

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



CONTROL DE PROCESOS BAJO EL CRITERIO DE CALIDAD A LA
PRIMERA VEZ

POR

Antonio Guillermo Pérez Rosas

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA DE MANUFACTURA CON ESPECIALIDAD EN
AUTOMATIZACIÓN

Monterrey, N.L., a 26 de Junio de 2006

PRÓLOGO

Este trabajo sobre calidad a la primera vez es una recopilación de notas, reportes y estudios que a lo largo de los últimos 4 años he preparado para mejorar los procesos de producción en mi centro de trabajo.

Está estructurado para el lector común de tal forma que éste encuentre un tema que despierte su interés por el mundo que hace posible que los productos que consume le ofrezcan la calidad que espera y que descubra cómo las compañías planean y logran ésta calidad.

El lector que está familiarizado con la manufactura, encontrará su lectura clara y de fácil comprensión además de poder usarlo como referencia para aplicarla en su entorno laboral, ya que ésta metodología es bastante adaptable en el campo de la producción en serie

También aquél que cursa una carrera aún podrá encontrar útiles los conceptos aquí descritos así como una bibliografía amplia que le ayudará a obtener más información al respecto.

Por último, para mis compañeros de trabajo, quienes diariamente buscan obtener el mejor rendimiento de nuestros procesos, he aquí pues, una buena herramienta para lograrlo.

Antonio Guillermo Pérez Rosas

INDICE

<u>CAPÍTULO</u>	<u>Página</u>
PRÓLOGO	2
INDICE	3
SÍNTESIS	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Definición del problema	6
1.2. Objetivo de la tesis	7
1.3. Hipótesis	7
1.4. Límites de estudio	8
1.5. Justificación del trabajo	9
1.6. Metodología	9
2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	11
2.1. Montaje superficial	11
2.2. Ensamble manual y soldadura	13

2.3. Prueba eléctrica	14
2.4. Prueba funcional en alta temperatura	14
2.5. Recubrimiento con silicón	15
2.6. Ensamble final	16
2.7. Calibración	17
2.8. Empaque	17
3. CALIDAD A LA PRIMERA VEZ	18
3.1. Definición	18
3.2. Determinación de los puntos de medición	19
3.3. Criterios de medición	21
3.4. Cálculo de la eficiencia por proceso	22
3.5. Cálculo de la calidad a la primera vez	25
4. GRÁFICAS DE CONTROL	27
4.1. Gráfica de calidad a la primera vez	27
4.2. Gráfica de los tres principales problemas	28
5. ACCIONES CORRECTIVAS	30
5.1. Análisis de los tres principales problemas	30
5.2. Definición de acciones correctivas	33
5.3. Verificación de acciones correctivas	35
6. DISCUSIÓN	37

6.1. Conclusiones	37
BIBLIOGRAFÍA	41
LISTADO DE TABLAS	42
LISTADO DE GRÁFICAS	43
LISTADO DE DIAGRAMAS	44
GLOSARIO	45
RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO	48

SÍNTESIS

En general, se han tratado superficialmente los temas de los diferentes capítulos, ya que el objetivo que se persigue es presentar en forma práctica y sencilla el principio de la calidad a la primera vez para su aplicación en los diferentes procesos de manufactura de una manera rápida y eficiente.

El trabajo comienza describiendo un proceso de manufactura completo señalando las características críticas de cada estación de trabajo para dar al lector una panorámica del ambiente en que puede desarrollarse la metodología que nos ocupa.

Enseguida se establecen el alcance y los criterios para iniciar su implantación así como los algoritmos para su cálculo.

Los indicadores de comportamiento y monitoreo integran un complemento del sistema para obtener información instantánea utilizada para diferentes propósitos por la gerencia ya sea como información general o, para establecer acciones correctivas.

Estas se definen basándose en la información obtenida durante el monitoreo del proceso mediante la identificación y el análisis de los problemas de mayor frecuencia tal como se describe en el capítulo 5.

Posteriormente se establecen conclusiones y recomendaciones que el lector puede relacionar para encontrar similitud con su situación en particular y obtener los beneficios de su práctica.

Al final aparece una bibliografía, en la que se enlistan las obras que el lector puede consultar si desea ampliar sus conocimientos sobre algún tema.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los procesos de manufactura actualmente permiten a las empresas aumentar la variedad de productos que pueden fabricarse a un volumen deseado y a una velocidad bastante acelerada.

Por esta razón los procesos necesarios para producir deben ser capaces de ofrecer un rendimiento y eficiencia que exceda hasta donde sean posibles los niveles de calidad deseados por nuestros clientes de modo que los costos se optimicen para obtener ganancias máximas. Sin embargo, las especificaciones, cantidad de componentes, y dimensiones de cada tipo de producto así como la distribución de éstos en el circuito impreso aun perteneciendo a una misma familia, pueden causar que los ajustes o calibraciones del proceso no sean los adecuados para una parte de ellos y ocasione con esto fallas o defectos en el producto creando desperdicios de

materiales, retrasos, y reparaciones que afectan la eficiencia del proceso causando pérdidas económicas.

1.2. OBJETIVO DE LA TESIS

El objetivo del trabajo es demostrar que, utilizando el control de proceso, la industria electro-automotriz puede mejorar la eficiencia de sus procesos identificando con éste las principales causas de defectos en el producto utilizando la metodología de La Calidad a la Primera Vez mejorando los índices de costo por mano de obra, reparaciones, incumplimiento de entregas, servicios y suministros los cuales son críticos en la operación de una planta de producción puesto que influyen dramáticamente en la competitividad de la compañía, en los márgenes de utilidades y consecuentemente en la solidez del futuro a largo plazo de ésta dentro del mercado.

1.3. HIPÓTESIS

La optimización de los procesos de manufactura está basada principalmente en las operaciones desarrolladas en un ambiente

regido por un sistema de calidad total que establezca las reglas y procedimientos necesarios para conducir la producción a través de un control de proceso como el sistema de Calidad a la Primera Vez, el cual representa el porcentaje de productos que pasa a través del proceso de manufactura, sin fallas o rechazos en las estaciones de inspección y pruebas descartando toda repetición de trabajo realizado para recuperar las unidades rechazadas con la intención de evitar desperdicios tales como la pérdida de volumen de producción, pago de tiempo extra, multas por entregas retrasadas, consumo excesivo de materias primas, riesgos potenciales de falla del producto debido a exposición excesiva del mismo a estrés mecánico, eléctrico, térmico, etc; por omisión de operaciones y verificaciones causadas por mal manejo del producto dentro del flujo del proceso de reparación, reduciendo los límites de desviación de los procesos, de modo que se establezcan acciones correctivas inmediatas para eliminar sus fallas.

Sabemos que cualquier tipo de inspección es un 85% efectiva como máximo, de modo que cada vez que aparezca un defecto, independientemente de su localización a través del proceso entero, éste causará una disminución de la eficiencia inversamente

proporcional al incremento de éstos, por lo que siempre que el FTQ sea menor que 100, dependeremos de la inspección para proteger a nuestros clientes porque nuestra calidad no es la requerida.

Los defectos encontrados durante el proceso se clasifican y agrupan inicialmente en una Gráfica de Análisis de Pareto de modo que se visualice cuáles de ellos son más frecuentes para cuantificarlos y asignarles prioridad de modo que los problemas mayores, al eliminarse permitan incrementar el FTQ sustancialmente para que al final, solo un porcentaje mínimo de ellos nos ocupe hasta su completa solución.

Basado en la filosofía del método, el proceso sólo debe permitir un defecto por cada 100 piezas en cada estación de verificación de modo que al final de éste, un 95% de FTQ global esté asegurado

1.4. LIMITES DE ESTUDIO

En este trabajo se analiza el comportamiento de una línea de producción de Sistemas de Frenos Antibloqueo donde se han

identificado 5 estaciones de inspección y prueba para verificación del proceso.

En cada una de éstas, se detectarán los defectos previamente determinados para cada una de ellas, los cuales dependen de los procesos efectuados antes de cada inspección y se analizarán para determinar sus causas y poder iniciar acciones correctivas para mejorar la calidad y la eficiencia sin embargo, el método por sí solo no garantiza la optimización del proceso, sino que necesita del apoyo principalmente de la gerencia para que estas acciones sean efectivas y constantes de modo que su práctica se convierta en un estilo de vida dentro de la compañía enfocado al mejoramiento continuo.

La producción de bajo volumen, ya sea de pilotos o partes de servicio, no es considerada para el uso de éste método por razón de su individualidad, ya que el personal que interviene en su fabricación no tiene la misma habilidad manual para ensamblarlos que aquella desarrollada para los productos de fabricación regular por lo que los tiempos de ciclo y el ritmo de producción no son estándares además de carecer de la continuidad que los pedidos del cliente ofrecen para repetir una y otra vez el ejercicio del proceso de producir.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La industria usa mediciones comunes para el monitoreo de la calidad, entrega y costo relacionados con el producto. Estas mediciones son evaluadas regularmente comparándolas contra las de compañías competidoras (Benchmarking).

También se establecen metas para estas mediciones que proporcionan la base para el mejoramiento continuo. Puede haber mediciones adicionales que deban verificarse fuera de las mediciones comunes que apliquen a asuntos especiales de cada departamento que pudieran necesitar mejoramiento.

1.6. METODOLOGÍA

Las mediciones descritas en la tabla 1 se usan para el seguimiento de la Calidad, Servicio y Costo en una base mensual.

Otras mediciones pueden usarse si es necesario.

TABLA 1 TIPOS DE MEDICIONES

MEDICION	DESCRIPCIÓN
Calidad	Rechazos del cliente
	Procesos críticos con Cpk :1.67
	Calidad a la primera vez
Servicio	Entregas a tiempo
Costo	Reducción del costo de material
	% de utilización del equipo
	% de disponibilidad del equipo

Cada equipo de mejoramiento de la calidad de operaciones deberá identificar áreas de oportunidad para el mejoramiento de la calidad y de la productividad e implementar proyectos de mejoramiento apropiados donde se requieran.

El tipo de medición que nos ocupará está enfocado a la calidad del producto de primera mano, esto es, antes de que éste llegue a las manos del cliente.

Para el desarrollo de la demostración del método de la calidad a la primera vez se han usado datos estadísticos representativos de un período de 10 meses con los que se ha calculado la eficiencia de

cada mes por cada punto de verificación para que sirvan de variables durante el cálculo de la calidad a la primera vez.

Estos resultados son graficados de modo que el comportamiento del proceso a través del tiempo sea claro y muestre específicamente la sección del proceso con variación para poder generar acciones correctivas por medio de un análisis de Pareto enfocado a fallas con mayor frecuencia.

Una vez que la causa raíz ha sido identificada y aislada, un plan de acción correctiva será diseñado así como un plan de implementación (Gráfica de Gantt).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

2.1. MONTAJE SUPERFICIAL

El área de SMT o montaje superficial, se ocupa de ensamblar componentes que, por sus características físicas, requieren un espacio muy pequeño para su ensamble, y que, además, no tienen terminales que deban ser insertadas en orificios para ser soldadas posteriormente.

Debido a la alta densidad de componentes tanto discretos como integrados, y dado el espacio tan limitado del que se dispone, los circuitos impresos, o “tablillas” - como se les denomina comúnmente-, ocupan ambos lados (de componentes y de soldadura) para el ensamble de componentes de montaje superficial; por lo que la fijación previa de componentes de esta clase, se logra aplicando una película de soldadura en pasta para el lado de componentes, o;

aplicando pequeños puntos de goma expresamente para los componentes del lado de soldadura.

El proceso comienza con la aplicación de una película de soldadura en la máquina de impresión de pasta, la cual usa un patrón de impresión y una escobilla que, una vez colocada la tablilla sobre éste, “barre” -por así decirlo- toda la superficie por el lado de componentes, distribuyendo uniformemente la pasta sólo en los lugares donde se ensamblarán componentes.

Una vez que esto ha ocurrido, la tablilla es transportada por medio de una banda transportadora hacia las máquinas de ensamble sobre el lado de componentes, que se encargarán de colocar sobre la superficie de la tablilla los componentes correspondientes según marque el programa previamente cargado a las máquinas.

El siguiente paso consiste en pasar la tablilla a través de un horno, el cual se encarga de hacer que la soldadura en pasta se solidifique y, de este modo, los componentes quedarán fijados a la tablilla.

Enseguida, el tablero pasa a la Prueba de Rayos X, donde se inspeccionan las uniones de soldadura en cada componente del lado superior o de componentes.

Si la tablilla es aceptada, se le coloca una etiqueta con un código de barras y pasa inmediatamente a la máquina de goma; si no, ésta es enviada a la estación de reparación, donde se repara cualquier defecto en la soldadura, o se reemplazan los componentes según el resultado que la computadora encargada de la prueba haya indicado. Esto último está sujeto a ciertas reglas que determinan un número máximo de componentes reemplazados, y un número máximo de veces que dicho componente puede ser reemplazado, debido a que, por razones de la exposición prolongada al calor, las terminales de soldadura pueden levantarse y crear otro tipo de problemas al producto. Si el tablero es aceptado, entonces pasa a la siguiente estación de trabajo.

Aquí, la operadora voltea la tablilla sobre el otro lado donde todavía no han sido instalados componentes al colocarla en el transportador.

En la máquina de aplicación de goma, el tablero se fija sobre una platina, y entra a una cámara donde se coloca un estencil sobre éste y, finalmente; un cabezal con agujas baja sobre éste y aplica puntos de goma que servirán para fijar los chips en la siguiente estación de trabajo.

El tablero pasa entonces a la siguiente estación de trabajo, donde se ensamblarán los componentes del lado de soldadura, donde nuevamente, los tableros pasan a través de un horno donde se curará la goma para fijar los chips a la superficie de los mismos.

Finalmente, el tablero llega a la estación de inspección visual donde se buscan defectos en el proceso, tales como chips movidos, ausentes, rotos, etc. Si el tablero es aceptado, se coloca en un contenedor metálico hasta que se llena.

Una vez lleno el contenedor, un técnico de calidad toma 10 muestras al azar (de acuerdo al plan de calidad que indica un muestreo por lote del 25% de la producción) y las inspecciona. Si es aceptado el lote, éste se pasa a la línea de ensamble, si no, es rechazado y se manda a la estación de reparación.

2.2. ENSAMBLE MANUAL Y SOLDADURA

La línea de ensamble manual se encarga de insertar todos los componentes de inserción manual. La secuencia de trabajo empieza instalando los componentes de potencia tales como transistores, FETs y circuitos integrados que necesitan alta disipación de calor.

Esta primera fase de ensamble se conoce como ensamble de convector.

Se instalan estos componentes al principio, porque todos van asegurados a una barra metálica de aluminio que actúa como disipador térmico, ya que de no hacerlo así, no podríamos girar el tablero para seguir ensamblando los demás componentes.

La segunda fase es el ensamble de componentes axiales y radiales de menor tamaño que no van sujetos a ningún disipador o soporte.

En ambas fases se utilizan bastidores para colocar los tableros y poder trabajar con ellos, y al final, el tablero pasa a la máquina de soldar U-2000 montado en estos bastidores para facilitar el proceso de soldadura.

Los bastidores con tableros listos para soldar entran a la máquina por medio de una cadena transportadora a una velocidad específica para tipo de producto, dependiendo del tamaño de la tablilla y cantidad de componentes.

Esta máquina consiste en una serie de precalentadores que están calibrados a temperaturas diferentes de menor a mayor con el

fin de reducir el choque térmico al entrar en contacto la tablilla con la soldadura.

La sección de soldadura denominada “ola”, es un sistema de bombeo de soldadura fundida contenida en un depósito caliente a temperatura constante, el cual permite que la soldadura se aplique uniformemente sobre la superficie de la tablilla y a través de sus orificios. Una vez que los bastidores con tablilla salen de la máquina de soldar, pasan por un túnel de enfriamiento que consiste en un transportador de cadena sobre el que se aplica por convección aire frío (aproximadamente 15° C), de esta manera, a la salida del túnel, los bastidores son tomados por un operador cuando tienen una temperatura promedio de 35° C para evitar riesgos de quemaduras por alta temperatura al manejar el material.

2.3. PRUEBA ELÉCTRICA

Los tableros provenientes del túnel de enfriamiento son colocados en una banda transportadora que los coloca al alcance de las operadoras de la prueba eléctrica. Estas toman el tablero de la banda, para insertarlo en un arnés de prueba donde existen una serie

de terminales de contacto que coinciden con puntos de prueba específicos para tomar lecturas de impedancias y continuidad así como habilitar la memoria EPROM para poder establecer comunicación con el microprocesador más adelante durante las pruebas de túnel y calibración final.

Una vez que los tableros han sido aceptados en la prueba eléctrica, éstos pasan a la estación de trabajo, donde se les instalará una cubierta frontal metálica que se fija al tablero con 4 tornillos.

2.4. PRUEBA FUNCIONAL EN ALTA TEMPERATURA

Al ensamblar la cubierta frontal, el producto está listo para ser sometido a la prueba de funcionalidad en un ambiente extremo de 85° C.

La prueba consiste en 2 etapas, primero; el producto entra a un canal o túnel de precalentamiento, que mueve los productos a intervalos de aproximadamente 25 segundos, por medio de un sistema de riel que los va corriendo hacia la cabeza de prueba. Cuando el producto llega a la cabeza de prueba, este ya tiene

estabilizada la temperatura a $+85^{\circ}$ C, entonces está en condiciones de probarse. Esta prueba dura unos 20 segundos.

Durante la prueba, la computadora de este proceso, establece comunicación con el producto por medio del software que, proporciona la alimentación necesaria para activar el circuito, e inmediatamente buscar la “bandera” que fue grabada en la prueba eléctrica, y comienza a ejercitar el programa grabado en el EPROM. Al terminar la rutina, el programa emite un mensaje de “aceptación” y se restablece todo el sistema para una nueva prueba.

2.5. RECUBRIMIENTO CON SILICÓN

Debido a la alta sensibilidad de los componentes integrados a las descargas electrostáticas, - lo que aumenta considerablemente con la acción del polvo y partículas suspendidas en el aire, humedad, mal manejo del material, etc., el producto debe estar protegido con un recubrimiento de silicón, el cual aislará el tablero completamente del medio que lo rodea.

Este proceso consiste en dos etapas, recubrimiento y curado. El primero se trata de la inmersión del cuerpo del producto en una tina

con silicón en estado líquido con propiedades antiestáticas que lo preservan de la humedad. La máquina utiliza un par de cadenas unidas entre sí por medio de unas barras que llevan unos conectores simulados donde se insertan los productos por el conector, la cadena se va moviendo en un recorrido que comienza sumergiendo las barras con productos en la tina con silicón.

Una vez que el tablero está recubierto, entra al canal de curado, donde por medio de un horno el silicón se cura a una temperatura de 70° C durante un período de 45 minutos.

A la salida de la máquina de recubrimiento, se realiza una inspección visual con luz ultravioleta para detectar defectos en el recubrimiento.

2.6. ENSAMBLE FINAL

Los tableros que llegan a esta sección del proceso, están listos para terminarse de armar.

Este proceso consiste en colocar el sub-ensamble “tablero-cubierta frontal” dentro de la tapa, atornillarlo, colocarle la etiqueta de identificación y los “grommets” o guasas de plástico que servirán

para sujetarlo al cuerpo del vehículo en la planta ensambladora de carros.

El ensamble final comienza con la generación de la etiqueta de la cubierta. Esto sucede cuando la operadora toma el sub-ensamble y lee la etiqueta con el lector de código de barras. La lectura entra al sistema, y procede a imprimir una etiqueta. La operadora toma ésta y la coloca sin pegarla sobre el tablero.

La siguiente operadora toma el sub-ensamble, separa la etiqueta, e inserta el mismo dentro de la cubierta metálica. Por último, centra la etiqueta en medio de una cara lateral de la cubierta y la pega completamente.

La tercera operadora coloca sobre las guías de la cubierta frontal 3 guasas y coloca el producto dentro de la máquina insertadora, acciona dos botones y mediante una prensa, las guasas son colocadas a presión en su posición final.

La última operadora consiste en una prueba neumática para verificar el sellado de la unidad a una presión de 15 psi.

2.7. CALIBRACIÓN

La estación de prueba final o calibración consiste en una prueba funcional y la inserción del modo normal de operación del programa para que el producto pueda funcionar en el vehículo una vez ensamblado.

2.8. EMPAQUE

Una vez calibrado, el producto pasa a inspección visual y finalmente al sistema de empaque para leer la etiqueta y generar un registro en una base de datos donde queda grabado el número de parte del producto para cualquier aclaración futura, una vez que fue registrado, se coloca en cajas para ser enviado al cliente.

3. CALIDAD A LA PRIMERA VEZ

3.1. DEFINICIÓN

Todos los procesos de manufactura en cualquier compañía necesitan ser controlados para poder así determinar el nivel de eficiencia en el que operan.

Esta eficiencia está determinada en función de los requisitos o especificaciones que el cliente establece para un producto en particular, de donde se concluye que la calidad estará determinada por la desviación que el proceso desarrolle a partir de dichas especificaciones.

A partir de este criterio, nos urge desarrollar un procedimiento para calcular esta desviación, de manera que sea lo más real posible, esto es; un cálculo más dinámico y preciso en comparación con un tradicional promedio ó media aritmética.

Este debe ser un cálculo que indique en cada fase del proceso a medida que este avanza, la proporción real de productos que van siendo procesados y que, en cada estación de inspección son aprobados o “pasados” en la primera inspección sin necesidad de confirmar que realmente sean productos “buenos” en caso de tener un rechazo de inspección en la primera prueba.

3.2. DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN

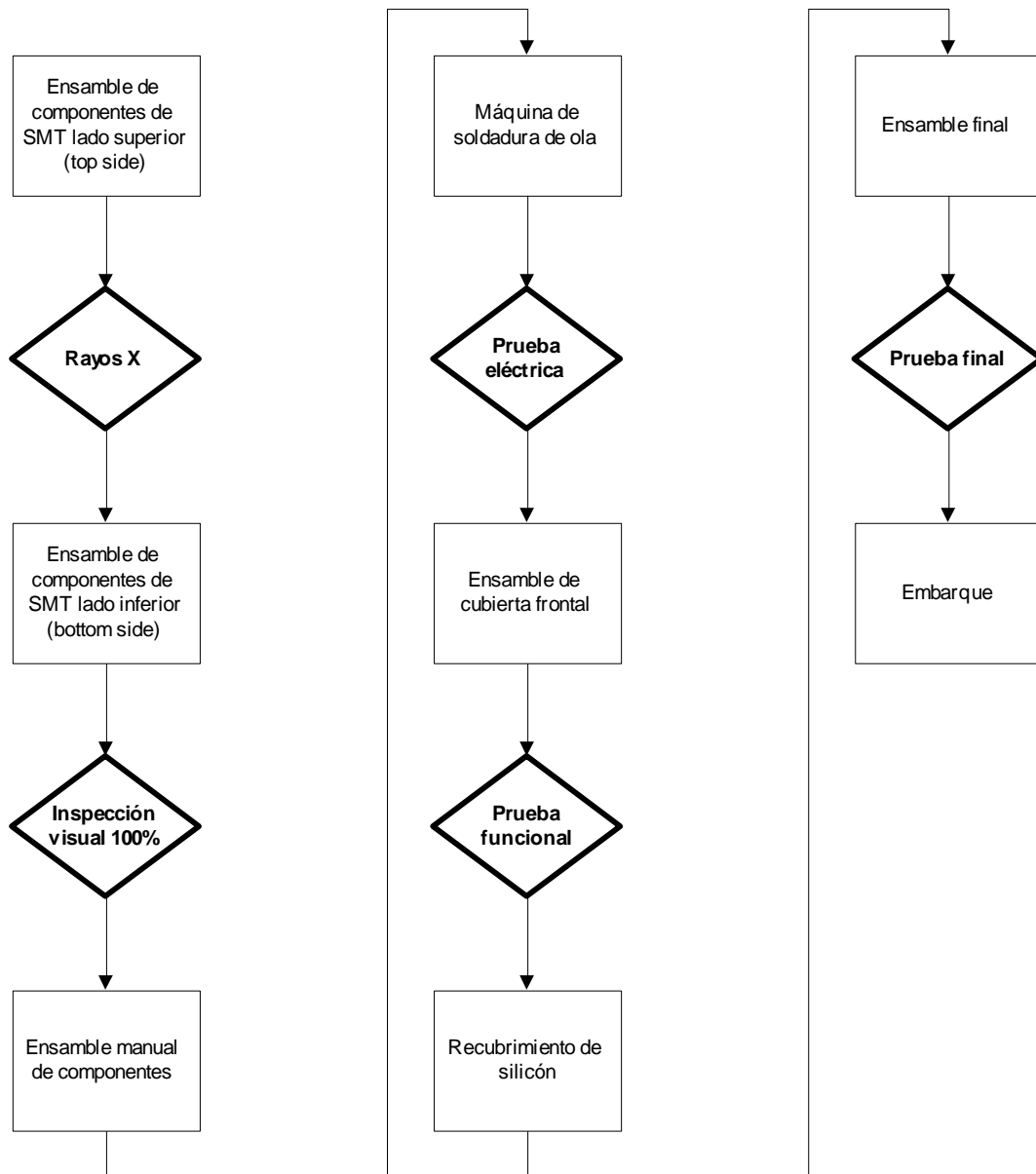
La estrategia que debe seguirse para identificar las estaciones de trabajo de donde se extrae la información necesaria para generar el cálculo de eficiencia, consiste en identificar todas aquellas inspecciones o verificaciones de las estaciones de trabajo precedentes, de esta forma se asegura que cualquier defecto sea registrado.

Sin embargo, la decisión no debe ser tomada a la ligera, ya que, como se explica más adelante, durante el cálculo de la calidad a la primera vez, el número de puntos de medición a través del proceso, no puede ser muy elevado, ya que a medida que éste se incrementa, la dispersión del resultado es mucho más elevada y, por

lo tanto, estabilizar el comportamiento del proceso a niveles aceptables de desempeño puede resultar poco menos que imposible, y por consiguiente, la efectividad del método de control quedará fuera de contexto, por lo que, análisis mucho más realistas acerca del planteamiento del mismo serán necesarios para reasumir el correcto monitoreo del mismo y tener resultados más representativos del status del proceso.

En el diagrama 1 de la siguiente página, se muestran resaltadas las inspecciones de donde se tomarán datos para los cálculos.

DIAGRAMA 1
FLUJO DE MANUFACTURA MODULO # 2



3.3. CRITERIOS DE MEDICIÓN

En función del tipo de proceso y de los parámetros que en la inspección se midan, se identificará una lista de defectos que será registrada al 100% durante todo el período que el reporte refleje.

Para efectos de este reporte, la información será generada mensualmente, de modo que el período de registro de información comprenderá a partir del día 1° de cada mes hasta el día 30.

En la tabla 2 se muestra esta lista para cada una de las inspecciones:

TABLA 2 INSPECCIONES

INSPECCIÓN	DEFECTO
Rayos X	Componente Ausente, Insuficiencia de soldadura, Cortos, Componente movido, Componente invertido
Inspección Visual 100%	Componente Ausente, Componente Dañado, Componente levantado, Componente fuera de Posición, Exceso de Goma.
Prueba Eléctrica	Componente Ausente, Componente Defectuoso, Corto, Componente equivocado, Componente invertido
Prueba Funcional en Caliente	Proceso de Bandera, Componente equivocado, Corto, Componente Invertido, Insuficiencia de Soldadura, Componente Movido
Prueba Final	Proceso de Bandera, Etiqueta Equivocada, Corto, Componente Ausente, Componente Dañado

3.4. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA POR PROCESO

Cada proceso tiene un desempeño individual que variará de uno a otro debido a los diferentes parámetros que intervienen en cada uno de ellos y que los hace particularmente especiales. Una vez que dichos parámetros han sido determinados y bien definidos entre el equipo de trabajo, se procederá a recolectar información durante períodos de tiempo establecidos de común acuerdo entre todos los miembros del equipo de trabajo. El equipo deberá entender perfectamente cual es el algoritmo que regirá este cálculo que para efectos de este reporte utilizará la fórmula general siguiente:

$$\text{EFICIENCIA} = \left[\frac{\text{PP} - \text{PR}}{\text{PP}} * 100 \right] \quad (\text{Ecuación \# 1})$$

De donde:

EFICIENCIA= El porcentaje de producción libre de defectos en un período

PP = Partes probadas durante el período

PR = Partes rechazadas durante el período

Una vez que se han establecido éstas fórmulas, se diseñará una tabla con la que se calculará la eficiencia de cada estación de trabajo, de donde se obtendrá la información para generar la gráfica descrita en el siguiente tema teniéndose las siguientes tablas:

TABLA 3 REPORTE DE EFICIENCIA DE RAYOS ‘X’

	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Unidades Probadas	11654	4209	3611	7120	11771	10761	1185	4276	8378	1720			
Unidades Rechazadas	482	220	112	246	318	295	26	125	244	97			
Eficiencia (%)	95.86	94.77	96.90	96.54	97.30	97.26	97.81	97.08	97.09	94.36			
DEFECTOS													
Componente Ausente	0	15	0	9	7	64	0	1	1	2			
Insuficiencia de Soldadura	2	9	2	5	4	6	0	0	4	3			
Cortos	58	21	1	9	40	17	0	6	7	1			
Componente Movidio	55	12	22	76	27	68	4	1	15	18			
Componente Levantado	3	2	0	1	3	8	3	0	2	0			
Totales	118	49	25	100	81	163	7	8	29	24			

TABLA 4 REPORTE DE EFICIENCIA DE INSPECCION VISUAL 100%

	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Unidades Probadas	11654	4209	3611	7120	11771	10761	1185	4379	8249	1366			
Unidades Rechazadas	141	49	30	61	169	134	14	48	25	17			
Eficiencia (%)	98.79	98.84	99.17	99.14	98.56	98.75	98.78	98.90	99.70	98.76			
DEFECTOS													
Componente Ausente	0	1	0	9	7	64	0	1	1	1			
Componente Dañado	2	0	2	5	4	6	0	0	4	3			
Componente fuera de Posición	0	1	1	9	40	17	0	6	7	1			
Exceso de Goma	0	0	22	76	27	68	4	1	15	18			
Componente Levantado	3	2	0	1	3	8	3	0	2	0			
Totales	5	49	25	100	81	163	7	8	29	24			

TABLA 5 REPORTE DE EFICIENCIA DE PRUEBA ELÉCTRICA

	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Unidades Probadas	11654	4209	3611	7120	11771	10761	1185	5563	7706	1923			
Unidades Rechazadas	183	71	60	52	227	108	0	145	266	68			
Eficiencia (%)	98.43	98.32	98.32	99.26	98.07	98.99	100.00	97.4	96.55	96.46			
DEFECTOS													
Componente Ausente	0	15	0	9	7	15	0	1	1	2			
Insuficiencia de Soldadura	2	9	2	5	4	6	0	0	4	4			
Cortos	58	21	1	9	40	17	0	4	7	1			
Componente Movido	55	12	22	29	27	19	0	1	8	12			
Componente Levantado	3	2	0	1	3	8	0	0	2	0			
Totales	118	49	25	53	81	65	0	6	22	19			

TABLA 6 REPORTE DE EFICIENCIA DE PRUEBA FUNCIONAL

	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Unidades Probadas	11111	4512	3567	6862	12378	10876	0	5562	7950	1966			
Unidades Rechazadas	172	69	35	128	163	191	0	63	125	61			
Eficiencia (%)	98.45	98.47	99.02	98.13	98.68	98.24	0.00	98.87	98.43	96.90			
DEFECTOS													
Proceso de Bandera	18	2	2	10	1	7	0	3	1	0			
Componente Equivocado,	12	4	0	0	1	0	0	0	2	0			
Corto	3	5	1	8	34	14	0	18	36	4			
Componente Invertido	0	0	0	0	1	7	0	0	0	0			
Insuficiencia de Soldadura	0	1	0	1	0	0	0	3	0	0			
Componente Movido	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0			
Totales	33	12	3	20	39	29	0	24	39	4			

TABLA 7 REPORTE DE EFICIENCIA DE PRUEBA FINAL

	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total
Unidades Probadas	11654	4521	3567	6791	12352	10833	0	5567	7933	1944			
Unidades Rechazadas	197	96	37	71	227	212	0	87	170	36			
Eficiencia (%)	98.31	97.88	98.96	98.95	98.16	98.04	0	98.44	97.86	98.15			
DEFECTOS													
Componente Ausente	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0			
Etiqueta Equivocada	0	2	2	10	40	6	0	13	13	4			
Cortos	0	3	0	2	5	2	0	1	4	2			
Proceso de Bandera	0	3	1	6	0	8	0	11	3	0			
Componente Dañado	0	1	0	1	1	1	0	2	0	0			
Totales	0	9	4	19	46	17	0	27	20	6			

3.5. CÁLCULO DE LA CALIDAD A LA PRIMERA VEZ

Una vez que se han establecido las fórmulas para calcular la gráfica, mediante una pequeña base de datos, se capturarán los mismos, de modo que ésta genere automáticamente la curva en un eje X-Y.

Para efectos de este trabajo, es necesario determinar una manera apropiada de presentar esta información, de modo que refleje plenamente el comportamiento del proceso. El cálculo de la calidad a la primera vez se establece en el criterio de que, teniendo 5 estaciones de control del proceso, para obtener un mínimo de 95% de eficiencia global, se necesita obtener al menos un 99% individual por estación.

Ejemplificando, si se fabrican 100 piezas, solo se pueden descartar 5 como defectuosas, lo cual hará 95 piezas que implican un 95% de eficiencia; esto quiere decir que de cada estación debe salir sólo un producto defectuoso, por lo tanto se tendrá:

99 Productos buenos en rayos “X”

99 Productos buenos en inspección visual al 100%

99 Productos buenos en prueba eléctrica

99 Productos buenos en prueba funcional en caliente

99 Productos buenos en prueba final

Lo cual representa un 99% mínimo en cada estación de trabajo y comprobable de la siguiente manera:

$$FTQ = E_{X \text{ Ray}} * E_{Vis \text{ Insp}} * E_{In - Ckt} * E_{Hot} * E_{fin} \quad (\text{Ecuación \# 2})$$

Donde:

FTQ= Calidad a la primera vez

$E_{X \text{ Ray}}$ = Eficiencia de la estación de rayos “X”

$E_{Vis \text{ Insp}}$ = Eficiencia de la estación de inspección visual al 100%

$E_{In - Ckt}$ = Eficiencia de la estación de prueba eléctrica

E_{Hot} = Eficiencia de la estación de prueba funcional en caliente

E_{Fin} = Eficiencia de la estación de prueba final

4. GRÁFICAS DE CONTROL

4.1. GRÁFICA DE CALIDAD A LA PRIMERA VEZ

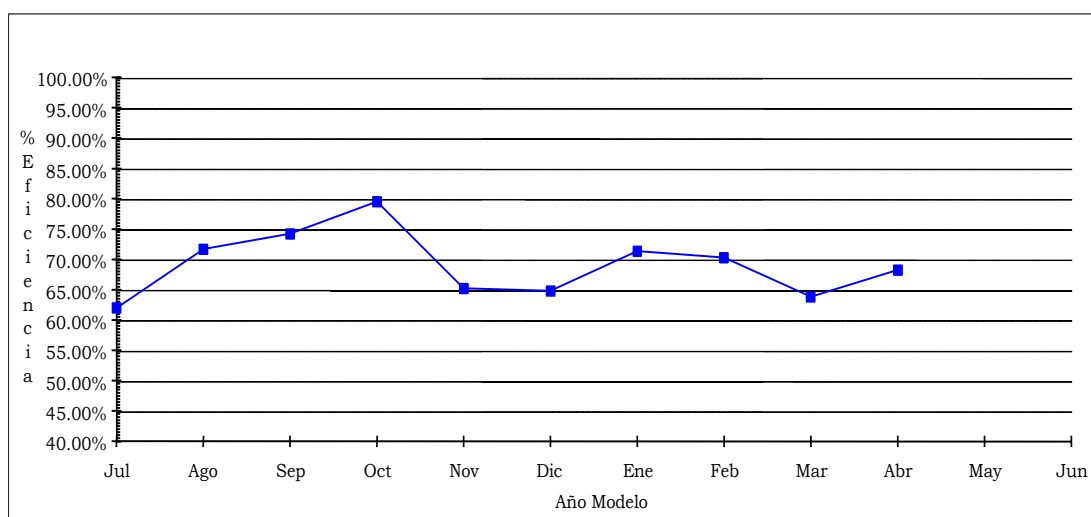
Los resultados encontrados por medio de los cálculos explicados en el capítulo anterior tienen un nivel de precisión bastante elevado y bastante sensible a cualquier desviación que pudiera ocurrir dentro del desempeño normal de cualquier proceso, sin embargo, carece del impacto necesario para, con un simple vistazo poder captar la magnitud del comportamiento de nuestro proceso, para tal propósito, es necesario transformar dichos números en una representación gráfica que sea sencilla y que cubra todos los detalles importantes para el control del proceso.

A continuación, se muestra el diseño de una gráfica acumulativa la cual comprende todo el período de vida del producto, que generalmente comienza en el mes de julio y termina en el mes

de junio del siguiente año debido a la forma en que opera la introducción de nuevos automóviles en esta industria.

La gráfica 1 nos muestra cómo el comportamiento del proceso traducido en eficiencia es inversamente proporcional al número de variaciones que experimenta el mismo durante un período dado y, mucho más acentuada la variación de la curva debido al cálculo de la calidad a la primera vez.

GRÁFICA 1. CALIDAD A LA PRIMERA VEZ



	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Rayos X	92.71%	89.78%	93.81%	94.47%	85.94%	88.11%	82.72%	91.54%	88.46%	91.54%		
Inspeccion Visual	95.10%	98.04%	96.46%	98.05%	96.99%	96.12%	96.82%	97.40%	98.30%	97.45%		
Prueba Eléctrica	100.00%	97.72%	93.81%	99.11%	96.27%	94.31%	99.04%	91.30%	88.28%	90.88%		
Prueba Funcional en Caliente	70.27%	90.49%	92.34%	92.28%	90.11%	90.32%	97.77%	90.82%	89.99%	91.79%		
Prueba Final	100.00%	92.04%	94.64%	93.83%	90.11%	89.84%	91.99%	95.05%	92.40%	91.69%		
Calidad a la Primera Vez	61.96%	71.64%	74.18%	79.49%	65.16%	64.81%	71.34%	70.27%	63.83%	68.23%		

4.2. GRÁFICA DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS

Si bien el hecho de saber en un momento dado cuál es la situación del proceso, -si está perdiendo o ganando dinero por concepto de rechazos de calidad,- es también cierto que nada se puede hacer sin haber identificado plenamente cual es la causa de las desviaciones del mismo, no basta sólo con decir que existe el problema, sino que se requiere un análisis más profundo del asunto en cuestión de localizar perfectamente cuál es la causa raíz del defecto ó defectos encontrados durante el período de medición.

La razón por la que se genera este análisis de causas raíz de baja eficiencia es simplemente la necesidad de identificar las áreas de mejora en las que el equipo de trabajo debe enfocar sus esfuerzos y considerablemente reducir su tiempo de ciclo y evitar costos adicionales por concepto de fallas en el proceso. Estas fallas, detectadas en alguno de los puntos de medición establecidos a través del proceso, no necesariamente son generadas en el proceso en el que fueron registradas, sino que, por razón de las desviaciones propias de cada uno de los sistemas o equipos y la diferencia en la

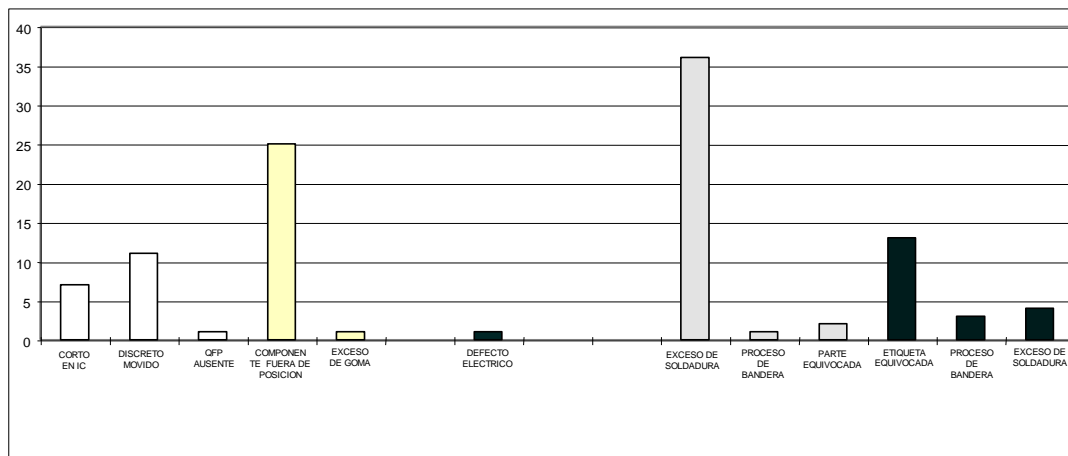
apreciación de éstos por el factor humano, pueden escapar a la inspección en puntos previos.

Esta gráfica está basada en la información reportada en la sección de “DEFECTOS” del reporte de eficiencia de cada estación de trabajo y se ha diseñado como se aprecia en la gráfica 2:

GRÁFICA 2. DE LOS TRES PRINCIPALES PROBLEMAS

EFIC	97.09%	99.70%	96.55%	98.43%	97.86%	FTQ		
	RAYOS X	MONTAJE SUPERF	PRUEBA ELECTRICA	PRUEBA FUNCIONAL	PRUEBA FINAL	90.02%		
	DEFECT	CANT	DEFECT	CANT	DEFECT	CANT	DEFECTO	CANT
	CORTO EN IC	7	FUERA DE POSICION	25	ELECTRICO	1	CORTO	36
	DISCRETO MOVIDO	11	EXCESO DE GOMA	1			PROC DE BANDERA	1
	QFP AUSENTE	1					COMPONENTE EQUIV.	2
							ETIQUETA EQUIV	13
							PROC DE BANDERA	3
							EXCESO DE SOLD	4

MAR



	RAYOS X
	MONTAJE
	PRUEBA
	PRUEBA FUNCIONAL
	PRUEBA FINAL

CALIDAD A LA PRIMERA VEZ	
ENE	96.62
FEB	91.01
MAR	90.02

5. ACCIONES CORRECTIVAS

5.1. ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS

Una vez que hemos determinado los principales problemas del proceso, se analizarán con mayor detalle los tres principales problemas que la gráfica nos muestra, para lo cual, se revisan los reportes de reparación que indican los componentes reemplazados, de modo que se tenga un esquema de la proporción de cada uno de ellos y poder analizarlos individualmente para determinar el tipo de falla que sufrió el componente por mal desempeño del mismo o del proceso.

GRÁFICA 3. DISPERSIÓN DE DEFECTOS EN COMPONENTES DE MONTAJE SUPERFICIAL

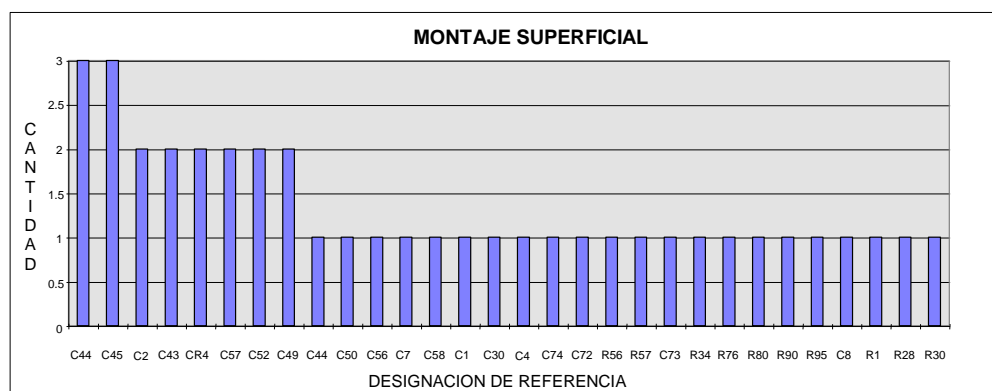
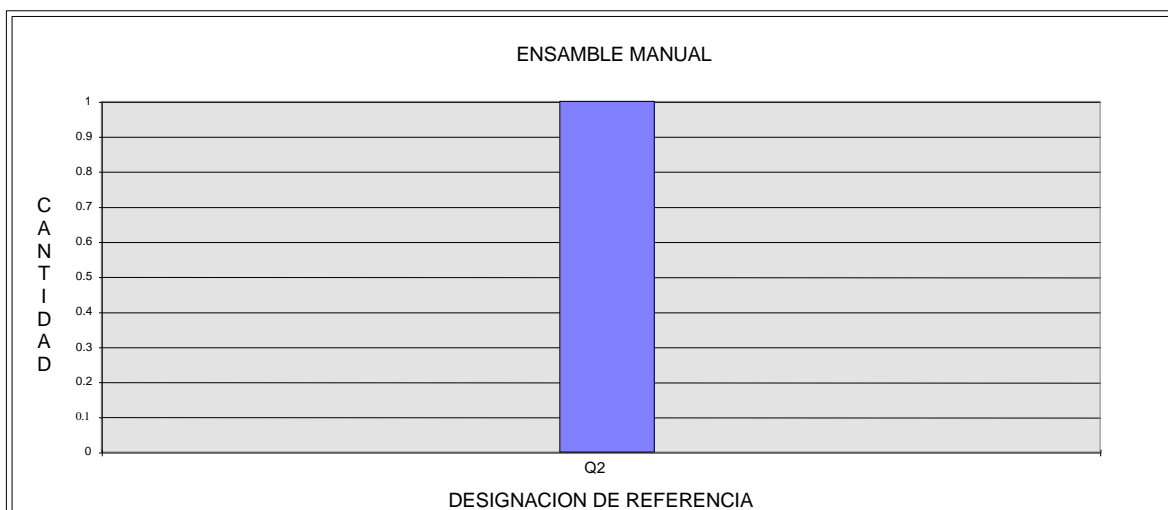


TABLA 8 COMPONENTES AUSENTES DEL PRODUCTO
MODELO 16201410

MONTAJE SUPERFICIAL		ENSAMBLE MANUAL	
<u>Designación de Referencia</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Designación de Referencia</u>	<u>Cantidad</u>
C44	3	Q2	1
C45	3		
C2	2		
C43	2		
CR4	2		
C57	2		
C52	2		
C49	2		
C44	1		
C50	1		
C56	1		
C71	1		
C58	1		
C17	1		
C30	1		
C4	1		
C74	1		
C72	1		
R56	1		
R57	1		
C73	1		
R34	1		
R76	1		
R80	1		
R90	1		
R95	1		
C81	1		
R14	1		
R28	1		
R30	1		

GRÁFICA 4. DISPERSIÓN DE DEFECTOS EN COMPONENTES DE ENSAMBLE MANUAL



Las figuras anteriores muestran la distribución de los defectos en componentes ya clasificados de modo que se facilite identificar y corregir aquellos de mayor incidencia y a la vez, sirva de referencia para los pasos posteriores.

Una vez hecho acopio de todas estas herramientas, el siguiente paso es comunicar la situación al equipo de trabajo que se encargará de resolver los problemas. Esta información debe mostrar el impacto directo enfocado a tiempo de recuperación, retrasos en el programa de producción e impacto a corto plazo con el cliente.

El grupo de trabajo está compuesto por Ingeniería de Manufactura, Ingeniería de Producto, Ingeniería de Calidad, Materiales y Mantenimiento, quienes deberán reunirse para

establecer planes de acción encaminados a eliminar de manera sistemática y permanente las causas raíz de los problemas

5.2. DEFINICIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Existen tres categorías de métodos estadísticos de acuerdo con su nivel de dificultad:

A. Método Estadístico Elemental

- i. Cuadro de Pareto: el principio de pocos vitales, muchos triviales
- ii. Diagrama de Causa y Efecto
- iii. Estratificación
- iv. Hoja de Verificación
- v. Histograma
- vi. Diagrama de Dispersión
- vii. Gráficas y Cuadros de Control

Estas son siete herramientas llamadas indispensables para el Control de Calidad usadas actualmente por

presidentes de empresas, miembros de la junta, gerentes intermedios, supervisores y trabajadores de línea. Estas herramientas también se emplean en diversas divisiones, no sólo en las de manufactura, sino también en las de planeación, diseño, mercadeo, compras y tecnología. Basados en la experiencia, hasta un 95% de los problemas de una empresa se pueden resolver con estas herramientas, que a veces se comparan con las siete herramientas de Benkei, el guerrero del siglo XII. Si una persona no se adiestra en el manejo de estas sencillas y elementales herramientas, no puede aspirar a un dominio de los métodos más difíciles.

B. Método Estadístico Intermedio

- i. Teoría del Muestreo
- ii. Inspección Estadística por Muestreo
- iii. Diversos métodos de realizar estimaciones y pruebas estadísticas
- iv. Métodos de utilización de pruebas sensoriales

v. Método de Diseño de Experimentos

C. Método Estadístico Avanzado (Computarizado)

- i. Métodos avanzados de diseño de experimentos
- ii. Análisis de multivariables
- iii. Diversos métodos de Investigación de Operaciones

Sólo muy pocos ingenieros y técnicos se adiestrarán en los métodos estadísticos avanzados, a fin de emplearse en análisis de procesos y de calidad muy complejos.

El equipo de trabajo una vez reunido, discutirá los detalles del problema de modo que se defina una visión clara del mismo y consecuentemente establecer un plan de acción para eliminarlo efectivamente sin significar esto necesariamente que sea en forma apresurada sin considerar detalles que en un futuro inmediato pudieran hacer resurgir el problema.

Durante estas sesiones debe designarse una persona encargada de tomar notas y de generar formatos específicos que sean utilizados

como herramientas que faciliten la documentación de la acción correctiva para futuras referencias.

Una vez que el concepto de la acción correctiva ha sido definido, el equipo deberá identificar a los miembros responsables de implementar la solución del problema.

5.3. VERIFICACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Durante el período de implementación de la acción correctiva, será necesario realizar un reporte de avance o “status” del proyecto. Una manera bastante sencilla de hacerlo es el uso de Gráficas de Gantt. En ella se pueden listar todas las actividades necesarias para lograr la implementación del plan en base a una escala fechada que irá reflejando cuál es la desviación o la precisión de éste en una fecha dada, y con la opción de poder ir marcando los avances logrados.

Existen varias versiones de programas de computadora que pueden servir para desarrollar gráficas de éste tipo de una manera sencilla. Uno de éstos es el programa llamado MS Project, que puede generar versiones modificadas de Gantt y Camino Crítico (CPM).

En la gráfica 5 se muestra una de éstas versiones la cual es bastante sencilla y objetiva señalando fecha de inicio y término, así como la interrelación entre actividades.

GRAFICA 5 GRAFICA DE GANTT



Al término del proyecto, el equipo de trabajo se reunirá a formular un reporte final acerca del problema y los resultados finales de la implementación de la acción correctiva. Esta información será archivada con fines de control interno y para futuras referencias como se mencionó en líneas anteriores.

6. DISCUSIÓN

6.1. CONCLUSIONES

La Calidad a la Primera Vez es la medición del número de piezas rechazadas en un proceso de manufactura contra el total de piezas fabricadas.

La Calidad a la Primera Vez es importante porque si no fabricamos partes sin defectos, tendremos que inspeccionar nuestra calidad. Sabemos que la inspección es efectiva a lo sumo en un 85% y que, en el momento que el FTQ sea menor que 100, dependeremos de la inspección para proteger a nuestro cliente.

También es importante para reducir los costos de manufactura al eliminar o reducir la mano de obra por tiempo extra, energía, suministros, materiales, embarques urgentes, y pagos por multas contractuales por embarques retrasados.

Elimina desperdicios a lo largo del flujo de producción y ayuda a cumplir con las expectativas del cliente.

Un proceso controlado solo por inspección atrapa defectos, actúa como un filtro, pero algunos de ellos escapan, y se convierten en problemas para el cliente (Fig 1)



Fig 1

Un proceso controlado por Calidad a la Primera Vez detecta y contabiliza los defectos....(Fig 2)



Fig 2

Reacciona a los límites de alarma....(Fig 3)



Fig 3

Sigue un plan de reacción.....(Fig 4)

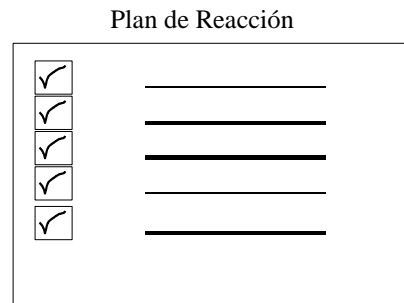


Fig 4

Promueve CERO DEFECTOS.....(Fig 5)



Fig 5

Escucha la voz del cliente.....(Fig 6)



Fig 6

Analiza la información, entiende los defectos y decide el orden de prioridad.....(Fig 7)

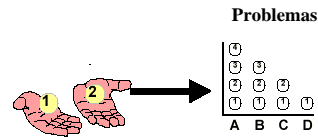


Fig 7

Asigna los problemas al grupo funcional....(Fig 8)



Fig 8

Selecciona y planea el mejoramiento.....(Fig 9)

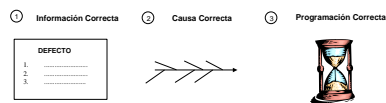


Fig 9

Soluciona los problemas principales primero.....(Fig 10)



Fig 10

El FTQ necesita medirse porque es la primera señal que indica cuando un proceso está fuera de control (Fig 11)

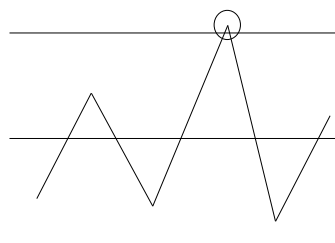


Fig 11

Esto nos permite responder a los problemas internamente antes que éstos alcancen a nuestros clientes (Fig 12)



Fig 12

Y al mismo tiempo, nos permite medir el mejoramiento debido a las acciones correctivas implementadas

Si no solucionamos nuestros problemas de calidad internamente, nunca seremos capaces de solucionar aquellos que ya han afectado a nuestro cliente

BIBLIOGRAFÍA

1. Industrial Engineering Handbook

H.B. Maynard

Mc. Graw-Hill

1963

2. Quality Planning & Analysis

Juran & Gryna

Mc. Graw-Hill

1980

3. The Machine that changed the world

James P. Womack, Daniel T. Jones & Daniel Roos

Harper-Perennial

1991

4. Quality Improvement through Defect Prevention

Philip Crosby

1985

5. Production Operations Management

William Stevenson

Richard Irwin, Inc.

1982 & 1986

6. ¿Qué es el Control Total de Calidad?

Kaoru Ishikawa

Editorial Norma

1986

LISTADO DE TABLAS

<u>Descripción de Tabla</u>	<u>Página</u>
Tabla 1. Tipos de mediciones	12
Tabla 2. Inspecciones	26
Tabla 3. Reporte de eficiencia de rayos X	28
Tabla 4. Reporte de eficiencia de inspección visual 100%	28
Tabla 5. Reporte de eficiencia de prueba eléctrica	29
Tabla 6. Reporte de eficiencia de prueba funcional	29
Tabla 7. Reporte de eficiencia de prueba final	30
Tabla 8. Componentes ausentes del modelo 16201410	38

LISTADO DE GRÁFICAS

<u>Descripción de Gráficas</u>	<u>Página</u>
Gráfica 1. Calidad a la primera vez	33
Gráfica 2. De los tres principales problemas	35
Gráfica 3. Dispersión de defectos en componentes de montaje superficial	37
Gráfica 4. Dispersión de defectos en componentes de ensamble manual	39
Gráfica 5. Gráfica de Gantt	43

LISTADO DE DIAGRAMAS

<u>Descripción de Diagramas</u>	<u>Página</u>
Diagrama 1. Flujo de manufactura Módulo # 2	25

LISTADO DE ECUACIONES

<u>Descripción de Ecuaciones</u>	<u>Página</u>
Ecuación 1. Eficiencia	27
Ecuación 2. FTQ	31

GLOSARIO

- Montaje Superficial** Tipo de ensamble de componentes electrónicos que por sus dimensiones puebla densamente una tablilla de circuito impreso que no tiene terminales convencionales de alambre axiales o radiales y que se suelda al circuito impreso por medio de soldadura en pasta que se solidifica por medio de un sistema de hornos de curado.
- Ensamble Manual** Tipo de ensamble realizado por operadores donde los componentes con terminales de alambre axial o radial se insertan en orificios para soldarse posteriormente utilizando un proceso de soldadura de ola.
- Soldadura de Ola** Proceso en el que se utilizan dos etapas de aplicación de soldadura comúnmente llamadas

‘olas’, la ola omega y la ola lambda u ola de chips o componentes de reflujo y la ola de componentes del lado inferior de la tablilla.

Prueba Eléctrica O de “In Circuit”, es una prueba del circuito sin energizarlo, básicamente midiendo impedancias y continuidades en ciertos puntos de prueba previamente definidos.

Prueba funcional Es la prueba donde se energiza el circuito y se establece comunicación con el microprocesador para que éste realice ciertas rutinas y se pueda verificar su correcto funcionamiento

Calibración Acción de fijar los parámetros finales de operación después de haber verificado el funcionamiento correcto de un circuito por medio de la prueba funcional.

Benchmarking Es un análisis comparativo de las características de un sistema frente a otros existentes.

Análisis de Pareto	Método basado en la frecuencia y distribución de tipos de problemas que afectan un proceso.
Gráfica de Gantt	Gráfica de seguimiento de proyectos y actividades.
Esténcil	Patrón de ubicación de componentes en una tablilla electrónica utilizado para la aplicación de soldadura en pasta en un proceso de Montaje Superficial.
Chips	Nombre genérico asignado tanto a componentes de Montaje Superficial como a Circuitos Integrados.
FETs	Acrónimo utilizado para identificar un transistor de efecto de campo o “Field Effect Transistor”
Convector	Barra metálica utilizada como disipador térmico en circuitos de potencia.
Componentes axiales	Componentes de ensamble por inserción en orificios cuyas terminales están alineadas en uno y

otro extremo de un eje longitudinal imaginario trazado a lo largo del cuerpo del componente.

Componentes radiales Componentes de ensamble por inserción en orificios cuyas terminales están situadas en un solo lado del cuerpo del componente.

EPROM Tipo de memoria en un microprocesador comúnmente llamado “Memoria Volátil Programable de Salida Aleatoria o Erasable Programmable Random Output Memory”.

FTQ Calidad a la Primera Vez o First Time Quality.

Status Situación, condición actual o última de un evento.

CPM Camino Crítico o Critical Path Method.

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Antonio Guillermo Pérez Rosas es originario de Veracruz, Ver., nació el 13 de Junio de 1959, su carrera profesional la cursó en el Instituto Tecnológico Regional de Veracruz en el período de Septiembre de 1978 a Diciembre de 1983.

Cursó y se graduó en la carrera de Ingeniería Industrial Opción Producción.

En el período de 1980 a 1982, trabajó como Analista de Ingeniería Industrial en Tubos de Acero de México, S.A. de C.V.

En 1984 ingresó a Astilleros Unidos de Veracruz, S.A. de C.V., como supervisor de soldadura y pailería en el área de construcción naval. En el mismo año fue llamado a trabajar en Aluminio, S.A. como Asesor Técnico de Vaciado teniendo como responsabilidad principal la preparación y puesta a punto de aleaciones especiales de aluminio producidas en esta compañía. En 1986 regresó a Astilleros Unidos como

Ingeniero responsable de instalación mecánica y eléctrica en buques petroleros.

En 1989 asistió a un curso de Automatización e instalación de equipo de navegación naval en Italia finalizando éste en Junio de 1990.

En Octubre del mismo año, ingresó a Delco Electronics Delnosa, en Reynosa Tamaulipas, donde ha desempeñado diversos puestos como Ingeniero de Equipo de Prueba, Ingeniero Industrial, Líder de Lanzamiento de nuevos Productos, Program Manager, Líder de Ingeniería de Manufactura, Response Team Leader, Líder de Core Team de Ingeniería de Producto, Líder de Cambios de Ingeniería, Manager de Cambios de Ingeniería, Líder de Lanzamiento de Nuevos Programas de Body & Security.

En Marzo de 2004 fue transferido a la unidad de negocios de Productos de Seguridad del Ocupante División Bolsas de Aire y Cinturones de Seguridad al haberse consolidado ésta con la División de Electrónica a fines de 2003 y, ante la necesidad de homologar procedimientos entre ambas, ocupó el mismo puesto de Líder de Lanzamiento de Nuevos Programas para un proyecto con nueva tecnología única en su género.

En Abril de 2006, nuevamente es requerido en Reynosa planta 6 División Audio y Multimedia para ocupar el puesto de Líder de Soporte al Cliente en el área de Calidad.

Ha impartido cátedra por siete años en la Universidad México-Americana del Norte en Ingeniería de Métodos, Electrónica, Circuitos Eléctricos, Dibujo Técnico, Estática y Resistencia de Materiales.