados Encuesta de Medio Ambiente (Preguntas 3 y 4)

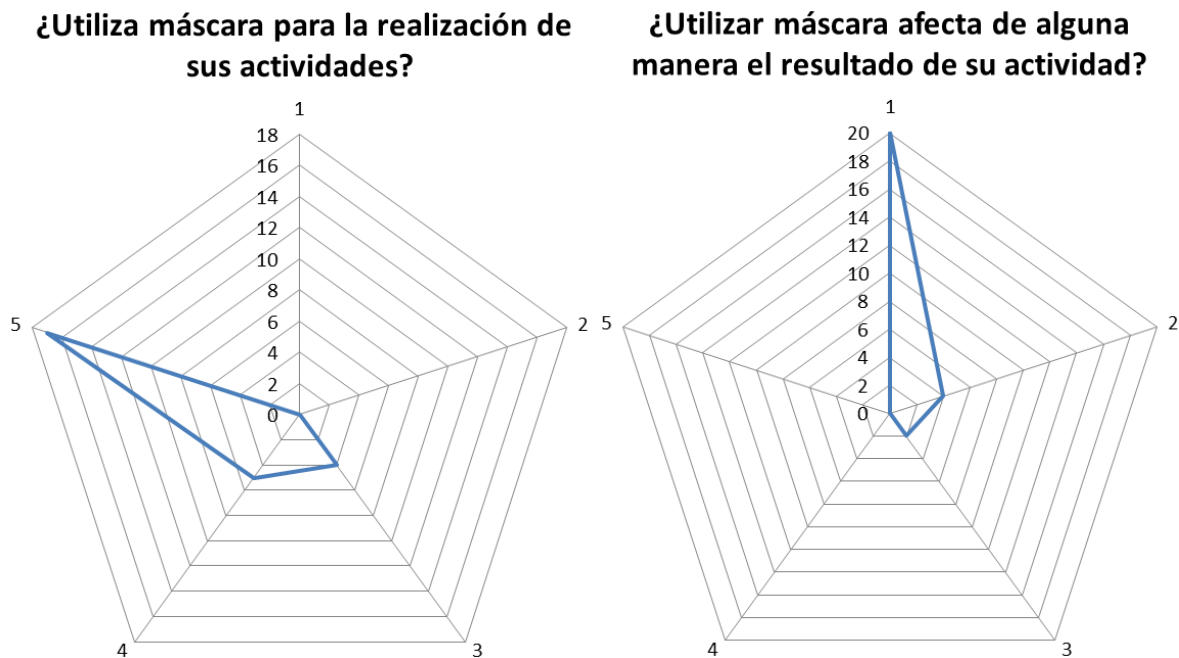


Figura 4.14 Resultados Encuesta de Medio Ambiente (Preguntas 5 y 6)

Como se puede observar, para los operadores del área de moldeo, el uso del equipo de seguridad, no hace una diferencia para el desarrollo de sus actividades, dicha medida de seguridad debería haber sido seguida siempre, pero hasta hace poco se ha dado seguimiento al uso del equipo debido a la toxicidad de las sustancias que se manejan en el proceso, tanto los operadores del área, como toda persona que entre a el área de moldeo debe hacer uso de máscara, pero, como se puede observar en las gráficas, no representan molestia para los operadores el uso de dichos equipos, descartando el medio ambiente como posible causa raíz.

4.2.4 Medidas de desempeño

Si puedes medir aquello de lo que hablas, y si puedes expresarlo mediante un número, entonces puedes pensar que sabes algo; pero si no lo puedes medir, tu conocimiento será pobre e insatisfactorio (William Thomson)

El diseño de ingeniería debe definir el ajuste, el formato y la función de los productos sin que ello suponga una carga abultada sobre los costos de producción. La validación de dimensionales ayuda a los responsables de la toma de decisiones a comprender rápidamente la información sobre medidas de calidad asociadas a las operaciones de diseño y manufactura de la empresa (Siemens Product Lifecycle Management Software Inc, 2012)

El aspecto de medición en el presente proyecto se tomó como medidas de desempeño del proceso observado, para lo que se tomó en cuenta desde la validación de dimensionales y pruebas eléctricas hasta la aplicación de las mismas.

A cada uno de los arneses que pasan a través el proceso de recubrimiento de espuma se les aplica una prueba dimensional antes de que sean introducidos en el molde, dicha prueba debe ser comparada con el plano de la parte correspondiente, para lo cual se cuenta con una mesa de inspección, equipada con una pantalla (figura 4.15) en la que se le muestran las dimensiones de cada uno de los ramales, el operador utiliza un flexómetro para medir dicha extensión del arnés y lo compara contra el plano mostrado en pantalla, si las dimensiones coinciden, dicha pieza puede pasar a la prueba eléctrica y en caso de que pase dicha prueba, al proceso de recubrimiento de espuma, el proceso a seguir para la prueba de dimensiones se muestra en el anexo 1.



Figura 4.15 Mesa de inspección de dimensional (Archivo)

La importancia de la estación de calidad (Revisión de dimensiones) radica en que hay casos en que en la operación de recubrimiento de cinta aislante, los cables pueden quedar doblados entre las cintas, lo que haría que la dimensión final, antes del recubrimiento, fuera más corta de lo que especificado (figura 4.16), por lo que, en caso de que éste defecto no se detectara antes de entrara al área de recubrimiento de espuma, el arnés no cumpliría con su función dentro del automóvil, es decir, no podía conectarse en el mismo, puede ser que funcionara eléctricamente, que haya pasado la prueba eléctrica, pero podría ser de una manera forzada, es decir, porque el operador estiró de mas el arnés para que pudiera entrara en las terminales correctas, dicho arnés es funcional, pero dentro del motor del automóvil, no alcanza a ser conectado correctamente o se encuentra forzado, lo cual no es aceptable por el cliente.



Figura 4.16 Conector con dimensión corta (Archivo)

Si el defecto es detectado antes de que entre al proceso de recubrimiento de espuma, es posible reprocesar el arnés, ya que la cinta se le puede retirar y pasar por el proceso de encintado de nuevo, pero si entra con dimensión corta al molde de recubrimiento, pueden dañarse los cables, ya que no alcanzaría a cerrarse correctamente por lo que sería imposible reprocesar, y dicho arnés sería considerado desperdicio.

Para el caso donde el defecto sea dimensión larga, puede ser que algún cable, durante el encintado se haya salido de su conector, por lo cual en esta ocasión, no pasaría la prueba eléctrica, ya que ahora se presentaría el defecto de no continuidad.

El desempeño del proceso en cuanto a calidad de entrada y de salida, puede ser medido mediante la prueba eléctrica (calidad de salida) y pruebas dimensionales (calidad de entrada), para que esto sea confiable es necesario que los instrumentos de prueba sean confiables, y con esto no solo se habla de la correcta calibración y trazabilidad de los instrumentos de medición como los son los flexómetros, vernier, micrómetros, etcétera, sino que mas que nada la validación de los procesos de inspección de dimensiones y pruebas de eléctricas así mismo, las dimensiones en las mesas de pruebas eléctricas, y sujetadores en los lugares adecuados para una correcta simulación de conectar el arnés en su ubicación final en el automóvil.

En la empresa se cuenta con una hoja de instrucción para la validación de instrumentos de medición y prueba, el mismo se encuentra, más que nada, enfocado a los instrumentos de medición, no tiene nada que ver con cómo asegurar que el patrón contra el que se encuentran comparando la salida del proceso sea el adecuado, es decir, no se tiene un proceso exclusivo para las mesas de dimensionales y pruebas eléctricas, donde se indique de qué manera es posible asegurar, que dichas mesas se encuentran en las condiciones adecuadas para ser utilizadas como patrón de comparación.

Se propuso un diagrama del procedimiento general para validar pruebas dimensionales y pruebas eléctricas, ya que para cada operación sería distinta, debido a las diferencias entre la variedad de arneses que se fabrican en el segmento, pero que en origen pueden seguir el mismo procedimiento para asegurar que se cuenta con un patrón confiable.

El procedimiento propuesto, muestra los pasos generales para asegurar que la información adecuada se encuentra al alcance de quien la necesita a la hora de

determinar si la calidad de salida el proceso es la adecuada, es decir, si se cumple con los requerimientos del cliente. En el anexo 2 se muestra el diagrama que se propuso como ayuda ante ésta situación.

Otra medida de desempeño analizada en el presente proyecto fue la de la validación de los moldes, es decir, el asegurar que los moldes que se están utilizando para el proceso de recubrimiento de espuma se encuentren calibrados correctamente, que no cuenten con ningún tipo de desviación que pudiera provocar que los cables quedaran atrapados entre las placas de los moldes, o que se presenten holguras al momento de cerrar los moldes, lo cual pudiera provocar fugas de recubrimiento. Se propone que se aplique la validación mediante una lista de verificación, después de darle mantenimiento a los moldes para certificar que se encuentra con un mantenimiento de calidad que asegurará la calibración adecuada de los moldes (utilizar como guía la lista de verificación de liberación de tableros), en el anexo 3 se muestra un diagrama de procedimiento para liberación de un nuevo molde instalado en el proceso de recubrimiento de espuma y la lista de verificación de liberación de tableros.

Como prueba final dentro de la planta, se utilizan tableros de prueba eléctrica diseñados específicamente para cada arnés, dichos tableros se utilizan para probar la integridad eléctrica y la funcionalidad de cada uno de los arneses producidos, garantizando así un producto sin problemas eléctricos, que satisfaga plenamente los requisitos del cliente.

Por medio de este se efectúan una serie de pruebas eléctricas: que exista continuidad en los circuitos del arnés, detecta cortos circuitos, circuitos invertidos u omitidos, puede detectar la presencia de todos los componentes del conector (candados, empaques, clips, seguros, entre otros), garantizando así, que no habrá ninguna falla en el funcionamiento del arnés. El procedimiento general de la estación de calidad se muestra en la figura 4.17.

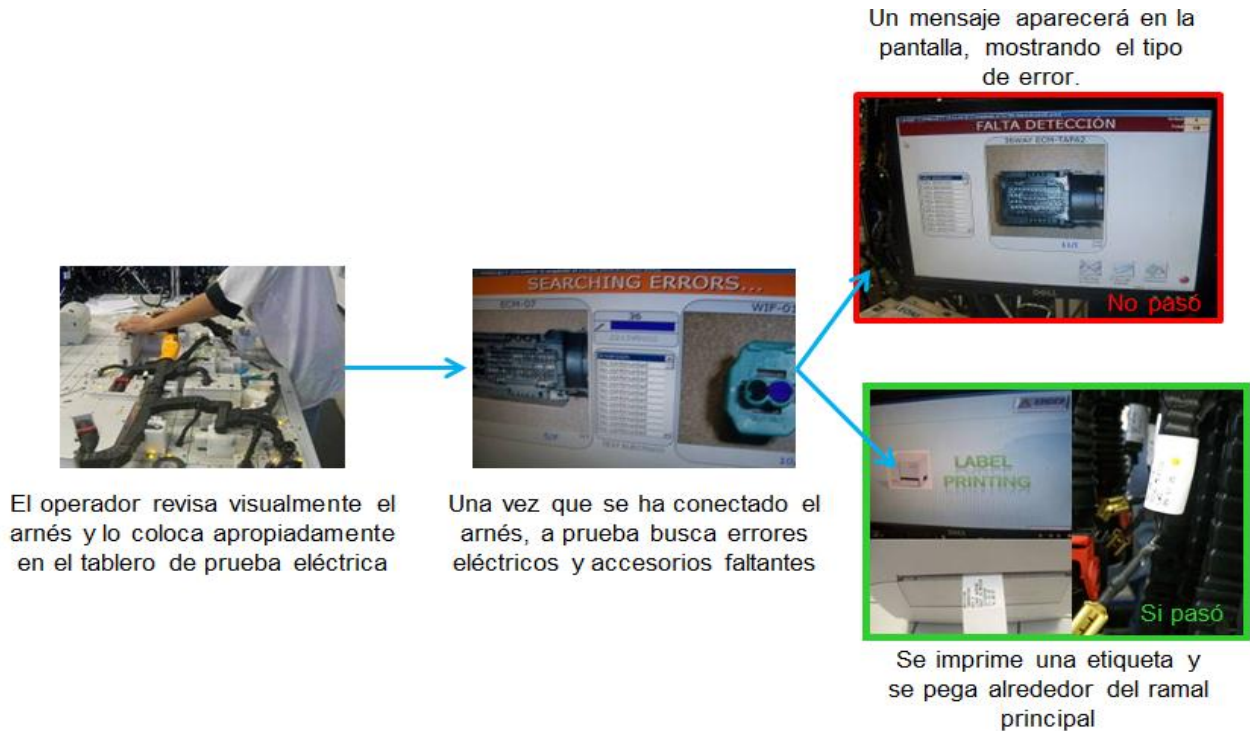


Figura 4.17 Proceso de prueba eléctrica (ilustrado)

El procedimiento de prueba eléctrica se muestra detalladamente en el diagrama propuesto para la operación (Anexo 4). En la empresa se cuenta con la instrucción de trabajo detallada para cada tipo de arnés, pero no con un diagrama que sirva como guía para la realización de nuevas hojas de instrucción.

Para que el proceso sea exitoso se debe tener extremo cuidado al manejar conectores y terminales, de modo que no se dañen durante la prueba o que la misma nos dé un falso resultado en el caso de que no se haya conectado correctamente alguna terminal y dicho arnés termine como desperdicio, para lo cual en el tablero se encuentra impreso el arnés para ayudar visualmente al inspector de calidad a colocarlo en una posición adecuada, de modo que, como se muestra en la figura 4.18 cada terminal se encuentra debidamente etiquetada para evitar invertirlas durante la prueba.

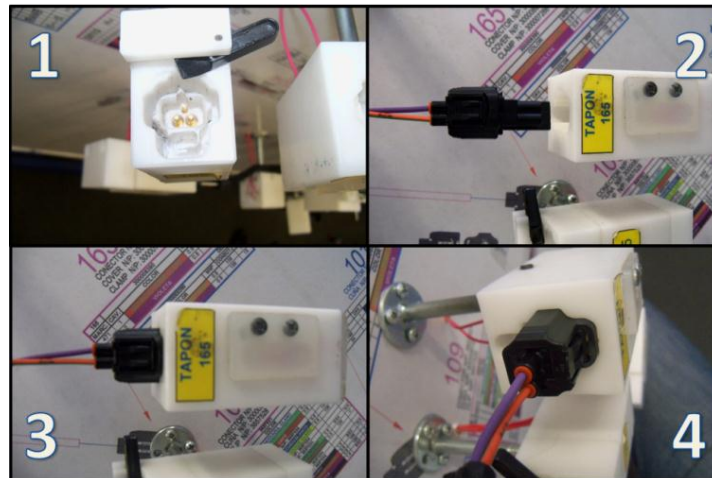


Figura 4.18 Colocación correcta de conectores en tapones de prueba eléctrica (Archivo)

La inspección de prueba eléctrica se realiza antes y después de que el arnés se recubierto con espuma, ya que puede ser que durante el proceso de moldeo se pudo haber dañado la pieza por diversos motivos, en la mesa de inspección también se verifica que se cuente con la estética adecuada así como también con todos los accesorios finales y en caso de que el arnés pase la prueba se etiqueta y envía a embarques. En la figura 4.19 se muestra como se encienden las luces en el tablero que indicando el orden en que deben ser conectados los ramales, dicha prueba verifica que haya continuidad en el arnés, además de que se está verificando que las dimensiones no hayan quedado forzadas.



Figura 4.19 Arnés conectado en prueba eléctrica y dimensional (Archivo)

En el caso del tablero que se encuentra en posición vertical (figura 4.20) la pantalla superior indica que no hay ningún problema con, y como se puede observar es una

arnés que ya tiene recubrimiento de espuma y se encuentra listo para ser etiquetado y enviado a empaque.



Figura 4.20 Arnés que pasó prueba eléctrica y dimensional (Archivo)

Algunos de los defectos que pueden ser detectados durante la inspección de prueba eléctrica son:

- Falta de accesorios (componentes)
- Cables invertidos o terminales invertidas en uno o varios ramales
- No continuidad
- Falta de terminales
- Cables cambiados de posición
- Entre otros

Todos estos defectos son presentados en la pantalla del tablero de prueba, para que se etiquete debidamente el arnés y se envíe al área de reproceso, en el caso de que pueda corregirse la falla o en caso de que no se pueda enviarse a desperdicios. Como se puede observar, es una actividad clave para el funcionamiento del proceso por lo que se debe tener la confianza de que, dichos tableros se encuentran correctamente calibrados para revisar tanto continuidad, falta de accesorios,

dimensiones, entre muchas otras características que son críticas. Por estos motivos, los tableros de prueba eléctrica deben ser validados, como se muestra en el anexo 5.

Después de observar el proceso mediante el cual los empleados realizaban las pruebas dimensionales y eléctricas, se puede decir que los errores detectados en las mismas fueron corroborados por el área de reproceso, y efectivamente no cumplían con las especificaciones de calidad que el cliente requiere, por lo que no se pueden tomar las medidas de desempeño como una causa raíz del problema analizado.

4.2.5 Materia Prima

La vida es pura materia prima. Nosotros, los artesanos, podemos esculpir nuestra existencia en algo maravilloso o en todo lo contrario. En nuestras manos está. (Cathy Better)

La materia prima que entra al proceso de recubrimiento de espuma es revisada al 100%, ya que antes de que sea recibida en el área, se le aplica la prueba dimensional para asegurarse de que no se cometieron errores en los procesos anteriores.

Una de las actividades clave de los procesos que preceden al recubrimiento, es la aplicación de cinta aislante alrededor de los cables, ya que si el arnés está mal acomodado, los cables podrían quedar doblados, algo que sería muy extraño, ya que para que se le coloque la cinta, los arneses éstos se encuentran colocados sobre un plano en dimensiones reales del arnés (tableros) con sujetadores en cada conector que hacen que la pieza quede estirada ni forzada como se muestra en la figura 4.21.



Figura 4.21 Arnés electrónico en tablero para colocación de cinta y accesorios (Archivo)

Así mismo todos los arneses son probados eléctricamente de modo que ningún arnés defectuosos entre a los moldes, ya que antes de la colocación del recubrimiento de espuma, las piezas pueden reprocesarse fácilmente, en cambio, después del mismo, si la pieza tiene defectos se manda directamente a desperdicios, solo en el caso de defectos como burbujas o flash, que pueden ser reparados sin dañar internamente el arnés se llevan a cabo.

Como se observó anteriormente los defectos principales en el área de recubrimiento de espuma son la longitud corta, cables dañados y no pasa prueba de fuga, por lo que pueden considerarse todos como consecuencia del proceso, ya que al arnés se le revisan sus dimensiones antes de entrar al área, así mismo su continuidad, y en cuanto a las fugas, son efectos de una mala aplicación del recubrimiento.

4.2.6 Mantenimiento

El error es un arma que acaba siempre por dispararse contra el que la emplea (Concepción Arenal)

Se recabaron los datos del proceso correspondientes a los meses de enero a noviembre del 2011, después de organizarlos en una sola lista, se filtraron por fecha para poder saber a qué día de la semana se refería, y así poder crear una tabla de doble entrada en donde se pudieran relacionar los defectos producidos en el área, de acuerdo a su número de parte y el día de la semana en que se capturó el defecto.

El resultado de filtrar toda ésta información por día de la semana se muestra en la tabla 4.10, que ayudó para generar la figura 4.22, que nos muestra la forma en que según avanza la semana la presencia de producto no conforme aumenta, nos ayuda a identificar los picos en la producción de defectuosos, como se puede observar, el más alto nivel se produce los días lunes y martes, es importante en ésta parte remarcar que las fechas que se manejan en los reportes son las de captura, no la de producción del defecto, por lo que los defectos que aparecen como día lunes se

refieren al día jueves, los que aparecen como día martes se produjeron un viernes, lo que guía a investigar ¿qué pasa con los moldes durante la semana?

Ensamble	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
4401	3	1	2	3	2	1	0
300	0	0	2	0	0	0	0
401	3	1	1	1	8	1	0
900	0	0	1	1	1	0	0
605	2	4	1	3	8	1	0
702	9	13	1	5	25	2	0
8801	13	55	11	24	9	2	1
901	4	79	2	9	9	2	0
104	5	7	10	1	13	4	0
103	36	43	42	54	42	7	2
603	41	92	27	42	38	3	3
602	0	6	1	2	4	0	0
800	0	0	0	0	2	0	0
801	22	32	87	31	58	9	3
601	0	0	1	1	0	0	0
202	2	5	4	0	4	2	0
203	2	0	2	0	0	0	0
3300	6	6	2	4	3	0	0
6000	0	0	0	1	0	0	0
200	0	7	6	6	3	0	0
300	1	1	3	3	4	0	0

Tabla 4.10 Frecuencia de defectos por número de parte y día de la semana

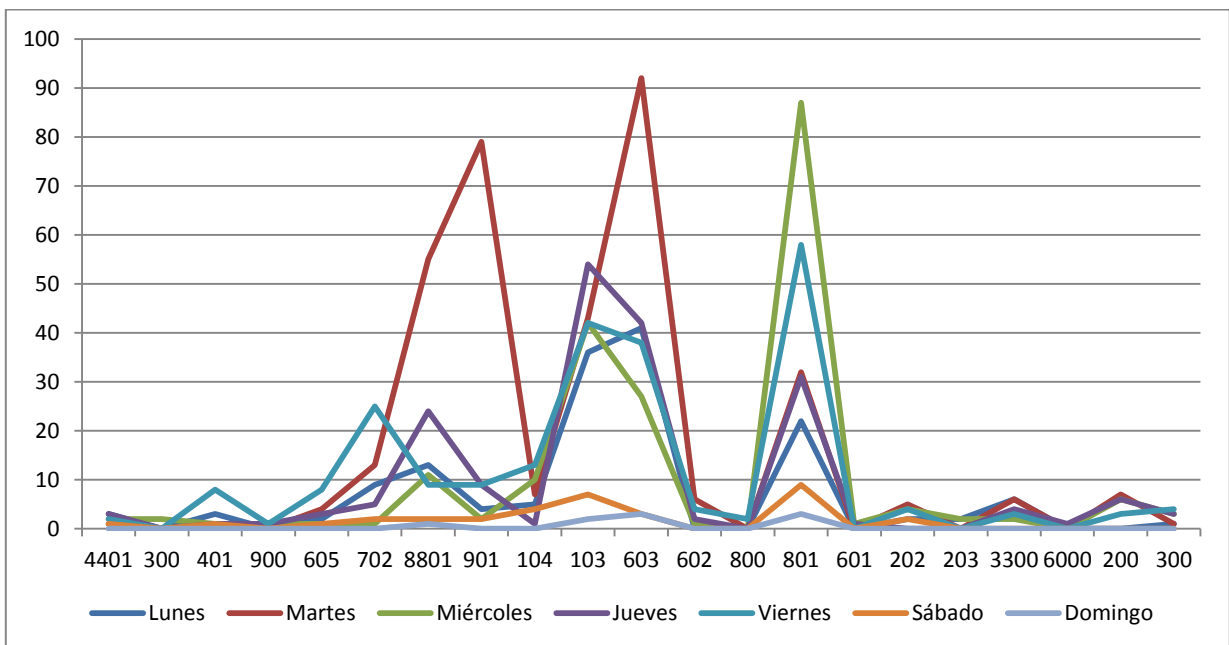


Figura 4.22 Grafico de frecuencia de defectos por número de parte y día de la semana

Después de observar el comportamiento del gráfico se decidió resumir su información tomando solamente los cinco arneses que presentaban mayor número de defectos, seleccionando así los ensambles 801, 603, 103, 8801 y 104, en la tabla 4.11 se puede observar la información referente a dichos números de parte, así como se puede observar en la figura 4.23 de una manera más marcada la diferencia en cuanto a la defectos en los arneses que se presentan con mayor frecuencia, donde el día martes, que corresponde a las piezas no conformes que se presentaron el día viernes, sigue mostrándose por arriba de los demás días seguido por el día lunes.

Ensamble	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
8801	13	55	11	24	9	2	1
104	5	7	10	1	13	4	0
103	36	43	42	54	42	7	2
603	41	92	27	42	38	3	3
801	22	32	87	31	58	9	3

Tabla 4.11 Arnese con más frecuencia de defectos contra día de la semana

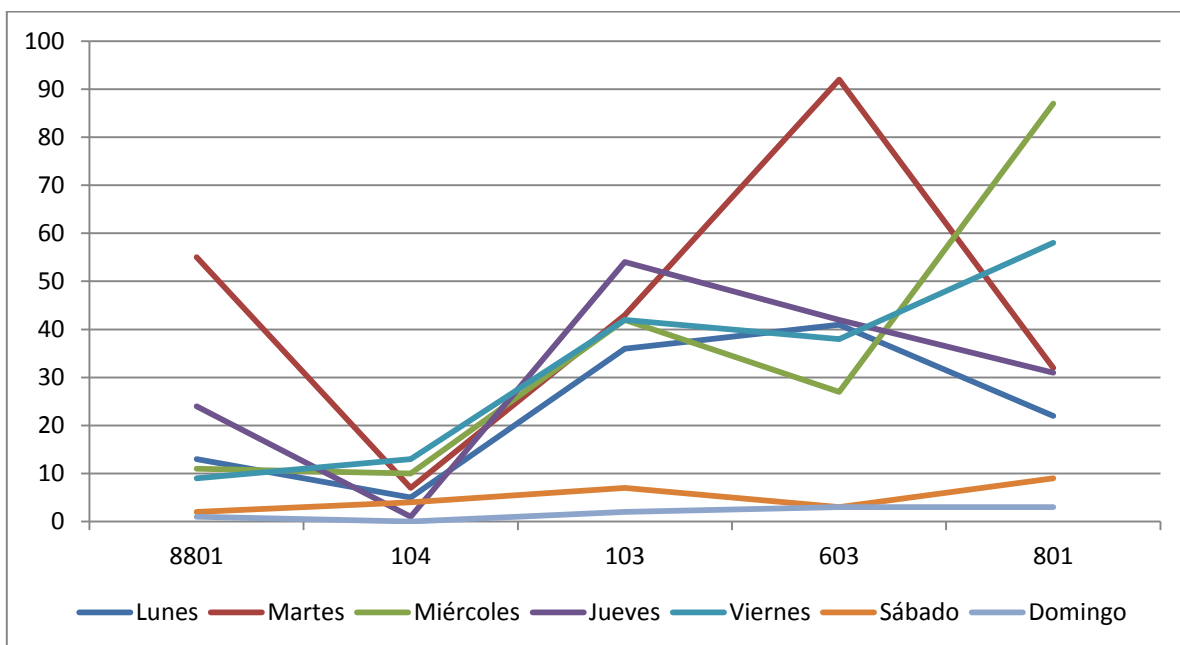


Figura 4.23 Arnese con más frecuencia de defectos contra día de la semana (Top Five)

Con la ayuda de MiniTab, se realizó una prueba de independencia para las variables “Día de la semana” y “Ensamble” para saber si se encontraban relacionadas y en caso de que así fuera, analizar más a fondo los datos correspondientes al mantenimiento de los moldes. Mediante la prueba chi-cuadrada se obtuvo el valor de p el cual se comparó con el margen de error de $\alpha=0.05$ para rechazar la hipótesis nula en caso de que el valor de p fuera mayor a 0.05, para ello se establecieron la hipótesis nula (H_0) que indica que las dos variables son independientes, y la hipótesis alternativa (H_a) que por el contrario señala que las dos variables son dependientes.

Relacionando éstas variables, con un nivel de significancia de 0.05 se pudo concluir que existe evidencia estadística suficiente para decir que los defectos presentes en cada tipo de arnés varían de acuerdo al día de la semana. Los resultados del MiniTab se muestran en la figura 4.24

Chi-Square Test: 8801, 103, 104, 603, 801

Expected counts are printed below observed counts

Chi-Square contributions are printed below expected counts

	8801	103	104	603	801	Total								
1	13	5	36	41	22	117	5	9	13	42	38	58	160	
	15.58	5.84	30.19	33.39	32.00			21.31	7.99	41.28	45.66	43.76		
	0.428	0.122	1.119	1.735	3.124			7.109	3.141	0.012	1.285	4.636		
2	55	7	43	92	32	229	Total	112	42	217	240	230	841	
	30.50	11.44	59.09	65.35	62.63		Chi-Sq = 131.683, DF = 16, P-Value = 0.000							
	19.687	1.721	4.380	10.867	14.978									
3	11	10	42	27	87	177								
	23.57	8.84	45.67	50.51	48.41									
	6.705	0.152	0.295	10.944	30.769									
4	24	7	54	42	31	158								
	21.04	7.89	40.77	45.09	43.21									
	0.416	0.101	4.295	0.212	3.450									

Figura 4.24 Resultados prueba de independencia con MiniTab para los defectos de acuerdo al tipo de arnés y el día de la semana

El área de recubrimiento de espuma trabaja tres turnos de ocho horas, por lo que no hay tiempo de lunes a viernes para poder darle mantenimiento a los moldes, y en

éste periodo, mediante el uso constante que se les da, se llega a perder la calibración correcta para cada arnés, es decir, con el uso del molde éste va perdiendo la posición ideal para que el arnés quede justo en el centro del espacio asignado para él, y puede llegar a atrapar algún cable entre ellos, lo que provoca problemas de cable dañado, así como también, un recubrimiento de espuma deficiente que provoque que el arnés no pase la prueba de fuga, así mismo, problemas de longitud corta debido a que si el molde no se encuentra en la posición correcta, el arnés puede quedar mal acomodado dentro de él, lo que provocaría que, al terminar de aplicar la espuma en la pieza, los conectores no alcancen a llegar a su destino o queden forzados.

Actualmente el mantenimiento de los moldes se realiza solamente los días sábados, en caso de que no se trabaje ése día, y si lo si los moldes no paran el fin de semana, el mantenimiento se realiza durante el segundo turno del domingo . Se requieren tres horas de mantenimiento completar los moldes que se utilizan para los arneses 801, 603 y 103, solo se necesita a una persona del área de mantenimiento para realizarlo, setenta minutos para los tres moldes correspondiente al arnés 801, y tres cuartos de hora para cada uno de los ramales de los arneses 603 y menos de una hora para los correspondientes al 103.

Se realizó un estudio de factibilidad, contrastando la situación actual contra una situación alternativa donde se le da mantenimiento con más frecuencia a los equipos, pero durante la semana, cuando éstos se encuentran en funcionamiento, deteniendo la línea el tiempo que sea necesario, para así contrastar las pérdidas de tiempo contra las pérdidas por desperdicio generadas en el área. Para la realización de dicho estudio de factibilidad se siguieron los pasos mostrados en la figura 4.25

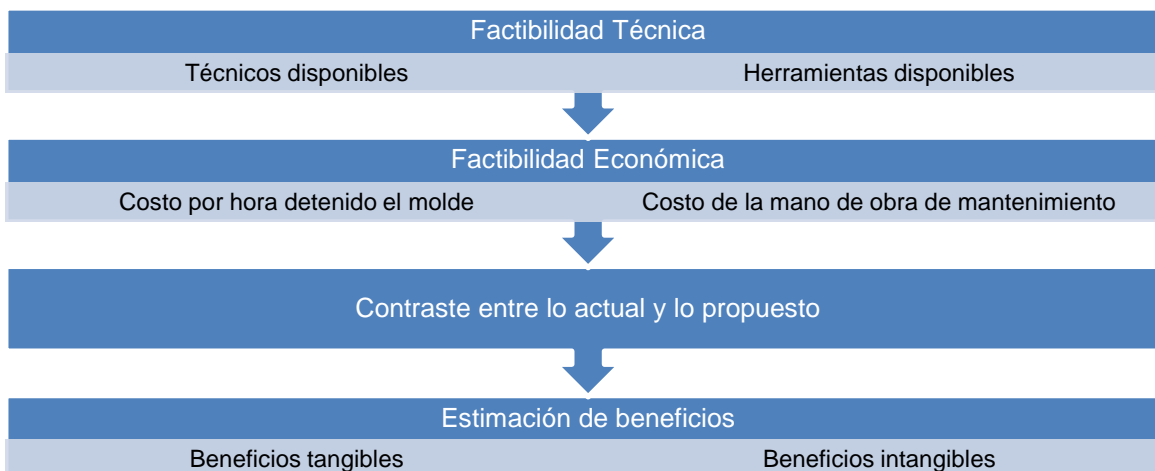


Figura 4.25 Pasos para la realización del estudio de factibilidad correspondiente al mantenimiento de los moldes del área de recubrimiento de espuma

1. Factibilidad Técnica

En el área de mantenimiento, se les capacita a los técnicos para que puedan realizar varias tareas, desde configuración de tableros hasta mantenimiento de maquinaria especializada, tanto correctivo como preventivo, hay personal en el área de tableros que en el momento que se le llame de algún proceso está listo para revisar alguna máquina que presente problemas, por lo tanto se cuenta con la fuerza de trabajo necesaria para realizar mantenimiento a los moldes una vez mas entre semana, aunque ya se cuenta con técnicos de mantenimiento especializados en el cuidar de los equipos del área de moldeo, quienes le dan mantenimiento semanal actualmente, y el resto de la semana se encargan de diversas tareas en la planta, ya que de lunes a viernes todas las estaciones se encuentran trabajando en horario de siete a dos de la mañana.

En caso de que la falla no pudiera ser reparada por alguno de los técnicos de mantenimiento, ni por los técnicos moldeo, se llamaba a un proveedor externo, quien les daba el servicio, pero la línea se mantenía detenida para ése tipo especial de arnés hasta que la falla quedaba corregida. Así mismo, se llama a ésta empresa cuando se adquiere un nuevo equipo, para que se calibre en cuanto a las

especificaciones del cliente y evitar desperdicios en el tiempo en que se estabiliza la producción que pasa por el nuevo molde.

También se cuenta con las herramientas necesarias para la realización de dicho mantenimiento, ya que son herramientas de uso cotidiano para los técnicos, en específico, los elementos indispensables para poder darle mantenimiento al molde son:

- Sistemas de llaves de tuerca hexagonal
- Tanque de limpieza (líquido)
- Toallas limpias
- Aire comprimido, filtrado y a presión
- Linterna
- Un sistema de pulido fino para quitar las rebabas o rasguños de las placas, rellenos del molde
- Grasa de uso múltiple
- Cinta aislante. Para proteger todas las esquinas, bordes en las cavidades y en

El mantenimiento que se le da a los moldes el fin de semana, consiste en la aplicación de un ácido de modo que se desprendan las impurezas que fueron imposibles de retirar manualmente ni con aire a presión, se deja actuar el líquido por unos minutos para que el recubrimiento se retire sin dañar el molde, después se aplica resina para rellenar las partes dañadas y evitar que se presenten fugas por exceso de plástico que después tienen que ser retrabajadas, así mismo evitar que queden burbujas que traigan como consecuencia fugas de aceite una vez que el arnés se encuentre instalado en el automóvil.

2. Factibilidad Económica

El costo de mantener detenido un molde en el tiempo que se le da mantenimiento varía de acuerdo al arnés (tabla 4.12), ya que hay varios que requieren pasar por

uno, dos o tres moldes distintos para completar su recubrimiento, así mismo depende de las piezas generadas por hora y el costo de cada pieza.

Arnés	Tiempo de Mantenimiento (hr)	Moldes	Piezas por horas	Costo por arnés	Piezas detenidas por mantenimiento	Costo
801	1.20	3	10	\$ 113.52	12.0	\$ 1,362.24
603	0.75	1	7	\$ 43.69	5.0	\$ 218.45
103	1.08	2	8	\$ 69.67	9.0	\$ 628.97
Total					26	\$ 2,209.66

Tabla 4.12 Costo semanal de detener la línea de producción para dar mantenimiento a los moldes del área de recubrimiento de espuma

La línea de recubrimiento de espuma cuenta con inventario de seguridad para cada tipo de arnés, para asegurar el cumplimiento de los pedidos del cliente, dicho inventario de seguridad consiste en alrededor del 7% de la producción de cada arnés, en la tabla 4.13 se muestra las piezas de inventario para cada tipo de arnés.

Arnés	Piezas detenidas por mantenimiento	Inventario de Seguridad		% de la producción diaria
		Piezas	Producción Diaria	
801	12	17	240	7%
603	5	11	160	7%
103	9	14	200	7%
Total		42	600	

Tabla 4.13 Inventario de seguridad para los arneses 801, 103 y 603, arneses listos para accesorios y empaque

3. Contraste entre las condiciones actuales y la propuesta

Como se puede observar en la figura 4.27 las piezas que se tienen contempladas actualmente como inventario de seguridad puede amortiguar el impacto de realizar el mantenimiento dentro del horario de trabajo una vez mas entre semana, aún se puede cumplir con los requerimientos del cliente, con holgura, si se hacen éstos pequeños cambios.

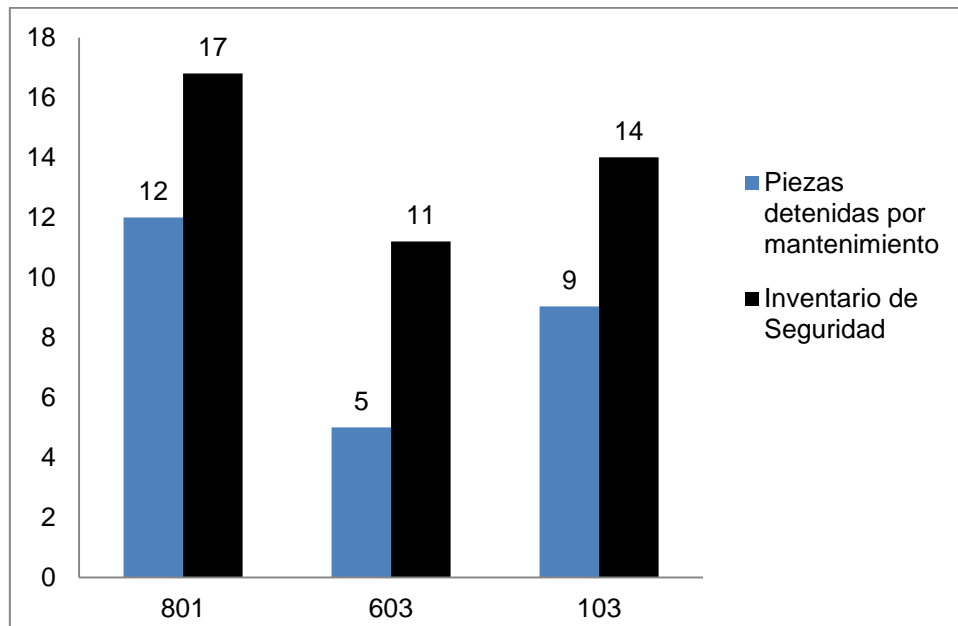


Figura 4.27 Gráfico comparativo de inventario de seguridad sugerido contra piezas detenidas por mantenimiento de los moldes

4. Estimación de beneficios

Tangibles

- Uno de los posibles beneficios de realizar el mantenimiento dos veces por semana es, que daría mayor tiempo con los moldes en estado óptimo para producir, lo que se puede traducir en menos defectos en el área, ya que según los análisis previos, se pudo observar que el mayor número de defectos se presentaba los días en que se aproximaba el mantenimiento.

Intangibles

- Mejorar los resultados de la operación de recubrimiento de espuma fomentando la filosofía de hacer las cosas bien a la primera, aumentando la productividad del personal que labora en el área.

- Mejor y más efectivo empleo de los recursos de la empresa, de modo que se ahorren los recursos que se están perdiendo por concepto de desperdicio y reproceso.
- En general ahorros en los costos de producción, ya que con los recursos que se encuentran instalados en la empresa, los materiales que se utilizan cotidianamente, las herramientas del área de mantenimiento y los técnicos que se encuentran ya dentro de la nómina de la empresa, será posible generar disminución en los desperdicios del proceso de recubrimiento de espuma.

En toda compañía, a pesar de que las situaciones de emergencia siempre se producen, un mantenimiento programado reduce drásticamente tanto la ocurrencia como el costo de estos eventos fortuitos.

4.3 Análisis de resultados

Después de analizar las posibles causas, se ahondó en el análisis de los defectos principales, utilizando la técnica de los cinco ¿Por qué? Se llegó a la conclusión de que no se contaba con un AMEF detallado para las posibles fallas en el proceso de recubrimiento de espuma, además de pensar en la forma de detectar dichos defectos antes de que se presenten y las razones por las que no se detectaron antes.

Al analizar los tres defectos principales (Cable dañado, longitud corta y no pasa prueba de fuga) por medio de la técnica de los cinco por qué, se llegó al mantenimiento como causa raíz de los tres, algo que ya habíamos detectado anteriormente al analizar los datos del proceso. En el anexo 6 se muestra el análisis del defecto cable dañado, donde además se detectaron fallas para reprocesar los arneses que cumplan con dicha falla.

Al realizar el análisis correspondiente a longitud corta (anexo 7) además del problema de mantenimiento detectado antes, también se observó que deben

incluirse más seguros en los moldes de modo que se asegure que la pieza queda acomodada correctamente dentro del molde y no queda doblada de ninguno de sus ramales, para asegurar que se pueda conectar correctamente en el motor del automóvil, lo cual se puede verificar mediante la prueba de dimensiones final.

En cuanto a la falla correspondiente a los arneses que no pasaron la prueba de fuga (anexo 9) , se detectó que se necesita una ayuda visual más específica para detectar la falla antes de que pase al siguiente molde, en el caso del arnés 801, ya que el recubrimiento de espuma que se coloca alrededor de los conectores, ayuda a que se eviten fugas de aceite en el motor, se debe señalar en las hojas de operación cuándo se tiene un recubrimiento lo suficientemente bueno para cubrir las entradas al motor.

Además la presentación de los diagramas para la técnica de los cinco ¿por qué? Se le adjuntó el AMEF para cada uno de los defectos principales, el cual se elaboró con apoyo del ingeniero y el técnico de calidad del área de estudio. Dichos AMEF se ubican en la sección de Anexos con el número 10, 11 y 12.

5. CONCLUSIONES

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado. Un esfuerzo total es una victoria completa” (Mahatma Gandhi)

Como se pudo observar a lo largo del análisis de causa raíz correspondiente al proceso de recubrimiento de espuma, existe oportunidad de mejora en toda el área, no quiere decir que en el departamento no haya control de la calidad, sino que solamente se toma nota de los defectos presentados, cuándo pasó, quién es el responsable y qué fue lo que pasó. Lo importante es que actualmente en la compañía no se le hace un análisis profundo a los datos generados.

5.1 Conclusiones Generales

Se analizaron las posibles causas generales para poder encontrar la causa raíz, las cuales fueron, materia prima, mano de obra, método de trabajo, medio ambiente, mantenimiento, y medidas de desempeño del proceso, (figura 5.1) detectando en cada etapa puntos clave que podrían ayudar a mejorar el proceso actual.

Después de analizar por separado cada una de las posibles causas, se detectó que el mantenimiento de los moldes influía en la calidad de los arneses que requieren de un recubrimiento de espuma, ya que solamente se le da mantenimiento a dichos moldes una vez por semana, es decir después de más de mil ciclos. Es sumamente necesario darle mantenimiento a éste tipo de molde ya que, con el uso normal, se va perdiendo la posición en la que se configuró para la producción de un arnés determinado, generalmente debido a la forma en que se cierra, la fuerza con la que se abre cada tapa del molde, la forma en que el arnés es acomodado dentro del molde y así mismo, la forma en que el arnés es retirado, por ejemplo, puede ser que se haya atorado alguna terminal o seguro y se generara algún daño los sellos del molde, entre muchos otros casos en los que la calidad del arnés se vería comprometida por la falta de mantenimiento.

 <p>Materia Prima</p>	<p>Inspección 100% antes de entrar al proceso, al arnés se le revisan sus dimensiones antes de entrar al área, así mismo su continuidad, y en cuanto a las fugas, son efectos de una mala aplicación del recubrimiento.</p>
 <p>Mano de Obra</p>	<p>En cuanto a los empleados que presentaron errores en sus actividades, quienes pertenecían al proceso de recubrimiento de espuma, solamente contribuyeron con diecisiete defectos en el periodo de enero a septiembre por lo que no se le puede atribuir la alta tasa de defectos a errores por parte del personal.</p>
 <p>Método de Trabajo</p>	<p>Dados los resultados de las observaciones del proceso, se puede decir que la causa raíz no se debe principalmente al método de trabajo ya que los empleados del área de moldeo se encuentran capacitados para operar en cualquier operación del proceso de recubrimiento de espuma, y conocen bien su operación cotidiana, además como se observó en el análisis de la mano de obra, los empleados del área no presentan gran frecuencia de errores en los registros de calidad.</p>
 <p>Medio Ambiente</p>	<p>Para los operadores del área de moldeo, el uso del equipo de seguridad, no hace una diferencia para el desarrollo de sus actividades</p>
 <p>Mantenimiento</p>	<p>Relacionando éstas variables, con un 95% de confianza, se pudo concluir que existe evidencia estadística suficiente para decir que los defectos presentes en cada tipo de arnés varían de acuerdo al día de la semana.</p>
 <p>Medidas de Desempeño</p>	<p>Después de observar el proceso mediante el cuál los empleados realizaban las pruebas dimensionales y eléctricas, se puede decir que los errores detectados en las mismas fueron corroborados por el área de reproceso, y efectivamente no cumplían con las especificaciones de calidad que el cliente requiere, por lo que no se pueden tomar las medidas de desempeño como una causa raíz del problema analizado.</p>

Figura 5.1 Observaciones generales en cada etapa del análisis causa raíz

En la figura 5.2 se identifica mediante colores el grado de impacto de cada causa raíz en la variable respuesta, que es la cantidad de defectos presentados en los arneses que salen del área de recubrimiento de espuma. Se identifica con el color rojo la causa que tiene mayor impacto en la respuesta, con amarillo si tiene un efecto mediano y verde, si su efecto es mínimo.

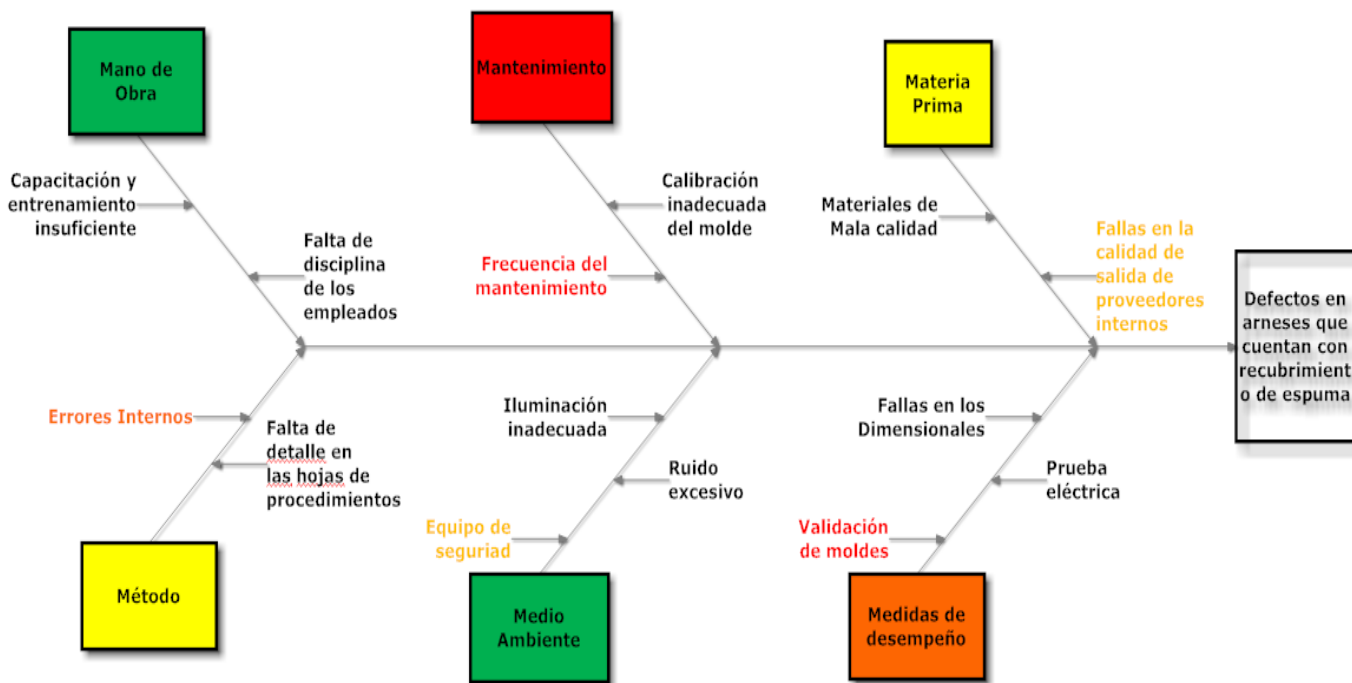


Figura 5.2 Diagrama de Ishikawa actualizado

Un informe en resumen de la investigación realizada se le envió al ingeniero de calidad en cargo del proyecto en el segmento, proponiendo una futura presentación ante los gerentes de calidad, producción y segmento, para evaluar si dichas propuestas podrían ser puestas en práctica en área de recubrimiento de espuma.

A futuro podría dársele seguimiento a las acciones realizadas y los resultados obtenidos, en el caso de que los encargados del área decidan llevar a cabo las propuestas presentadas en el documento.

6. INVESTIGACIONES FUTURAS

En futuras investigaciones se puede analizar los datos generados una vez que se hayan implementado las sugerencias. Así mismo analizar el proceso y los desperdicios generados desde el inicio del proceso, es decir, desde el almacén de materia prima y no solo en el proceso de recubrimiento de espuma, revisar cada una de las estaciones de preparación, ya que mientras se realizaba la presente investigación se detectó que dado que se cuenta con un banco de cable que ha pasado por los distintos procesos de preparación, como lo son el torcido, inserción de aislante, remachado, etc. Los defectos generados en dichas áreas no pegan directamente en la línea de ensamble final, se detectó una gran área de oportunidad para investigaciones mayores.

7. REFERENCIAS

Abreu, L. F., 2006. *Slide Finder*. [En línea]

Available at:

http://www.slidefinder.net/t/t%C3%A9cnica_kawakita_jiro_tkj_luis/28749412

[Último acceso: 6 Diciembre 2011].

ABS Consulting, 2008. *Root Cause Analysis Handbook A Guide to Efficient and Effective Incident Investigation*. Tercera ed. Brookfield, Connecticut: Rothstein Associates Inc..

Adrian, N., 2011. A lean Transformation. *Quality Progress*, 44(2), p. 42.

Anbor Consulting, 2007. *Anbor*. [En línea]

Available at: http://www.anbor.com/lean_manufacturing.htm

[Último acceso: 20 Octubre 2011].

Báez, Y., Limón, J., Tlapa, D. & Rodríguez, M., 2010. Aplicación de Seis Sigma y los Métodos Taguchi para el Incremento de la Resistencia a la Prueba de Jalón de un Diodo Emisor de Luz. *Información Tecnológica*, pp. 63-76.

Beltran, C., 2007. *Secretaría de Educación*. [En línea]

Available at: <http://sig.jalisco.gob.mx/>

[Último acceso: 6 Diciembre 2011].

Brue, G., 2003. *Seis Sigma para Directivos*. s.l.:Mc Graw Hill.

Chang, N. & Gagliardi, F., 2011. Know more, Do more. *Quality Progress*, 44(1), p. 33.

Coimbra, E., 2009. *Kaizen Institute*. [En línea]

Available at:

http://es.kaizen.com/fileadmin/DATA/kaizen_es/Kaizen%20Forum%20Oct%202009.pdf

[Último acceso: 23 Octubre 2011].

Collins, J. & Eric, J., 2012. *APICS The Association for Operations Management*.

[En línea]

Available at: apics.org/industry-content-research/building-blocks-current-issue

[Último acceso: 22 Febrero 2012].

Crosby, P., 1987. *Calidad sin Lágrimas*. México DF: CECSA.

- Crosby, P. B., 1987. *La Calidad No Cuesta*. México, D.F.: Compañía Editorial Continental.
- Cruz, E., 2008. *Introducción a Seis Sigma: DMAIC*. Hermosillo: s.n.
- Cura, H. M., 2003. *Universidad del Cema*. [En línea]
Available at: <http://www.ucema.edu.ar/productividad/download/2003/Cura.pdf>
[Último acceso: 9 Noviembre 2011].
- Danvila, I. & Sastre, M., 2007. El papel de la formación del personal en el proceso de implantación de un sistema de calidad total. *Contaduría y Administración UNAM*, pp. 16-17.
- De las Nieves Sanchez Guerrero, G., 2003. *ICA*. [En línea]
Available at:
http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc004/CAPITULO%205.pdf
[Último acceso: 25 Noviembre 2011].
- Dearing, J. & Stavrakas, J., 2011. Behold the Bullet List. *Quality Progress* , 44(8).
- Delgado, J., 2007. *El prisma*. [En línea]
Available at:
http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/prospectivalean/default2.asp
[Último acceso: 22 Octubre 2011].
- DEMATIC, 2012. *DEMATIC Creating Logistics Results*. [En línea]
Available at: <http://www.dematic.com/conveyor-systems>
[Último acceso: 12 Marzo 2012].
- Deming, E., 1989. *Calidad, Productividad y Competitividad. La Salida de la Crisis*. Madrid: Díaz de Santos.
- Deming, E., 1989. *Calidad, productividad y competitividad: La salida de la crisis*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Departamento de Seguros de Texas, 2006. *Departamento de Seguros de Texas*. [En línea]
Available at: <http://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresourcessp/spstpfaulttree.pdf>
[Último acceso: 6 Diciembre 2011].
- Díaz Becerril, J. A., 2007. *Universidad de las Américas Puebla*. [En línea]
Available at:

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/diaz_b_ja/capitulo3.pdf
[Último acceso: 6 Diciembre 2011].

Diepstra, K., 2011. Wake Up and Smell the Cookies. *Quality Progress*, 44(6), pp. 12-13.

Domenech Roldán, J. M., 2011. *JOMENELIGA*. [En línea]

Available at:

http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Diagrama_de_Pareto.pdf
[Último acceso: 6 Diciembre 2011].

Dorbessan, J. R., 2006. *Las 5S, Herramientas de cambio*. Argentina: Universitaria de la U.T.N..

Durand, R., 2008. *Value Stream Mapping, Proceso de Fabricación de Asientos para Automóviles*. Hermosillo (Sonora): s.n.

Durán, I., 2009. *Universidad de las Américas Puebla*. [En línea]

Available at: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmnf/duran_c_i/
[Último acceso: 02 Diciembre 2011].

Edmund, M., 2010. On the plus side. *Quality Progress*, 43(8), pp. 37-39.

Espinosa, F., 2010. *Universidad de Talca*. [En línea]

Available at:

[http://ing.otalca.cl/~fespinos/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20%20\(RCA\).pdf](http://ing.otalca.cl/~fespinos/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20%20(RCA).pdf)
[Último acceso: 6 Diciembre 2011].

Espinoza, F., 2006. *Universidad de Talca*. [En línea]

Available at:

[http://ing.otalca.cl/~fespinos/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20%20\(RCA\).pdf](http://ing.otalca.cl/~fespinos/ANALISIS%20CAUSA%20RAIZ%20%20(RCA).pdf)
[Último acceso: 27 Febrero 2012].

Fundación Iberoamericana para la Gestión de la Calidad, 2010. *FUNDIBEQ*. [En línea]

Available at:

http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_pareto.pdf
[Último acceso: 20 Noviembre 2011].

Galgano, A., 1993. *Calidad Total*. Madrid: Díaz de Santos.

- Galván, B., 2010. *Business School*. [En línea]
Available at: http://www.businessschool.com.mx/Herramientas_Lean.pdf
[Último acceso: 03 Octubre 2011].
- Goldratt, E., 2005. *La Meta. Un proceso de mejora continua*. Segunda ed. México: Ediciones Regiomontanas.
- Gross, M., 2010. *Pensamiento Imaginactivo*. [En línea]
Available at: <http://manuelgross.bligoo.com/conozca-3-tipos-de-investigacion-descriptiva-exploratoria-y-explicativa>
[Último acceso: 14 Diciembre 2011].
- Helman, H. & Pereira, P., 1995. *Plusformacion*. [En línea]
Available at: <http://www.plusformacion.com/Recursos/r/AMEF>
[Último acceso: 7 Junio 2011].
- Hernández Sampieri, R., Collado Fernández, C. & Lucio Baptista, P., 2004. *Recolección de los datos. En Metodología de la investigación*. Tercera ed. México D.F.: McGraw Hill.
- Hernandez Sampieri, R., Fernpandez Collado, C. & Baptista Lucio, P., 1997. *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hirata, R., 2010. *Kaizen.com*. [En línea]
Available at: <http://www.keisen.com/documentos/Implementation%20S-in-Mexico.PDF>
[Último acceso: 10 Noviembre 2011].
- Imai, M., 2001. *Kaizen, La Clave de la Ventaja Competitiva Japonesa*. México: Continental.
- Ishikawa, K., 1986. *¿Qué Es El Control Total de Calidad?*. s.l.:Grupo Editorial Norma.
- Ishikawa, K., 1994. *Introducción al Control de Calidad*. Madrid: Editorial Sudamericana.
- Jeffrey, L. & Meier, D., 2006. *The Toyota way fieldbook: Apractical guide for implementing Tyota´s 4Ps*. New York: McGraw-Hill.
- Jucan, G., 2005. *Open Data Systems*. [En línea]
Available at: <http://hosteddocs.ittoolbox.com/GJ102105.pdf>
[Último acceso: 30 Noviembre 2011].

- Juran, J., 1990. *Juran y la Planificación de la Calidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Juran, J. M. & Gryna, F., 1995. *Análisis y Planeación de la Calidad*. New York: McGraw Hill.
- Kangas, P., 2011. Stakeholder Management 101. *Quality Progress*, 44(3).
- Lefcovich, M., 2007. *De Gerencia.com*. [En línea]
Available at: <http://www.degerencia.com/articulos.php?artid=305>
[Último acceso: 20 Octubre 2011].
- Levinson, W., 2006. Bringing the Fishbone Diagram Into the Computer Age. *Quality Progress*, 39(12), p. 88.
- Liker, J. & Meier, D., 2006. *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. Mexico: McGraw-Hill.
- López, A. E., 2011. [Entrevista] (Marzo 2011).
- Magnier, P., 2003. *The Northwest Lean Networks*. [En línea]
Available at: <http://www.nwlean.net/toolsCD/VSM/4%20steps%20to%20VSM.pdf>
[Último acceso: 9 Noviembre 2011].
- Malhotra, N., 1997. *Investigación de Mercados. Un enfoque práctico..* México D.F.: Pentrice-Hall.
- Martínez León, H. & Farris, J., 2011. Lean Product Development Research: Current State and Future Directions. *Engineering Management Journal*, pp. 15-17.
- Martinez, A., 2010. [Entrevista] (Diciembre 2010).
- Mora, C., 2008. *Gestiopolis*. [En línea]
Available at: <http://www.gestiopolis.com/organizacion-talento/talento-humano-en-accion.htm>
[Último acceso: 4 Noviembre 2011].
- Morillo Moreno, M. C., 2005. Importancia del Análisis de la Cadena de Valor Industrial. *Actualidad Contable FACES*, N° 10..
- Murphy, W., 2010. Bull's Eye. *Quality Progress*, 43(6), p. 23.
- Navas, J., 2007. *Galeon.com*. [En línea]
Available at: <http://johnnavas.galeon.com/productos1002127.html>
[Último acceso: 18 Octubre 2011].

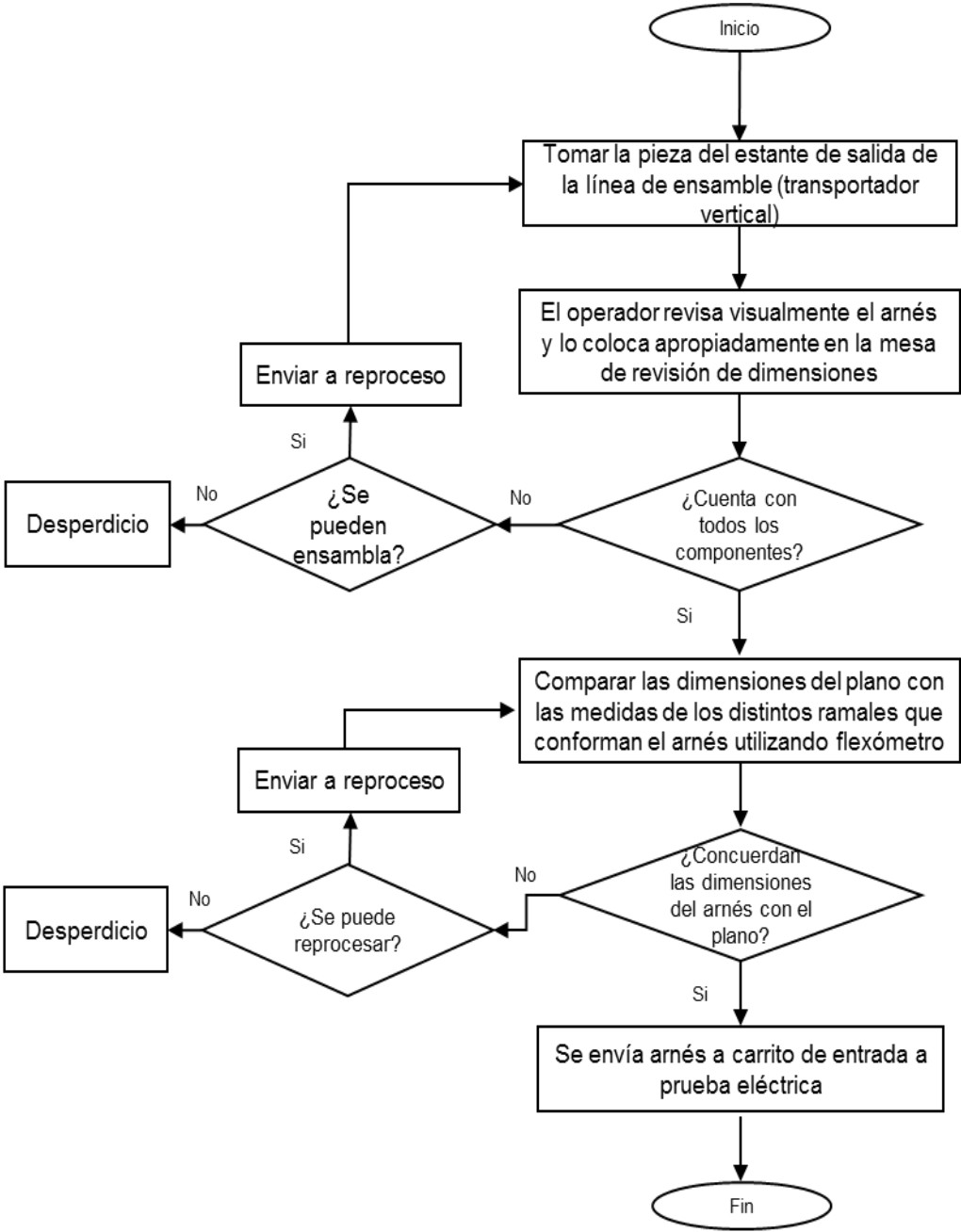
- Ohno, T., 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. s.l.:Productivity Press.
- Ortega, F., 2008. *Lean Manufacturing en Español*. [En línea]
Available at: <http://lean-esp.blogspot.com/2008/10/qu-es-value-stream-mapping-mapeo-de-la.html>
[Último acceso: 23 Octubre 2011].
- Quesada, G., s.f. *Grupo Kaizen*. [En línea]
Available at: <http://www.grupokaizen.com/sig/sig12.php>
[Último acceso: 23 Marzo 2011].
- Quirarte, J., 2005. *Cimat Aguascalientes*. [En línea]
Available at:
<http://www.cimat.mx/Sitios/seissigma/seissigma1/archivos/JorgeQuirarteKodak.PDF>
E
[Último acceso: 3 Marzo 2012].
- Ramírez, R., 2002. *Centro de la Industria Virtual*. [En línea]
Available at: www.civ.cl/academico/rodrigo/Diagrama%20de%20Causa%20Efecto-Ishikawa.doc diagrama causa efecto
[Último acceso: 05 Diciembre 2011].
- Reyes, P., 2002. Manufactura Desligada (Lean) y Seis sigma en empresas mexicanas: experiencias y reflexiones. *Contaduría y Administración*, Issue 205, pp. 62-65.
- Reyes, P., 2004. *ICICM*. [En línea]
Available at: <http://icicm.com/files/amefa>
[Último acceso: 06 Diciembre 2011].
- Reyes, P., 2011. *Artículos, Leyes y Ontologías*. [En línea]
Available at:
<http://articulosleyesydeontologiajuriidica.blogspot.com/2011/01/calidad-total.html>
[Último acceso: 9 Octubre 2011].
- Rios Saravia, J., 2010. *Word Press Jhimmy Rios*. [En línea]
Available at: <http://jhimmyrios.files.wordpress.com/2010/03/diagramas-de-pareto.pdf>
[Último acceso: 5 Diciembre 2011].
- Rooney, J. & Vanden Heuvel, L., 2004. Root Cause Analysis For Beginners. *Quality Progress*, p. Julio.

- Rother, M. & Shook, J., 2003. *Learning to see*. s.l.:The Lean Enterprise.
- Rother, M., Shook, J., Womak, J. & Jones, D., 2003. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Cambridge: The Lean Enterprise Institute Inc..
- Rudisill, F. & Druley, S., 2004. Which Six Sigma Metric Should I Use?. *Quality Progress*, 37(3), p. 104.
- Santiago, S., 2009. *Caletec*. [En línea]
Available at: <http://www.caletec.com/blog/lean/los-desperdicios-muda-relacionados-con-el-inventario/>
[Último acceso: 2 Noviembre 2011].
- Santiago, S., 2009. *Caletec*. [En línea]
Available at: <http://www.caletec.com/blog/lean/guia-para-detectar-los-desperdicios-muda-una-reflexion-lean/>
[Último acceso: 8 Noviembre 2011].
- Santiago, S., 2009. *CALETEC*. [En línea]
Available at: <http://www.caletec.com/blog/lean/el-desperdicio-relacionado-con-el-transporte/>
[Último acceso: 6 Noviembre 2011].
- Santiago, S., 2010. *Caletec*. [En línea]
Available at: <http://www.caletec.com/blog/lean/los-desperdicios-relacionados-con-el-sobre-proceso/>
[Último acceso: 11 Noviembre 2011].
- Santiago, S., 2011. *6 Sigma Day*. [En línea]
Available at: <http://www.caletec.com/blog/lean/los-desperdicios-relacionados-con-la-sobre-produccion/>
[Último acceso: 6 Noviembre 2011].
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008. *STPS*. [En línea]
Available at: <http://www.stps.gob.mx/bp/index.html>
[Último acceso: 23 Enero 2012].
- Serrano, I., Ochoa, C. & De Castros, R., 2008. Evaluation of value stream mapping in manufacturing system redesign. *International Journal of Production Research*, 15 Agosto, 46(16), pp. 4426-4427.

- Siemens Product Lifecycle Management Software Inc, 2012. *Tecnomatix*. [En línea]
Available at:
http://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/products/tecnomatix/quality_mgmt/dim_plan_val/
[Último acceso: 09 Abril 2012].
- Sierra, V., 2009. *Business School*. [En línea]
Available at:
http://www.businessschool.com.mx/Promo_Diplomado_Lean_Manufacturing_2009.pdf
[Último acceso: 27 Octubre 2011].
- Taguchi, G., Chowdhury, S. & Wu, Y., 2007. *Taguchi's Quality Engineering Handbook*. New Jersey : John Wiley & Sons Inc.
- Tennant, G., 2001. *SIX SIGMA: SPC and TQM in Manufacturing and Services*. Inglaterra: Gower Publishing.
- Thomas, K., 2011. Turning "Who" into "How". *Quality Progress*, 44(11), p. 72.
- Torres Navarro, C. & Monsalve Ochoa, O. A., 2009. Aplicación de la metodología Seis Sigma para la Disminución Intervenciones en Proceso de Fabricación de Vidrio. *Revista de ingeniería Industrial*, pp. 93-105.
- Valdivia, L., 2011. *Slide Share*. [En línea]
Available at: <http://www.slideshare.net/lshbt2/pareto-9907600>
[Último acceso: 6 Diciembre 2011].
- Vargas, H., 2011. *Corporación Autónoma Regional de Santander*. [En línea]
Available at: <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/3.pdf>
[Último acceso: 9 Novimebre 2011].
- Wallas, G., 2010. *Eppic Inc*. [En línea]
Available at: <http://eppicinc.files.wordpress.com/2010/07/the-enterprise-process-performance-improvement-model..pdf>
[Último acceso: 3 Marzo 2012].
- Weeks, B., 2011. Is Sig Sigma Dead?. *Quality Progress*, 44(10), pp. 23 - 27.
- William, F., 2002. *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and how to use them*. New York: St Lucie.

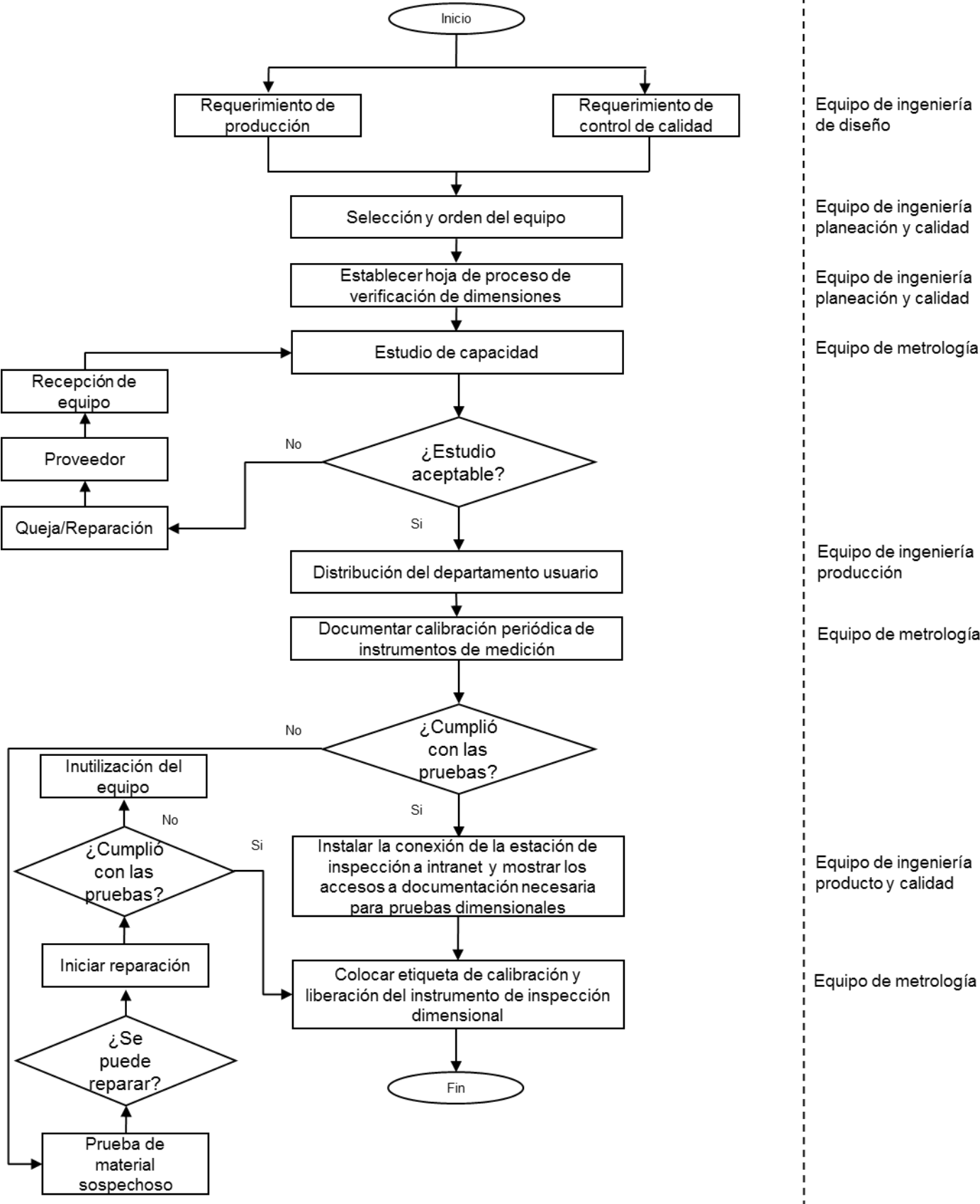
8. Anexos

Anexo 1. Proceso de Inspección de dimensiones

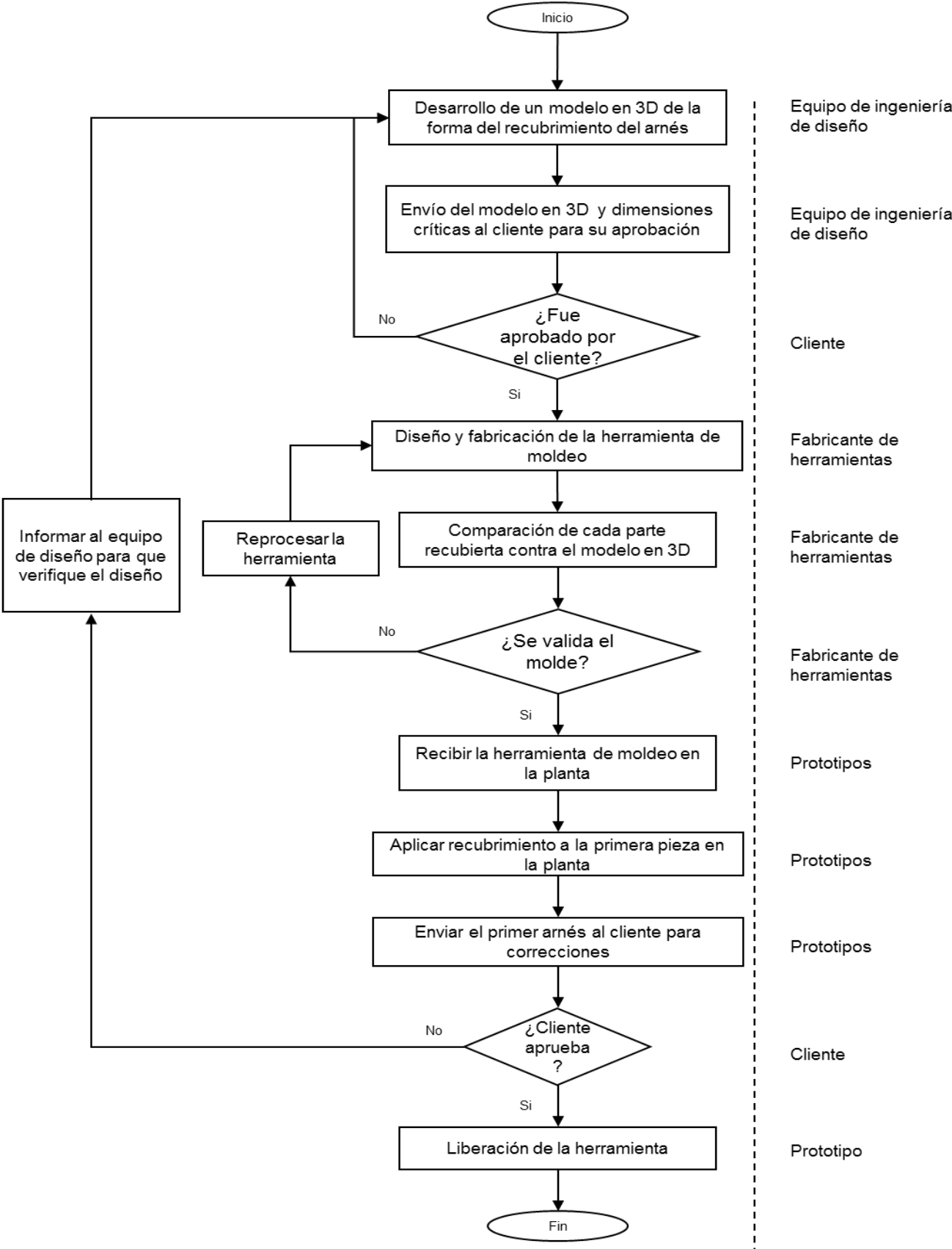


Inspector de calidad

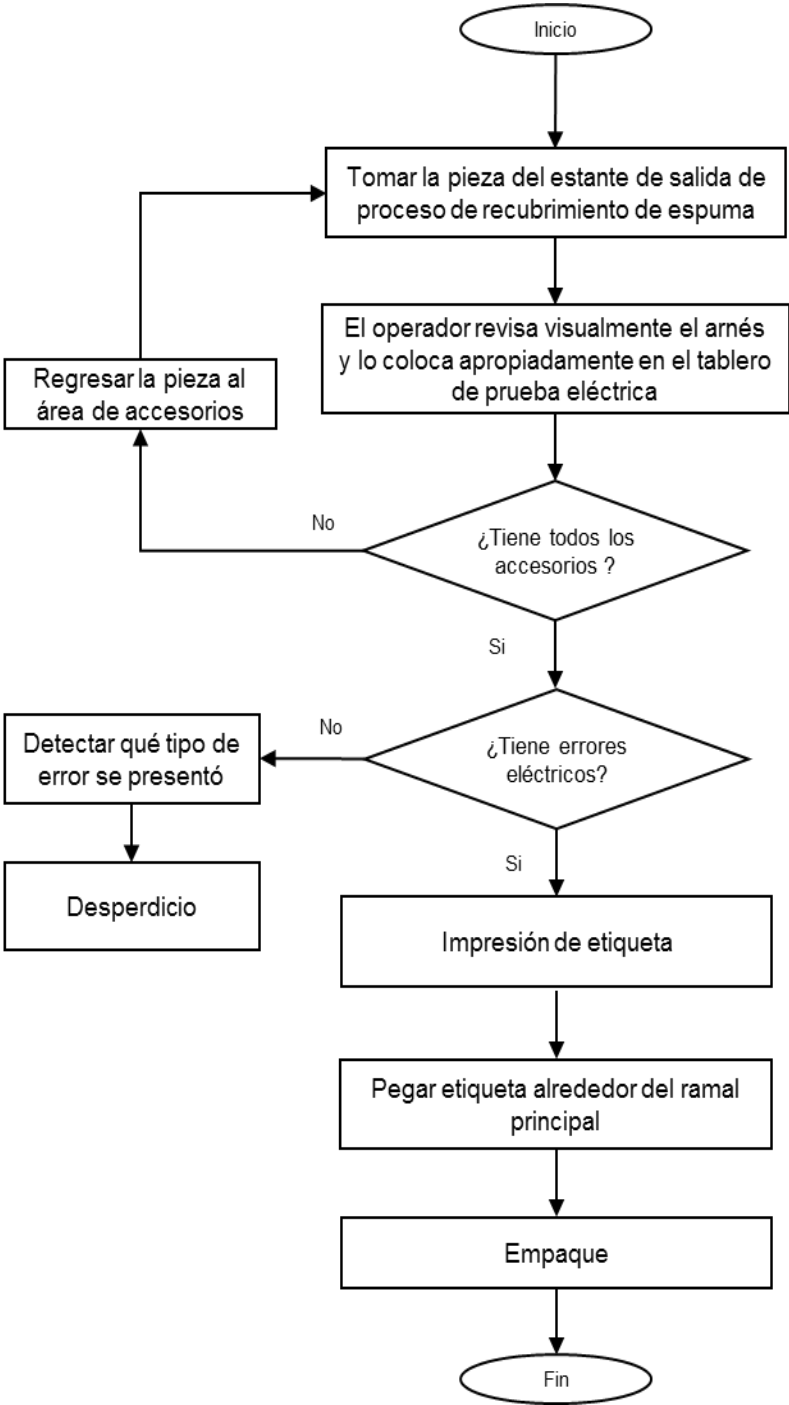
Anexo 2. Diagrama de proceso de validación de pruebas dimensionales



Anexo 3. Validación de Molde

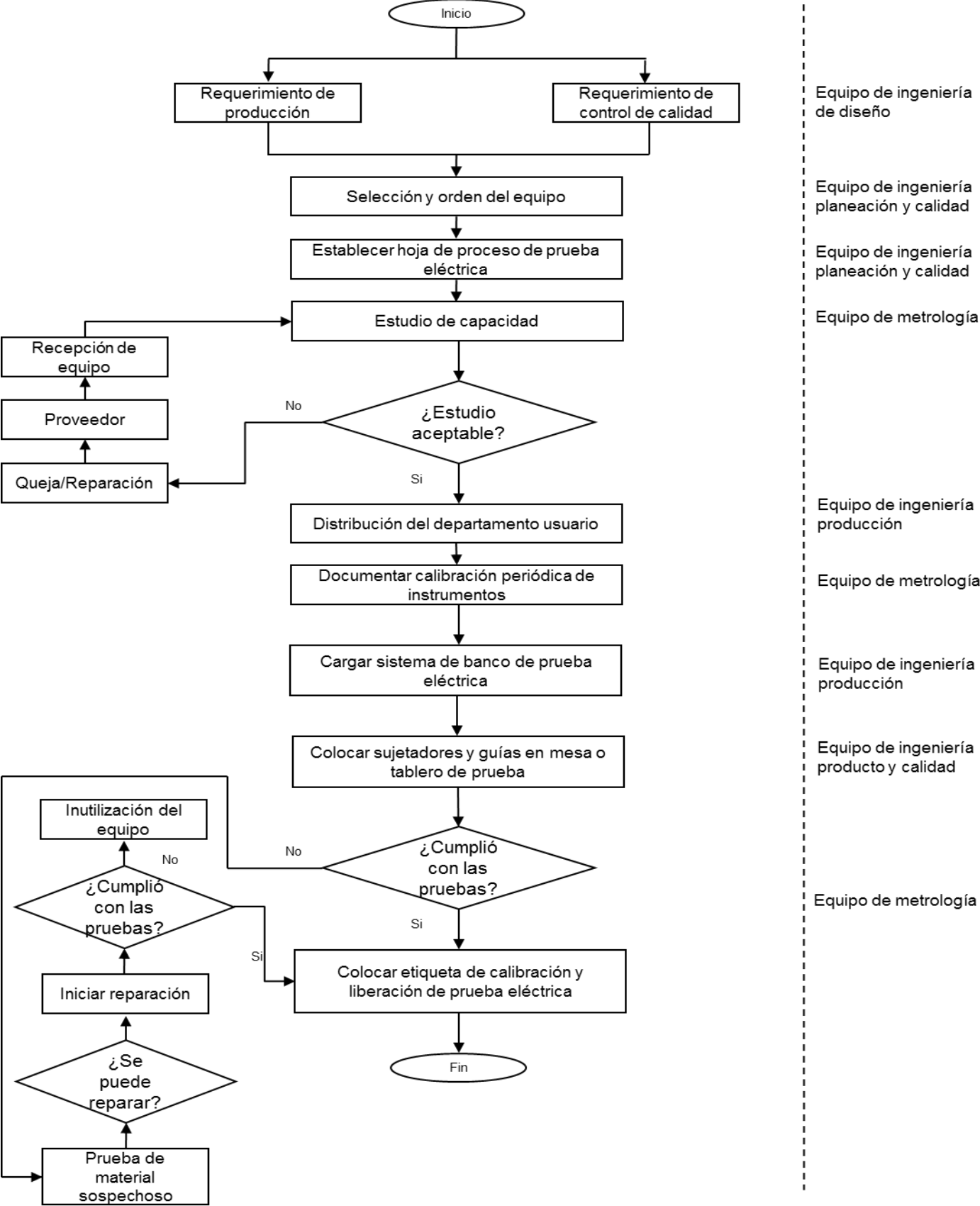


Anexo 4. Diagrama de Proceso de Prueba Eléctrica

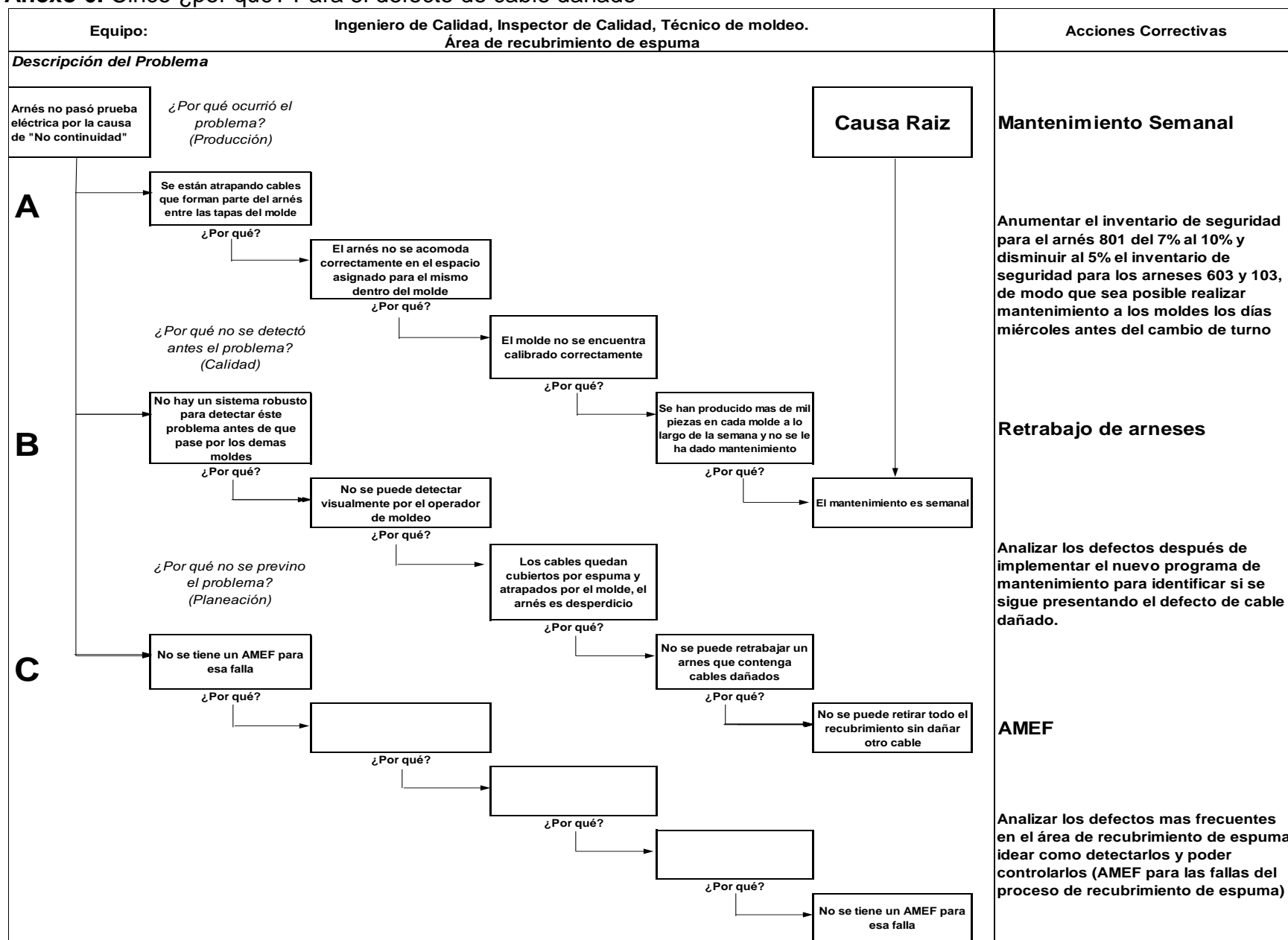


Operador de prueba eléctrica

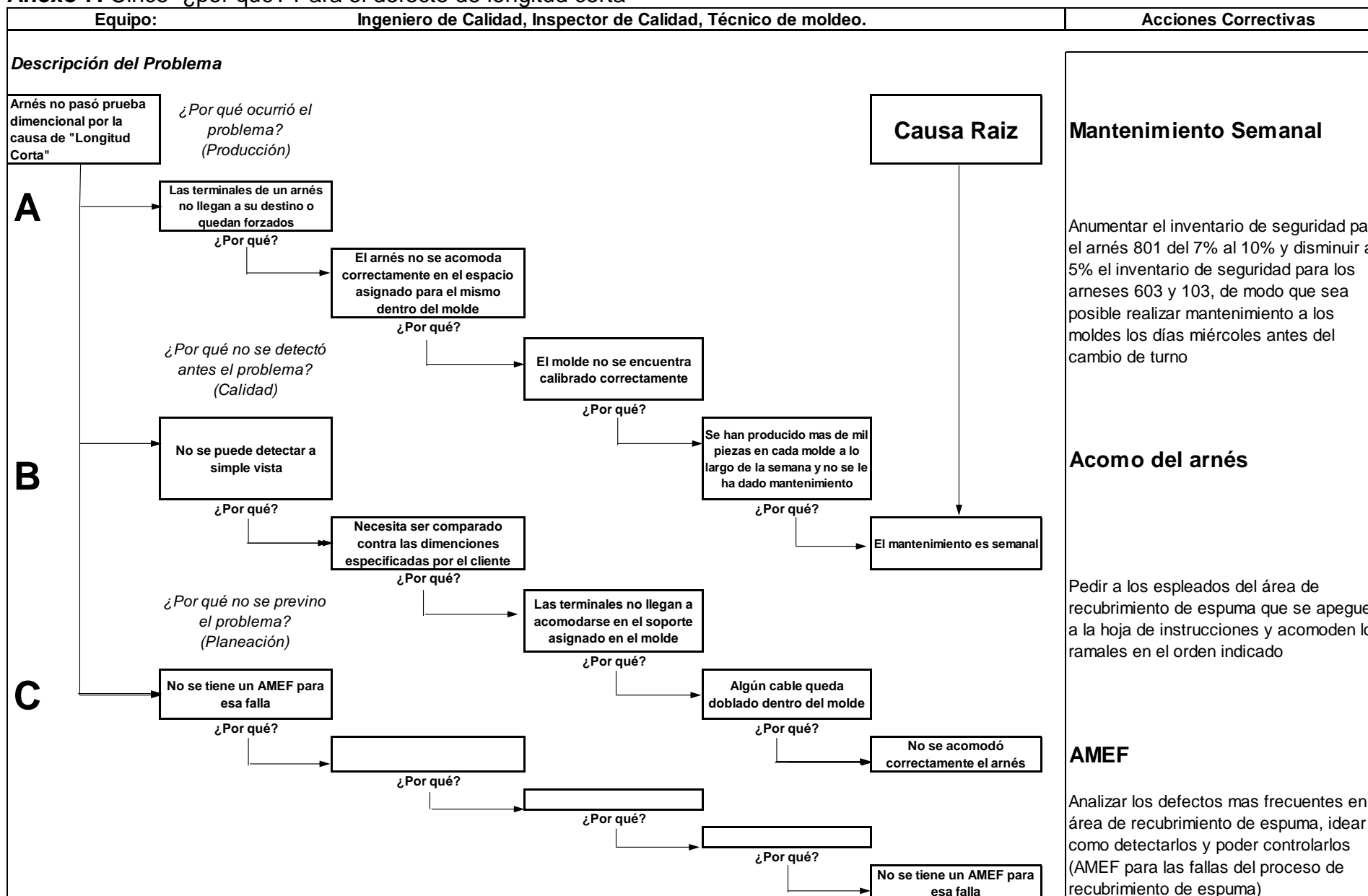
Anexo 5. Proceso general de validación de prueba eléctrica



Anexo 6. Cinco ¿por qué? Para el defecto de cable dañado



Anexo 7. Cinco ¿por qué? Para el defecto de longitud corta



Anexo 8. Cinco ¿por qué? Para el defecto no pasa prueba de fuga.

