



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DEL AMEF PARA
DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES
PARA AUTOS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

**JOEL BARRERA MARTÍNEZ
HÉCTOR JULIÁN SOLÍS
MARIANA MANRÍQUEZ HERNÁNDEZ**



DIRECTOR: M.I. OCTAVIO ESTRADA CASTILLO

México, D. F.

Junio de 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTO

A Dios:

Por permitirme llegar hasta este momento de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México que me brindó la oportunidad de realizar mis estudios y alcanzar mis objetivos.

A mis profesores:

Por sus valiosas enseñanzas, su paciencia y consejos que guiaron durante mi formación académica y personal.

DEDICATORIA

A Mamá Lucy:

Por haberme educado, le agradezco el cariño, la paciencia y el amor que me ha brindado en todo momento.

A mis padres:

Por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, por los valores que me han inculcado, por su motivación que ha sido la base para desarrollarme profesionalmente. Gracias por su amor...

A mi hermano:

Por su apoyo en los momentos difíciles, porque siempre he contado con él y por su cariño y confianza.

A mis familiares:

Gracias a todos los que me impulsaron a llegar a este lugar, me resulta muy difícil poder nombrarlos a todos en este pequeño espacio, pero agradezco a cada uno de ellos (tías, tíos, primos...)

A mis amigos:

Con los que he compartido muchas experiencias, gracias por acompañarme en los momentos más importantes de mi vida, por brindarme su apoyo y amistad incondicional. Agradezco especialmente a mis compañeros de tesis, Joel, gracias por tu cariño y consejos que me has brindado durante estos años.

A Héctor:

Porque además de su amistad he tenido su amor, comprensión, apoyo, paciencia y que es mi motivación para seguir superándome.

Mariana Manríquez H.

AGRADECIMIENTO

A Dios por su gran misericordia y porque nunca me abandona.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser una gran institución, porque me ha dado una parte valiosa de mi educación, como profesionista y como ser humano, por ser la formadora y transformadora de generaciones de formas distintas de ver la realidad, por la libertad y diversidad de pensamiento que alberga.

A todos los profesores de la Facultad de Ingeniería, por sus enseñanzas y sobre todo por su experiencia que compartieron conmigo.

A Mariana y Joel, por su invitación para la elaboración de éste trabajo, por haber trabajado en conjunto, para cumplir con un paso más en la vida.

DEDICATORIA

A Mis Padres, que son mi ejemplo, por su ambición por darnos lo mejor, símbolo de constancia, honestidad, responsabilidad y superación, por su paciencia, por su apoyo incondicional, por la educación que me han dado las bases de mi formación como persona, por esa visión de futuro que me han inculcado y por ese gran amor que como Padres me han dado.

A Mis Hermanos, Elsa, Marcela y Javier, que son mi motivación para superarme, por el gran amor que nos une y por su fiel compañía, por apoyarme, por estar conmigo en todo momento y porque siempre han estado ahí cuando necesito de alguien.

A Mariana, por su compañía, comprensión, apoyo y gran amor que me ha demostrado día a día, por esas ganas de seguir adelante y luchar por tener un futuro próspero, por compartir su vida y sus sueños conmigo.

A mis Familiares y Amigos, por ser quienes ayudaron a crecer y aprender tantas cosas, por todas las vivencias que tuvimos juntos, por los mejores y los buenos tiempos, por los sueños perseguidos y por los ya alcanzados.

Héctor Julián S.

AGRADECIMIENTO

El más sincero Reconocimiento a mis padres, que con gran esfuerzo y dedicación nos han dado, a mis hermanos y a mí, una educación profesional y un cuidado extraordinario... Gracias.

Mi gratitud a la Máxima Casa de Estudios y a sus profesores, por su entrega y disposición para forjar mi preparación profesional, lo que me deja el compromiso de superarme día a día y acrecentar el prestigio de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Un especial agradecimiento a mis amigos, por su tolerancia y apoyo incondicional en todo momento, por aquellos buenos momentos que pasamos y pasaremos juntos.

DEDICATORIA

Este trabajo y lo que significa se lo dedico a Dios que siempre está conmigo e ilumina mi camino, a mi Familia que es el pilar más importante de mi vida y a Ivett quien es mi fuente de inspiración y motivación.

Joel Barrera M.

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

Capítulo I.	DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN DEL AMEF	
I.1	ANTECEDENTES	3
I.2	PROBLEMÁTICA	4
I.3	OBJETIVOS	4
I.4	METODOLOGÍA	4
I.5	JUSTIFICACIÓN	5
Capítulo II.	AMEF	
II.1	¿QUÉ ES AMEF?	6
II.2	TIPOS DE AMEF	7
II.3	AMEF COMO PARTE DEL CONTROL EN EL SISTEMA DE CALIDAD ISO 9000	9
II.4	REQUERIMIENTOS PARA HACER UN AMEF	11
II.5	VENTAJAS Y BENEFICIOS DE LA IMPLANTACIÓN DEL AMEF	11
II.6	DESVENTAJAS Y OBSTÁCULOS PARA LA IMPLANTACIÓN DEL AMEF	13
II.7	DOCUMENTACIÓN DEL AMEF	14
II.8	EVALUACIÓN DEL AMEF	18
Capítulo III.	METODOLOGÍA PARA IMPLANTAR EL AMEF DE PROCESO	
III.1	INTRODUCCIÓN	20
III.2	SELECCIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO	21
III.3	ESTABLECER TIPO DEL AMEF A APLICAR	21
III.4	OBJETIVOS Y LÍMITES	22
III.5	DETERMINAR MODOS POTENCIALES DE FALLA	24
III.6	DETERMINAR EFECTOS POTENCIALES DE FALLA	25
III.7	DETERMINAR CAUSAS POTENCIALES DE FALLA	26
III.8	IDENTIFICAR SISTEMAS DE CONTROL	27
III.9	ÍNDICES DE EVALUACIÓN A CADA MODO DE FALLA	27
III.10	CALCULAR NÚMEROS DE PRIORIDAD DE RIESGOS	30
III.11	PROPORCIONAR ACCIONES DE MEJORA	31
Capítulo IV.	CASO PRÁCTICO DE ESTUDIO DEL AMEF EN UNA EMPRESA	
IV.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FOCAL	35
IV.2	ELABORACIÓN DEL AMEF	39
IV.2.1	CREACIÓN Y FORMACIÓN DE EL EQUIPO PARA LA ELABORACIÓN DEL AMEF	40
IV.2.2	IDENTIFICAR EL PRODUCTO O PROCESO	40
IV.2.3	DIAGRAMAS	51
IV.2.4	LEVANTAMIENTO DATOS DE FALLAS Y CLASIFICACIÓN	56
IV.2.5	ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO DEL AMEF	68
IV.2.6	ACTIVIDADES RECOMENDADAS	90
	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	93
	ANEXOS	96
	GLOSARIO	99
	BIBLIOGRAFÍA	100

INTRODUCCIÓN

En los procesos de comercialización de bienes y servicios, con el objetivo de satisfacer al cliente, las empresas se han visto en la necesidad de ofrecer garantías, es decir, de comprometerse con el cliente por un período determinado a reparar o sustituir de manera total o parcial los productos que presenten defectos funcionales o de fabricación.

Este compromiso representa tranquilidad para el consumidor, el hecho de no poder disponer del producto durante un período de reparación o sustitución, o que éste se averíe con mucha frecuencia; representa un motivo de insatisfacción, el cual se traduce como una pérdida de prestigio para el proveedor y el interés principal del cliente recae en que el producto no falle.

Por estos motivos, es deseable colocar en el mercado un producto o servicio que no presente defectos, y para tal fin en el presente trabajo se expone el Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales (AMEF) como un procedimiento de gran utilidad para aumentar la confiabilidad y buscar soluciones a los problemas que puedan presentar los productos y procesos antes de que estos ocurran.

El AMEF, es una herramienta de gran utilidad en el desarrollo de cualquier producto que permite, de una forma sistemática, asegurar que han sido consideradas y analizadas todas las fallas potenciales.

Es decir, el AMEF permite identificar las variables significativas del proceso o producto para poder determinar y establecer las acciones correctivas necesarias para la prevención de la falla, o la detección de la misma si ésta se produce, evitando que productos defectuosos o inadecuados lleguen al cliente.

El presente trabajo, muestra el procedimiento para implementar el Análisis de Modos y Efectos de Fallas del Proceso, conocido como AMEF, en una empresa dedicada a la manufactura de vidrio automotriz llamada “Crinamex”, ubicada en Avenida Central Número 101 Xalostoc, Estado de México, a partir de

información obtenida en dicha empresa y de la investigación teórica realizada sobre el AMEF.

El capítulo I, presenta la referencia histórica del método a implantar, la necesidad de las empresas de contar con un método estandarizado para la planeación y el control de la calidad y la descripción de la problemática de la empresa, dando origen a la búsqueda de una metodología que solucione adecuadamente ésta necesidad.

El siguiente capítulo detalla el método de Análisis de Modos y Efectos de Fallas, así como los requerimientos y la documentación necesaria, considerándolo como parte del control en el sistema de calidad que se emplea en la industria automotriz. También se mencionan los beneficios, ventajas y desventajas que se presentan con la implantación del AMEF y la forma de evaluar los resultados obtenidos.

El capítulo III expone la metodología a seguir para la implantación del AMEF en cualquier tipo de empresa, sistemas administrativos y de servicios, así como los cálculos necesarios para obtener los índices de evaluación a cada modo de falla, los números de prioridad de riesgo y propuestas de mejora, para eliminar las causas de las fallas en forma sistemática y total desde su origen.

En el último capítulo se describe brevemente a la empresa “Crinamex”, su historia, sus procesos y sus productos. Se pone en práctica la metodología del AMEF de Proceso para la solución del problema que se presenta en la empresa, obteniendo el documento requerido y las consideraciones especiales para aplicar en el nuevo producto.

Capítulo I. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN DEL AMEF

I.1. Antecedentes

Como predecesores del AMEF, existían algunos métodos de análisis de problemas, de los cuales se pueden destacar el método desarrollado por Kepner y Tregoe, conocido como técnicas KT, en el cual ya existía una priorización a estos problemas potenciales asociándoles una probabilidad de falla y un índice de gravedad asociado a la misma.

“La disciplina del AMEF fue desarrollada en el ejército de Estados Unidos por los ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), y era conocido como el procedimiento militar MIL-P-1629, titulado “Procedimiento para la Ejecución de un Modo de Falla, Efectos y Análisis de criticabilidad” y elaborado el 9 de noviembre de 1949; este era empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos.” En la siguiente década se extendió a las empresas automovilísticas, de la cual FORD fue pionero en utilizar este método, y pronto sería utilizado por el resto de la industria del automóvil.

(<http://www.fmeca.com>)

“En la actualidad, el AMEF constituye una poderosa herramienta preventiva y de análisis, y su aplicación se ha extendido a la mayoría de los campos de la industria donde el diseño, el proceso o los medios constituyen una base fundamental para obtener una elevada calidad a bajo costo. En el campo de los servicios presenta igualmente grandes posibilidades de aplicación.”

(Vilar Barrio J.F., 1997)

I.2. PROBLEMÁTICA

En la empresa “Crinamex”, dedicada a la producción de vidrio automotriz, actualmente se está desarrollando el proceso para la elaboración de vidrios laterales laminados como un nuevo producto. Debido a que dicha empresa está certificada con las normas QS 9000, que exigen que los proveedores automotrices desarrollen un sistema de Planeación de la Calidad del Producto Avanzada, así como también un plan de control de calidad para cada uno de sus procesos, requiere de una herramienta para llevar a cabo el análisis de las posibles causas de fallas en dicho proceso, como parte del control de calidad.

I.3. OBJETIVOS

- Implementar un sistema el cual permita la identificación de posibles causas de fallas antes de que ocurran durante el proceso.
- Priorizar los modos de falla e identificarlos de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia, gravedad y grado de facilidad para su detección.
- Contar con un documento de consulta, para buscar soluciones a fallas que se presenten durante el proceso, para asegurar la calidad requerida por el cliente, en el producto.

I.4. METODOLOGÍA

La herramienta que permite evaluar un sistema, un diseño, un proceso y/o un servicio en cuanto a las formas en las que ocurren las fallas, es el Análisis de Modos y Efectos de la Falla Potencial (AMEF), con la cual para cada falla, se hace una estimación de su efecto sobre todo el sistema y su seriedad. Además, se hace una revisión de las medidas planificadas con el fin de minimizar la probabilidad de falla, o minimizar su repercusión.

I.5. JUSTIFICACIÓN

Los fabricantes de automóviles se agruparon y desarrollaron referencias específicas para sus proveedores, todas ellas mucho más exigentes que las propias normas ISO. Así los proveedores de los tres grandes (GM, Chrysler y Ford) deben estar certificados en QS-9000.

Como resultado de una alianza entre ISO y la industria automotriz internacional, se publica la nueva edición ISO/TS 16949:2002, que especifica los requerimientos del sistema de calidad de proveedores en el sector automotriz. Uno de estos requerimientos es contar con una planeación de la calidad la cual necesariamente debe incluir AMEF de diseño y de proceso

El AMEF se ha popularizado en todas las empresas automotrices y ha empezado a ser utilizado en diversas áreas de una gran variedad de empresas en el ámbito mundial, debido a la necesidad de los directivos de minimizar el riesgo de un diseño o proceso y dicha herramienta permite realizar aportaciones a la fiabilidad y seguridad de un diseño o proceso a todo el mundo, no sólo a los especialistas.

Capítulo II. AMEF

II.1. ¿Qué es AMEF?

El Análisis de Modos y Efectos de Fallas, comúnmente conocido como AMEF, es una metodología que permite analizar la calidad, seguridad y/o fiabilidad del funcionamiento de un sistema, tratando de identificar las fallas potenciales que presenta su diseño y, por tanto, tratando de prevenir problemas futuros de calidad. Se aplica por medio del estudio sistemático de las fallas y sus causas partiendo de sus efectos.

El AMEF también es aplicable a la mejora de productos ya existentes y, por otro lado, al proceso de fabricación, extendiéndose a cualquier tipo de proceso, de ahí que sea realmente una herramienta poderosa.

La metodología AMEF contribuye a la mejora de la fiabilidad y del mantenimiento óptimo de un producto o sistema a través de la investigación de los puntos de riesgo, para reducirlos a un mínimo mediante acciones apropiadas.

Para el desarrollo de cualquier AMEF es necesario la coordinación y el entendimiento de todos los departamentos afectados, es decir, se trata de un equipo de diversas disciplinas.

El AMEF tiene como objetivos:

- Análisis de las fallas que pueden afectar a un producto o sistema y las consecuencias de éstos sobre los mismos.
- Identificación de los modos de falla, así como la priorización de estos modos sobre los efectos en el producto o sistema de estudio, teniendo en cuenta para ello diferentes criterios.
- Determinación de los sistemas de detección para los distintos modos de falla y aseguramiento de los mismos a través de revisiones periódicas.

- Satisfacción del cliente (interno y externo) mediante la mejora de la calidad del proceso o del diseño del producto.

(Vilar Barrio J.F., 1997)

II.2. Tipos de AMEF

Existen tres tipos de AMEF y sus características son:

AMEF de Diseño.

El objeto de estudio de un AMEF de diseño es el producto y todo lo relacionado con su definición. Se analiza por tanto la elección de los materiales, su configuración física, las dimensiones, los tipos de tratamiento a aplicar y los posibles problemas de realización.

En el AMEF de Diseño es posible detectar un problema de fabricación que no tenga nada que ver con el diseño, sino con fases siguientes como la producción. Dado que a continuación del AMEF de Diseño se llevará a cabo el AMEF de Proceso, toda la información relativa a problemas de producción detectados en el AMEF de Diseño será de gran utilidad e incluida en el posterior AMEF de Proceso.

AMEF de Proceso

El AMEF de Proceso se aplica a la búsqueda de fallas y causas en el siguiente paso, es decir, el proceso de producción. Su objetivo es analizar las características del producto con relación a dicho proceso, para lograr que las expectativas del cliente estén aseguradas. Se debe realizar antes de que comience el proceso en sí.

Se enfoca al flujo del proceso, secuencia, equipo, herramientas, instrumentos, entradas, salidas y puntos de partida.

El AMEF de proceso:

- Identifica las funciones y requerimientos del proceso
- Identifica los modos de falla potenciales relacionados con el producto y el proceso
- Evalúa los efectos de las fallas potenciales en el cliente
- Identifica las causas y las variables del proceso sobre el cual aplicar los sistemas de control para reducir y detectar los modos de falla.
- Detecta fallas primarias que pueden ser mínimas pero pueden llegar a causar ciertas fallas secundarias.
- Desarrollar una lista clasificada de los modos de falla potenciales, estableciendo un sistema de prioridad para la acción correctiva preventiva y, por lo tanto,
- Documenta los resultados del análisis de las fallas del proceso.

En definitiva y de la misma forma que el AMEF de Diseño se centraba en el producto o servicio, el AMEF de Proceso se centra en la fabricación del producto o realización del servicio.

AMEF de Medios

El AMEF de Medios es una herramienta esencial en el análisis y prevención de fallas en los medios de producción que se emplean para obtener el producto o servicio, asegurando una adecuada disponibilidad y mantenimiento.

La fiabilidad es una de las características que aportan calidad. En este sentido el AMEF de Medios aporta la metodología y el análisis ordenado para resolver los problemas de fiabilidad de los diversos elementos, o sistemas que componen los medios de producción, mediante la prevención y detección de dichos problemas antes de que puedan repercutir en el producto o el proceso. En este caso los efectos repercutirán sobre un cliente “interno”, como pueden ser los operarios de máquina, de

mantenimiento, de medición, de proceso, etc., que son los usuarios de los medios de producción.

El AMEF de Medios abarca todos los departamentos y áreas en que estén involucrados los medios de producción, diseño, desarrollo, mantenimiento, etc., tanto en su elaboración como en su utilización.

(Vilar Barrio J.F., 1997)

II.3. AMEF como parte del control en el Sistema de Calidad ISO 9000

“En 1988 la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), publicó la serie de normas ISO 9000 para la gestión y el aseguramiento de la calidad; los requerimientos de esta serie llevaron a muchas organizaciones a desarrollar sistemas de gestión de calidad enfocados hacia las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, entre estos surgió en el área automotriz el QS 9000, éste fue desarrollado por la Chrysler Corporation, la Ford Motor Company y la General Motors Corporation en un esfuerzo para estandarizar los sistemas de calidad de los proveedores; de acuerdo con las normas del QS 9000 los proveedores automotrices deben emplear Planeación de la Calidad del Producto Avanzada (APQP), la cual necesariamente debe incluir AMEF de diseño y de proceso, así como también un plan de control.

Posteriormente, en febrero de 1993 el grupo de acción automotriz industrial (AIAG) y la Sociedad Americana para el Control de Calidad (ASQC) registraron las normas AMEF para su implementación en la industria, estas normas son el equivalente al procedimiento técnico de la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE J – 1739.

Los estándares son presentados en el manual de AMEF aprobado y sustentado por la Chrysler, la Ford y la General Motors; este manual proporciona lineamientos generales para la preparación y ejecución del AMEF.”

(<http://www.fmeca.com>)

Entre los requerimientos establecidos en la norma 9000:2000 se hace referencia al control del diseño y al control del proceso, en sus cláusulas se establece como requerimiento la verificación de los mismos incluyendo un análisis de fallas y de sus correspondientes efectos. Esta verificación debe confirmar que los datos resultantes del proyecto cumplen las exigencias establecidas, a través de actividades de control del proyecto, tales como la realización y registro del análisis crítico del proyecto.

Por esa razón, los fabricantes de automóviles se agruparon y desarrollaron referencias específicas para sus proveedores, todos ellos mucho más exigentes que las propias normas ISO. Así los proveedores de los tres grandes (GM, Chrysler y Ford) deben estar certificados en QS-9000; para servir a fabricantes franceses, es necesario estar evaluado en EAQF; para los alemanes VDA y los italianos solicitan el cumplimiento con AVSQ. Un proveedor que trabaja para varios clientes debe cumplir diferentes referencias.

El siguiente paso lógico en esta evolución es la unificación de las diferentes referencias en un solo sistema validado y reconocido por todos los fabricantes de automóviles. Este nuevo sistema se ha plasmado en la especificación técnica ISO/TS 16949, que fue desarrollada en conjunto por un grupo de manufactureros automotrices IATF (International Automotive Task Force) y aprobada por la Organización Internacional de Estandarización (ISO), para cumplir con los requerimientos específicos de los clientes y definir los requerimientos de un sistema de calidad en la industria automotriz.

Se tienen las expectativas de que la especificación técnica (TS) se convierta en la base común y única de los requerimientos del sistema de gestión de calidad de la industria automotriz en el ámbito mundial, reemplazando gradualmente las múltiples especificaciones nacionales utilizadas actualmente por el sector automotriz. El ISO/TS 16949 por lo tanto, tiene un potencial de mercado sustancial que comprende compañías actualmente certificadas ante una o más de las especificaciones nacionales.

Junto con ISO 9001:2000, el ISO/TS 16949 especifica los requerimientos del sistema de calidad para el diseño / desarrollo, producción, instalación y servicio de productos relacionados con la industria automotriz. Además, existen fabricantes individuales suscritos a esta norma que requieren otras condiciones específicas.

II.4. Requerimientos para hacer un AMEF

1. Un equipo de personas con el compromiso de mejorar la capacidad del diseño para satisfacer las necesidades del cliente.
2. Diagramas esquemáticas y de bloque de cada nivel del sistema, desde subensambles hasta el sistema completo.
3. Especificaciones de los componentes, listas de piezas, y datos del diseño.
4. Especificaciones funcionales de módulos, subensambles, etc.
5. Requerimientos de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar.
6. Formas de AMEF (ya sea en papel o electrónicas) y una lista de cualesquiera consideraciones especiales, por ejemplo de seguridad o reglamentarias, que se apliquen a este producto.

(Sarv Sing Soin)

II.5. Ventajas y beneficios de la implantación del AMEF

El AMEF proporciona un registro en forma documental de los esfuerzos del equipo de diseño para la prevención de fallas. Esto le será útil a la gerencia para medir la calidad y el grado del esfuerzo realizado, al departamento de producción para resolver los problemas que ocurren a pesar de estos esfuerzos y además, los proyectos futuros se pueden beneficiar con todo el trabajo y el pensamiento que se dedicaron al modo de falla y a la lista de las causas.

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. El beneficio a corto plazo es el que casi siempre se reconoce, debido a que representa los ahorros de los costos de las reparaciones, las pruebas repetidas y el tiempo de paro.

Los principales beneficios que se obtienen al aplicar este método son los siguientes:

- **Potencia la atención al cliente**

En la aplicación del método AMEF y la consiguiente reducción, al mínimo, del Número de Prioridad de Riesgo, lo que se pretende es que el efecto para los clientes (tanto externos como internos) de los posibles modos de falla sea el mínimo posible. Esto se consigue mediante las acciones correctivas.

- **Potencia la comunicación entre los departamentos**

La organización para la realización del AMEF requiere que diversos departamentos de la empresa colaboren en la búsqueda de los modos de falla y sus soluciones. Esta interacción facilita la comunicación entre departamentos, de forma que los problemas no se observan como relativos a un departamento, sino al conjunto de la empresa.

- **Facilita el análisis de los productos y los procesos**

La estructuración sistemática del AMEF permite recopilar una enorme cantidad de información que de otra forma sería imposible.

Además, proporciona la información necesaria para decidir qué es lo que se debe hacer y por qué, de forma clara y concisa, fomentando la participación del grupo.

- **Mejora la calidad de los productos y los procesos**

El AMEF permite, mediante la ponderación y la selección, proponer y aplicar las acciones correctivas que mejoran el diseño o el proceso, de forma que se reduce el riesgo de ocurrencia de ineficacias y, por lo tanto, el resultado es una mejora de la calidad y de la mejora continua.

- **Reduce los costos operativos**

Representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro, con la consiguiente reducción en tiempo y dinero.

- **Ayuda a cumplir con requisitos ISO 9000 y directivas europeas de responsabilidad de productos**

La razón por la que el AMEF se aplica a todos los apartados de la norma ISO 9000, es porque el AMEF comparte el objetivo y el espíritu de modo de prevención que difunde este estándar. Se debe recordar siempre que por definición el AMEF es una herramienta que quiere optimizar el sistema, diseño, proceso y/o servicio a través de la modificación, mejora y/o eliminación de cualquier problema conocido o potencial.

II.6. Desventajas y obstáculos para la implantación del AMEF

Se debe establecer correctamente la cadena de sucesos en el orden preciso, de no ser así, se corre el gran riesgo de que surjan confusiones en la identificación de la causa, el modo de falla y efecto.

Es muy difícil medir el beneficio a largo plazo, puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con su percepción de la calidad. Esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los productos.

Existen muchos factores que intervienen en el proceso y no son fácilmente identificables.

Dado que para la mayoría de los productos y procesos no es económico llevar a cabo el AMEF para cada componente, se hace necesaria la realización de los elementos críticos que deben ser sometidos al mismo.

Como se trata de una disciplina con elevado contenido matemático es difícil de utilizar por los no capacitados.

II.7. Documentación del AMEF

Para el AMEF de diseño se estudia el diagrama de bloques funcionales del conjunto final y el proceso de diseño. En el caso del AMEF de proceso se utilizan diagramas, gráficos y diagramas de flujo del proceso, hojas de instrucciones del mismo, así como especificaciones, medidas, ensayos, cantidades, etc.

Una vez obtenido el mapa de procesos, la organización deberá representar éstos, o sus sub-procesos.

La representación de los procesos, que consiste en desglosar los procesos en sus actividades, posibilita la estandarización de los procesos y la identificación de oportunidades de mejora.

Una vez definido el diagrama de flujo de primer nivel, se eligen aquellas actividades que deberán ser desglosadas a su vez en subprocesos. Se puede llegar a desglosar las actividades hasta llegar al nivel de detalle que se quiera.

El diagrama de causa-efecto también denominado diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pez es una herramienta muy eficaz para desarrollar un análisis estructurado o discusión sobre un problema o tema concreto. Ayuda a la identificación de las posibles causas de un efecto (normalmente problema).

Se sitúa en el centro del diagrama una flecha apuntando hacia el efecto que se vaya a tratar. Se dibujan flechas que desembocan en esta flecha central, cada una dedicada a una categoría.

Se considera que las distintas categorías que pueden ser causa de un problema son las siguientes:

1. Hombre
2. Método

3. Material

4. Máquina

Dentro de cada una de estas categorías se intentan identificar las causas principales y secundarias que pueden ser responsabilidad de esta categoría.

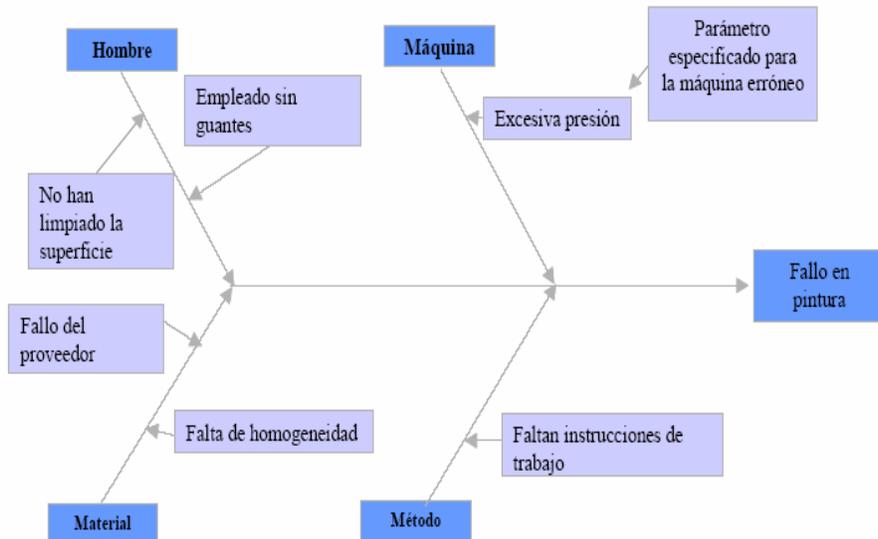


Diagrama de Ishikawa

El **Plan de control** es un documento escrito que recoge las acciones encaminadas a planificar la calidad para un proceso, producto y/o servicio específico. El Plan de control lista todas las características de diseño y parámetros del proceso consideradas importantes para lograr la satisfacción del cliente y que requieren acciones específicas para lograr alcanzarlas.

El AMEF es el método que identifica las características críticas y significantes de un proceso o producto y por tanto es el punto de partida para iniciar un Plan de control.

Los otros tres documentos necesarios para la realización del AMEF son, los requerimientos y las especificaciones del cliente, así como las formas AMEF.

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL																
Fecha de emisión:			Responsable del proceso:				Cambio: N/A			NR: No requiere						
Equipo de Análisis:							Modelo:									
PASO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO/ PROPOSITO	MODO DE LA FALLA POTENCIAL	EFFECTO(S) DE LA FALLA POTENCIAL	SEV	CAUSA DE LA FALLA POTENCIAL	OCURR	CONTROLES ACTUALES DEL PROCESO	DETEC	N.P.R.	ACTIVIDAD RECOMENDADA	RESPONSABLE / FECHA	ACCIONES TOMADAS	SEV	OCURR	DETEC	N.P.R.

Tabla 1 Formato de documentación del AMEF

DESCRIPCIÓN DEL FORMATO DEL DOCUMENTO AMEF

Paso:

El paso es la sucesión consecutiva del proceso, se toma del diagrama del proceso y se sigue ordenadamente.

Descripción del Proceso:

En ésta columna se describe clara y brevemente la parte del proceso que se analiza en secuencia.

Modo de la falla potencial:

En esta columna, se listan todas las maneras en las que el proceso puede fallar para cumplir con los requerimientos o el diseño. Un paso del proceso dado puede tener más de un modo de falla.

Se deben citar las maneras en que puede fallar potencialmente el proceso para cumplir con los requerimientos o el diseño.

Efecto de la falla potencial:

Los efectos son el impacto en los requerimientos del cliente. Se debe de conocer el efecto de cada modo de falla en las salidas y/o los requerimientos del cliente.

Severidad:

La severidad es una clasificación en una escala de 1-10, 10 es el más severo. Las severidades bajas son aquellas que son imperceptibles o que requieren retrabajo. Las severidades muy altas se reservan con frecuencia para cuestiones de seguridad. Es decir qué tan severo es el efecto para el cliente.

Causa de la falla potencial:

En esta columna, se lista hasta donde sea posible cada causa concebible de cada modo de falla, aquí interviene la mano de obra, maquinaria, método, medición, materiales, medio ambiente. Se debe saber cómo puede ocurrir la falla, se describe en términos de algo que se pueda corregir o controlar y ser muy específico.

Ocurrencia:

La ocurrencia es la probabilidad de que una causa específica ocurra y resulte en un modo de falla específico. Aquí se clasifica en una escala de 1-10. Si la causa no es conocida o su frecuencia no es monitoreada, entonces la ocurrencia se refiere al modo de la falla. Saber que tan frecuente ocurre un modo o causa de la falla.

Controles actuales del proceso:

Los controles son los métodos para prevenir que ocurra el modo de falla o detectan el modo de falla cuando ocurre. Se debe saber cuáles son los controles y procedimientos existentes (inspección y prueba) que previenen o detectan la ocurrencia.

Detección:

La detección es una clasificación de la habilidad del sistema de control para detectar el modo de falla antes de que la unidad abandone la operación de manufactura. Se describe que tan bien se puede detectar la causa o el efecto.

Numero de Prioridad de Riesgo (NPR):

El número de prioridad de riesgo es el producto de la severidad, ocurrencia y detección.

Actividad recomendada:

Las acciones correctivas son el objetivo del AMEF, si no se generan acciones para una causa en particular, esto se debe anotar. Las acciones correctivas se deben dirigir primero a los problemas de alta prioridad. En la columna se deben de describir cuáles son las acciones para reducir la ocurrencia, mejorar la detección o para identificar la causa raíz si es desconocida. Se deben tomar acciones sólo en los NPR's altos, o los fáciles de arreglar.

Responsable/ fecha:

El equipo debe de estar de acuerdo en las acciones que se van a tomar y en quién será el responsable de esas acciones. Se debe incluir el día de entrega para la terminación de la acción.

Acciones tomadas:

Aquí se incluye una descripción breve de la acción real terminada. Muchas veces una acción cambia durante la implementación. Se incluye también el día de la terminación. Las acciones se deben diseñar para reducir la ocurrencia o para incrementar la detección.

Severidad, Ocurrencia, Detección y NPR (últimos)

En las cuatro últimas columnas correspondientes, se deben generar nuevas clasificaciones para la severidad, ocurrencia y detección, basándose en los resultados de las acciones. Los nuevos valores del NPR determinarán si se requieren nuevas acciones para esas causas.

II.8. Evaluación del AMEF

En la evaluación del AMEF la valoración de los riesgos viene dada por la evaluación del efecto considerado, las causas, y los métodos de detección. El producto de estos tres factores resulta ser el NPR o índice de prioridad del riesgo. Las tablas de evaluación de los factores Severidad, Frecuencia y Detección utilizadas, emplean una escala del 1 al

10, son parametrizables en función de criterios aprobados dentro de la propia organización y/o del sector de actividad en que se apliquen.

Siempre que el equipo de AMEF detecte un riesgo crítico, debe definir las acciones o recomendaciones que se deben adoptar. En segundo lugar se definirán acciones con respecto a los índices concretos que presenten un valor más elevado, o porque lo considere oportuno el equipo de AMEF.

Los resultados que se generan tras cada análisis de riesgos son, un listado de acciones recomendadas a emprender, y los propios resultados de evaluación de los riesgos.

Las medidas preventivas que se deban adoptar en función de los peligros identificados, pueden registrarse y gestionarse como acciones de guías, mientras que los programas de vigilancia se establecen y gestionan como planes de control.

En caso que se produzcan cambios en los procesos y/o controles realizados, deben actualizarse los documentos del Sistema en los que se describen, sean procedimientos, instrucciones, planes de control u otro tipo de documentos.

El equipo de AMEF revisará y actualizará de manera periódica el AMEF realizado a partir de los nuevos modos de falla no previstos que vayan surgiendo y de los resultados de las acciones recomendadas que se vayan implantando y por tanto valorando.

Debe tenerse en cuenta que el AMFE es un proceso dinámico y requiere revisiones periódicas, con objeto de tenerlo siempre actualizado. Especialmente, es conveniente en los siguientes casos:

- Cuando se realicen modificaciones que afecten al producto o al proceso estudiado.
- Cuando se encuentren nuevas aplicaciones para el producto o proceso actual.

- Cuando existan reclamaciones importantes por parte de los clientes.
- Cuando corresponda por la periodicidad establecida.
- Cuando interese realizar mejoras sobre el producto o proceso.

Capítulo III. METODOLOGÍA PARA IMPLANTAR EL AMEF DE PROCESO

III.1. INTRODUCCIÓN

Como requerimiento previo necesario para implantar el AMEF en una empresa hay que contar con el apoyo de la gerencia. Conseguir el apoyo de la gerencia es muy importante, ya que en la elaboración del AMEF:

- Se realiza en horas de trabajo;
- Implica cambios (y los cambios cuestan dinero y no son fáciles de hacer);
- Se llega a conclusiones que requieren el apoyo de la dirección.

La gerencia tiene que conocer el método, apoyar su aplicación y animar al equipo de trabajo, ya que la persistencia en el esfuerzo es uno de los factores de éxito.

Las etapas para la implantación sistemática del AMEF en la empresa son las siguientes:

- 1. Crear** y formar el equipo AMEF
- 2. Identificar** el producto o proceso
- Elaborar el **Diagrama de Flujo** y/o diagramas de **Bloques funcionales**
- Recoger **datos de fallas** y clasificarlos
- Preparar el **AMEF**
- Implantar** las acciones correctivas
- Revisar** y seguir el AMEF

III. 2. SELECCIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

La elaboración de un AMEF concierne a un equipo pluridisciplinar constituido por todos los departamentos involucrados en el diseño de un producto o proceso, extendiendo el concepto de proceso a todos los relacionados con el producto sean de fabricación o de servicios que acompañan al mismo.

Los miembros del grupo deben capacitarse específicamente en el método AMEF y también en las técnicas de análisis y solución de problemas. La práctica más usual es formar un grupo base como máximo de 6 personas, de las áreas de Ingeniería, Métodos, Producción y Calidad para que luego éstas sean capaces de instruir a los miembros que se incorporen a los grupos de AMEF.

III. 3. ESTABLECER EL TIPO DE AMEF A APLICAR

El AMEF es válido para cualquier tipo de proceso entendiendo que un proceso puede ser de diseño, de fabricación, de ventas, organizativo, administrativo o de cualquier tipo de servicio.

El AMEF de Diseño está orientado hacia el producto o servicio nuevo, o para los rediseños cuando varíen las condiciones medioambientales o para su optimización por cualquier otro motivo.

En un AMEF de proceso de fabricación se supone que el producto cumplirá la finalidad del diseño, y si se descubrieran fallas en éste, deberían ser inmediatamente comunicados a los departamentos o personas implicadas. No obstante, no corresponde a la finalidad de este AMEF analizar dichos fallas, sino que se considerará que el producto está diseñado correctamente.

También hay que decir que entre el AMEF de proceso y diseño existe una correlación: los AMEF de diseño y proceso siguen uno al otro en una secuencia lógica. Mientras que

el AMEF de diseño puede haber identificado una deficiencia del proceso, como la causa de un modo de falla particular de un componente o equipo, esta deficiencia es considerada como modo de falla de proceso por el AMEF de proceso, siendo analizada más detenidamente con el fin de encontrar por qué puede fallar el proceso.

El AMEF de Diseño consiste en el análisis preventivo de los diseños, buscando anticiparse a los problemas y necesidades de los mismos. Este AMEF es el paso previo lógico al de proceso porque se tiende a mejorar el diseño, para evitar la falla posterior en producción.

En el AMEF de proceso se analizan las fallas del producto derivadas de las posibles fallas del proceso hasta su entrega al cliente.

III.4. OBJETIVOS Y LÍMITES

OBJETIVOS

El AMEF permite identificar las variables significativas del proceso o producto para poder determinar y establecer las acciones correctivas necesarias para la prevención de la falla, o la detección de la misma si ésta se produce, evitando que productos defectuosos o inadecuados lleguen al cliente.

Éste método va dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de falla, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de falla. Los siguientes términos, que aparecen en la definición anterior, son los llamados parámetros de evaluación.

Provoca un ejercicio de prevención de posibles fallas en un proceso o producto, con el que se consigue una participación mayor de todas las personas involucradas, con el consiguiente incremento del potencial activo y creativo. Así se consigue una mayor satisfacción del cliente, al menor costo y desde la primera unidad producida.

Los objetivos que se pretenden alcanzar cuando se realiza un AMEF son:

- Satisfacer al cliente.
- Introducir en las empresas la filosofía de la prevención.
- Identificar los modos de falla que tienen consecuencias importantes respecto a diferentes criterios: disponibilidad, seguridad, etc.
- Precisar para cada modo de falla los medios y procedimientos de detección.
- Adoptar acciones correctivas y/o preventivas, de forma que se supriman las causas de falla del producto, en diseño o proceso.
- Valorar la eficacia de las acciones tomadas y ayudar a documentar el proceso.

LÍMITES

El AMEF se debe comenzar tan pronto como sea posible, incluso cuando aún no se disponga de toda la información.

En concreto el AMEF se debería comenzar:

- Cuando se diseñen nuevos procesos o diseños;
- Cuando cambien procesos o diseños actuales sea cual fuere la razón;
- Cuando se encuentren nuevas aplicaciones para los productos o procesos actuales;
- Cuando se busquen mejoras para los procesos o diseños actuales.

Dentro del proceso de diseño de un producto, el AMEF es de aplicación durante las fases de diseño conceptual, desarrollo y proceso de producción. En esta fase el AMEF

se complementa con otras herramientas de ingeniería de calidad como QFD, benchmarking, fiabilidad y estudio de quejas y reclamaciones.

EL AMEF se puede dar por finalizado cuando se ha fijado la fecha de comienzo de producción en el caso de AMEF de diseño o cuando todas las operaciones han sido identificadas y evaluadas y todas las características críticas se han definido en el plan de control, para el caso de AMEF de proceso. En cualquier caso, siempre se puede reabrir un AMEF para revisar, evaluar o mejorar un diseño o proceso existente, según un criterio de oportunidad que se fijará en la propia empresa.

Como regla general los archivos del AMEF habrán de conservarse durante el ciclo completo de vida del producto (AMEF de diseño) o mientras el proceso se siga utilizando (AMEF de proceso).

III.5. DETERMINAR MODOS POTENCIALES DE FALLA

Los modos de falla se definen como la manera en que una pieza o sistema puede fallar potencialmente respecto a unas especificaciones dadas. Asimismo se considera falla de un elemento cuando no cumple o satisface unas funciones para las cuales ha sido diseñado. Una falla puede ocurrir, aunque no necesariamente acabará siempre ocurriendo, y aunque sea así no siempre el cliente lo detectará; sin embargo, en el AMEF, bastará que sea una posible falla, para que sea contemplada.

Una misma función puede tener ligada a ella varios modos de falla. Estos modos de falla se expresan en términos físicos. Fatiga, vibraciones, agarrotamiento, corrosión, bloqueo, pandeo, desalineación, circuito con fugas, etc., son posibles modos de falla.

Para complementar este punto es recomendable comenzar con el repaso de AMFE anteriores, o si se trata de un elemento nuevo, con el examen de estudios de fiabilidad y AMFE realizados con elementos afines a éste.

También hay que tener en cuenta las condiciones extremas de funcionamiento para encontrar modos potenciales de falla, que en condiciones normales de trabajo no aparecerían.

III.6 DETERMINAR EFECTOS POTENCIALES DE FALLA

Los efectos potenciales de falla es otro elemento de gran importancia en el AMEF, éstos han tenido lugar precisamente como consecuencia de las fallas cuando se han dado; de hecho, los efectos es lo que realmente se percibe como resultado de las fallas y a partir de ellos debe identificarse el modo de falla; es conveniente que se identifiquen los efectos de forma que estén en relación con las observaciones y experiencias del cliente usuario del producto.

De acuerdo con la percepción del cliente pueden darse las siguientes categorías de fallas:

- Sin consecuencias
- Ligeras molestias
- Descontento
- Gran descontento
- Problemas de seguridad

Los efectos aparte de su importancia esencial también se deben tener en cuenta en la repercusión sobre el sistema.

III.7. DETERMINAR CAUSAS POTENCIALES DE FALLA

Otro elemento que junto a modos de falla y efectos es determinante, son las causas de las fallas.

De hecho, la investigación producto del AMEF debe dirigirse hacia la identificación de las causas de los modos de fallas y sus efectos, así como las acciones correctivas, que permitan eliminar dichas fallas.

Las causas de fallas pueden definirse como los factores que ocasionan los modos de falla. Se deben relacionar todas las causas potenciales que se asignan a cada modo de falla. Estas causas deben ser descritas lo más detalladamente posible y en términos claros de forma que permita llevar a cabo acciones correctivas que vayan dirigidas a esas causas concretas; por lo que se ha de evitar cualquier indeterminación en su descripción.

Pueden existir una o varias causas para un único modo de falla. Cuando son varias las causas que afectan a un modo de falla pueden ser independientes entre sí, pero es más frecuente que exista una relación de dependencia entre ellas, y convendría encontrar la relación que liga esa dependencia.

Los cuatro tipos de dependencia que puede haber entre las causas son:

- a) Causas independientes entre sí.
- b) Causas dependientes, para que exista el modo de falla es necesario que se produzcan ambas.
- c) Causas encadenadas que dan lugar a un modo de falla.
- d) Relación múltiple de distintas causas que producen un único modo de falla.

Cuando el número de causas es elevado se hace difícil hallar esta relación de dependencia; entonces es recomendable apoyarse en herramientas estadísticas, de las

cuales el diseño de experimentos o métodos de Taguchi serían las más apropiadas para el objetivo.

En todo proceso, sistema o producto, podrán darse distintos modos de falla, que a su vez podrán ser producidos por diversas causas y podrán tener además asociados a ellos diferentes efectos.

III.8. IDENTIFICAR SISTEMAS DE CONTROL

Se describirán los controles previstos para evitar que se produzcan las fallas, es decir, los modos de falla y, en todo caso detectarlos.

Los controles actuales son aquellos que han sido diseñados en proyectos similares y que deben servir a la prevención o detección de los modos o causas específicas de falla. Estos controles han de llevarse a la práctica si están incluidos en las especificaciones de ingeniería, o bien sean normas industriales que se deban de cumplir o acostumbradas en sistemas análogos. Cualquier otro tipo de control que sea considerado como necesario deberá estar de acuerdo con las acciones recomendadas y ser añadido a las especificaciones de ingeniería.

En un diseño completamente nuevo puede suceder que los controles actuales sean muy limitados para el mismo e incluso carecer de ellos, pero es recomendable usar controles generales que ya estén planificados adaptándolos a las características del diseño, siempre con la aceptación de los responsables del proyecto.

III.9. ÍNDICES DE EVALUACIÓN A CADA MODO DE FALLA

El dimensionado de la importancia de los modos de falla se obtiene a partir de tres coeficientes cuyo producto representará el índice final que permitirá calibrar la falla y sus consecuencias y que se denomina Índice de Prioridad de Riesgo.

COEFICIENTE DE OCURRENCIA (O)

Se define como Coeficiente de Ocurrencia, a la probabilidad de repetición de un modo de falla. Se valora en una escala de 1 a 10. Equivale de hecho a la probabilidad compuesta de dos sucesos: que se produzca la causa y además que ésta dé lugar al modo de falla.

Así pues, la probabilidad de ocurrencia de una falla parte de la posibilidad de que se dé previamente la causa potencial de la falla. Para ello hay que evaluar todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la causa de falla en la pieza o proceso.

Por otra parte, deberá evaluarse luego la probabilidad de que una vez ocurrida la causa de falla, como consecuencia de ésta se produzca el modo de falla asociado a ella. Para el cálculo de esta probabilidad se debe suponer que tanto la causa como el modo de falla no son detectados antes de que llegue al cliente.

La tabla 3.1 del anexo contiene los valores de esta probabilidad para los diez posibles niveles que considera el Coeficiente de Ocurrencia.

En la práctica, el cálculo de estas probabilidades es difícil, debido a que en ocasiones puede resultar complicado conocer los valores de las dos probabilidades que componen la ocurrencia. En este caso es recomendable realizar una estimación basada en la experiencia y siempre se acotará la probabilidad por su valor subjetivo más alto, debiéndose anotar en el AMEF que la estimación efectuada es subjetiva, y en posteriores seguimientos ir ajustando este valor estimado.

Las acciones de mejora que puede llevarse a cabo en el AMEF con respecto al Coeficiente de Ocurrencia, deben conducir necesariamente a reducir su valor, para lo que podemos llevar a cabo dos tipos de acciones:

- 1) Cambiar el diseño, de modo que se reduzca la posibilidad de aparición de la falla.

- 2) Incrementar o mejorar los sistemas de control para impedir que se produzca la falla.

Ocurrencia y capacidad de procesos:

Para el AMEF de proceso, puede relacionarse el Coeficiente de Ocurrencia de modos de falla con la denominada capacidad del proceso, que hace referencia al porcentaje de productos correctos que arrojará un proceso, es decir, la probabilidad de que un producto que se obtenga en dicho proceso tenga la calidad exigible.

La capacidad de un proceso se obtiene en el Control Estadístico de Procesos y determina las unidades de producto cuya medición de la característica de calidad a exigir queda dentro de los límites exigidos por la misma, en el marco de una distribución estadística normal de sus valores.

COEFICIENTE DE SEVERIDAD (S)

El Coeficiente de Severidad es una valoración del perjuicio ocasionado al cliente por, única y exclusivamente, el efecto de la falla. Este coeficiente se clasifica en una escala de 1 a 10, como puede apreciarse en la tabla 3.2 del anexo, atendiendo a:

- 1) La insatisfacción del cliente.
- 2) La degradación de las prestaciones.
- 3) Costo y tiempo de la reparación del perjuicio ocasionado.

Las severidades bajas son aquellas que son imperceptibles o que requieren retrabajo. Las severidades muy altas se reservan con frecuencia para cuestiones de seguridad. Un cambio en la severidad requiere un cambio en el diseño o un cambio en la aplicación.

Hay varias alternativas para minimizar este índice:

Correcciones de diseño: Alterando el o los elementos causantes de la falla.

- a) Sistemas redundantes: En prevención a potenciales fallas existen elementos destinados a cumplir exactamente la misma funcionalidad.

CAPACIDAD DE DETECCIÓN (D)

Este coeficiente se refiere a la probabilidad de que la causa y/o modo de falla, suponiendo que aparezca, llegue al cliente. Para este índice, al igual que los anteriores, se utilizará una escala de 1 a 10, como se muestra en la tabla 3.3 del anexo. Se refiere a la probabilidad de que no pueda detectarse la falla y su causa antes de entregar el producto al cliente, y por tanto en realidad se trata de un coeficiente de no-detección más que de detección.

La detección es una clasificación de la habilidad del sistema de control para detectar el modo de falla antes de que la unidad abandone la operación de manufactura.

Detección será el grado de seguridad con el que se puede detectar, con los controles existentes, el modo y/o causa de falla antes de que llegue al cliente.

Para reducir este índice de detección:

- 1) Podemos añadir o mejorar los sistemas de control de calidad.
- 2) Modificación del diseño.

III.10. CALCULAR NÚMEROS DE PRIORIDAD DE RIESGOS

El Número de Prioridad de Riesgo (NPR) se obtiene por producto de los tres coeficientes O, S y D, con el objeto de priorizar todas las fallas para llevar a cabo posibles acciones correctivas, de forma que se tenga en cuenta la probabilidad de que se produzca la falla, su severidad y la probabilidad de que no sea detectada, dado que la importancia de la falla depende de que se den las tres circunstancias (una falla frecuente pero que se detecta siempre puede no tener más trascendencia). El NPR se

obtiene calculando el producto de la Ocurrencia, la Severidad y el índice de detección para todas las causas de la falla.

$$\text{NPR} = \text{O} \times \text{S} \times \text{D}$$

Por lo tanto el NPR está escalado del 1 al 1000.

Deberá hacerse un seguimiento del NPR y aplicar acciones correctivas para reducir los NPR elevados. Para reflejar la evolución del NPR es conveniente utilizar histogramas.

El Número Prioritario de Riesgo es sólo una guía y debe ser combinado con sentido común, intuición y lógica.

La facilidad de implementación también se debe considerar cuando se decide el orden de acción.

III.11. PROPORCIONAR ACCIONES DE MEJORA

Es la parte del documento AMEF en la que se procede a emprender acciones correctivas.

En la columna correspondiente a las mejoras se describirán brevemente las acciones correctivas recomendadas, que deben ser identificadas específicamente. Para la elección de las acciones correctivas conviene proceder de la siguiente forma y en el orden en que se muestran:

- 1) Mejora o cambio en el diseño del componente o sistema.
- 2) Mejora o cambio en el proceso.
- 3) Incremento en el control y por tanto mejorar la detección.

Es así porque la tendencia actual, es a introducir la calidad en las etapas iniciales de diseño, ya que ello implica mejores resultados a menor costo, mientras que reforzar el

control suele dar lugar a una calidad más cara, por lo que sólo se procederá a ello cuando se hayan agotado las posibilidades de actuar en etapas anteriores. También se procurará que a un mismo nivel de calidad, es decir un mismo NPR, el costo de la acción recomendada sea más bajo, lo que llevará a priorizar el que tenga una O más elevada y no la D. Asimismo es conveniente realizar una acción correctiva para todas aquellas causas cuyo $NPR > 100$, al mismo tiempo que se establecerá un plan de acción para determinar las acciones recomendadas, el plazo de realización y los responsables del mismo.

Todas aquellas causas de falla que no necesitan acciones correctivas, se incluirá un símbolo indicativo en la columna correspondiente (NR: no requiere acción correctiva).

El fundamento de las acciones correctivas es eliminar las fallas críticas y minimizar el NPR; para ello, teniendo en cuenta la priorización de acciones ya indicadas se procederá a:

1. Eliminar la causa de la falla. A veces con un ligero cambio de diseño es suficiente.
2. Reducir la Ocurrencia de la falla. Para ello el análisis preventivo es el más apropiado y la previsión siempre parte de un rediseño, haciéndolo más sólido.
3. Reducir la Severidad de falla. Será primordial reducir o eliminar todas aquellas causas de falla cuya Severidad sea alta, para lo cual se deberá apoyar en sistemas repetitivos o bien, en un cambio de diseño.
4. Aumentar la probabilidad de detección. Ya que no se ha podido prevenir, al menos hay que evitar que la falla llegue al cliente (interno o externo), aumentando los controles actuales o bien mejorando el diseño para que los controles sean más eficaces.

En la columna destinada a las acciones recomendadas para las causas seleccionadas se debe incluir una pequeña descripción de la acción en sí y su estado en las sucesivas revisiones. Se buscan acciones que resalten la prevención antes que la detección. Si no

requiere acción correctiva se ha de indicar mediante un símbolo (usualmente NR: No requerida). Otro subapartado que se aconseja incluir es el área y el responsable de dichas acciones.

Una vez realizadas las acciones correctivas se volverá a calcular el NPR resultante a partir de los nuevos índices calculados de Ocurrencia, severidad y detección. A su vez debe realizarse una pequeña descripción de cómo se aplicó, en qué fecha y en qué consistió la acción adoptada. Si se han realizado varias acciones para una misma causa se realizarán otros tantos cálculos nuevos para actualizar el NPR.

Asimismo existirán nuevas acciones correctivas sobre las últimas aplicadas, y de nuevo se calculará el NPR, pues el AMEF se trata de una herramienta activa y viva, en el sentido de que siempre refleja las últimas acciones implantadas y los índices de priorización actualizados.

Además, se pueden realizar otros documentos que sirvan de apoyo al modelo básico para la determinación de las acciones correctivas. Una posibilidad sería un documento que sirva para llevar a cabo un seguimiento de las acciones correctivas a lo largo de los diferentes meses del año y en el que figure la acción, el departamento y el responsable de tales acciones. Se deberá indicar los plazos previstos y los realmente conseguidos.

Tabla 3.4 Documento para el seguimiento de las acciones correctivas

ACCIONES	Departamento	Responsable	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre

Se hará constar el responsable o responsables de que las acciones correctivas designadas se lleven a cabo en la fecha y plazos previstos, además de controlar que las acciones recomendadas sean implantadas correctamente.

El responsable de llevar a cabo las acciones correctivas, de la selección del personal que las realizará y de que sean aplicadas de forma correcta realizando un seguimiento adecuado, es el diseñador. Por tanto, debe actuar como un líder, realizando un control y seguimiento de las acciones llevadas a cabo con ayuda de las especificaciones y de los planos de ingeniería o laboratorio. El AMEF es un documento vivo que debe ir actualizándose conforme se vayan realizando cambios de diseño, acciones correctivas, revisiones.

Capítulo IV. CASO PRÁCTICO DE ESTUDIO

IV.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FOCAL

Vitro, S.A. de C.V. a través de sus empresas subsidiarias es un participante mayor en tres distintos tipos de negocios: vidrio plano, envases de vidrio, artículos de vidrio y cristal para mesa y cocina. Las empresas de Vitro producen artículos para múltiples mercados que incluyen: el de vidrio automotriz y para la construcción; envases de vidrio para vino, licor, cosméticos, farmacéuticos y alimentos y bebidas; envases de aluminio; y artículos de vidrio y cristal para mesa y cocina; para uso industrial, comercial y de último consumidor.

Con base en Monterrey, México y fundada en 1909, Vitro cuenta con co-inversiones de grandes productores de clase mundial, los que proveen a sus empresas subsidiarias con acceso a los mercados internacionales, canales de distribución globales y tecnología de punta.

Misión

Vitro es una empresa comprometida con el cliente, que se dedica a ofrecer productos y servicios de valor agregado, en mercados rentables y en crecimiento. Esta misión se sustenta a través de nuestros valores, el desarrollo de nuestra gente y tecnología de vanguardia.

Visión

Convertirnos en una empresa líder en la industria del vidrio en términos de rentabilidad, eficiencia, calidad y servicio.

Los valores de Vitro sustentan su sólida cultura corporativa, misma que se vive en todos los niveles de la organización

Unidades productivas y de servicio.

Las unidades de negocio equipo original y de repuesto automotriz están compuestas por cinco unidades productivas:

Shatterproof
Crinamex
Cristal Automotriz
Autotemplex
Vitemco

CRINAMEX

Crinamex inició sus operaciones en 1952 en la fabricación de cristal inastillable (Parabrisas).

- En 1973 es adquirida por Grupo Vitro Empresarial Internacional S.A.
- En 2005 inicia la producción de cristales laterales laminados

Esta planta se localiza en el Estado de México y fabrica cristales laminados además de contar con procesos de corte, pulido y decorado, así como procesos de postcurvado, tales como ensambles y autoclave.

Gracias a su calidad y servicio ha recibido varios reconocimientos entre los que se encuentran el "Pentastar" de Chrysler, el "Q1" de Ford, "Quality and Service" y "Supplier of the Year" de General Motors, "YUSHU SHOH Excellence Award" de Nissan Mexicana y "Value to Customer Award" de Volkswagen, y Premio Nacional de Tecnología.

- Capacidad total instalada: 2,000,000 de parabrisas anuales.
- Utilización : 90 %

Área de manufactura	25,350 m2.
Área total	44,861 m2.

CERTIFICACIONES

ISO 9001	ABRIL DE 1997
QS-9000	SEPTIEMBRE DE 1997
VDA 6.1	NOVIEMBRE DE 1999
ISO/TS-16949:1999	SEPTIEMBRE 2001
ISO/TS 16949:2002	SEPTIEMBRE 2003
BASC	SEPTIEMBRE 2003
ISO 14001	MAYO 2004 (RECERTIFICACION)
INDUSTRIA LIMPIA	AGOSTO 2004

Clientes

Abastece a la industria automotriz fabricando parabrisas, cuartos y medallones a plantas armadoras como Daimler-Chrysler, Ford, General Motors, Nissan, Volkswagen y otras ubicadas en el continente americano.

Cristal de Equipo Original

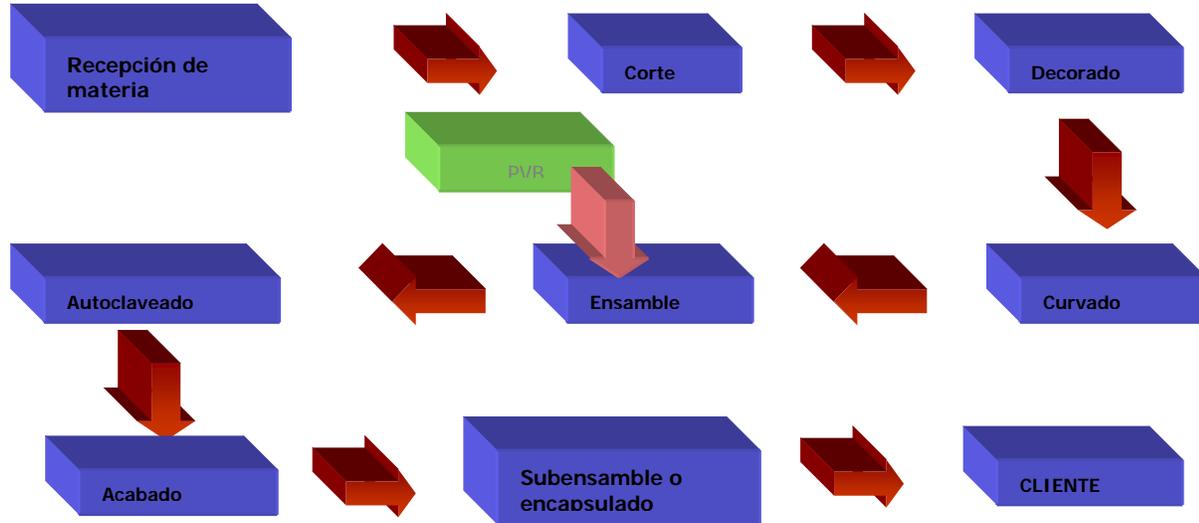
- Cristales Templados y Laminados
- Cristal Templado
- Cristal Laminado

Proceso de fabricación y principal característica

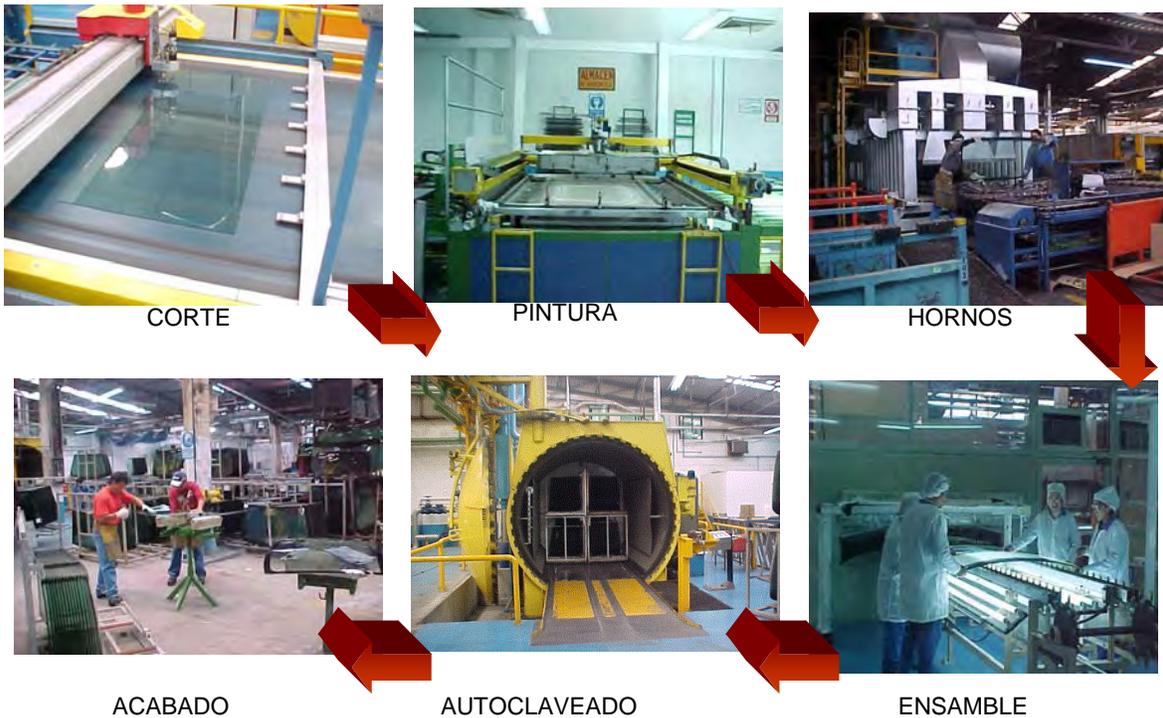
El cristal laminado automotriz se forma por medio de un proceso de laminación de dos hojas de vidrio recocido y una película intermedia plástica flexible de Polivinil Butiral (PVB).

Su principal característica es la adhesión de las partículas de vidrio en la película plástica en caso de una rotura dándole propiedades inastillables. Los productos laminados se utilizan principalmente en parabrisas.

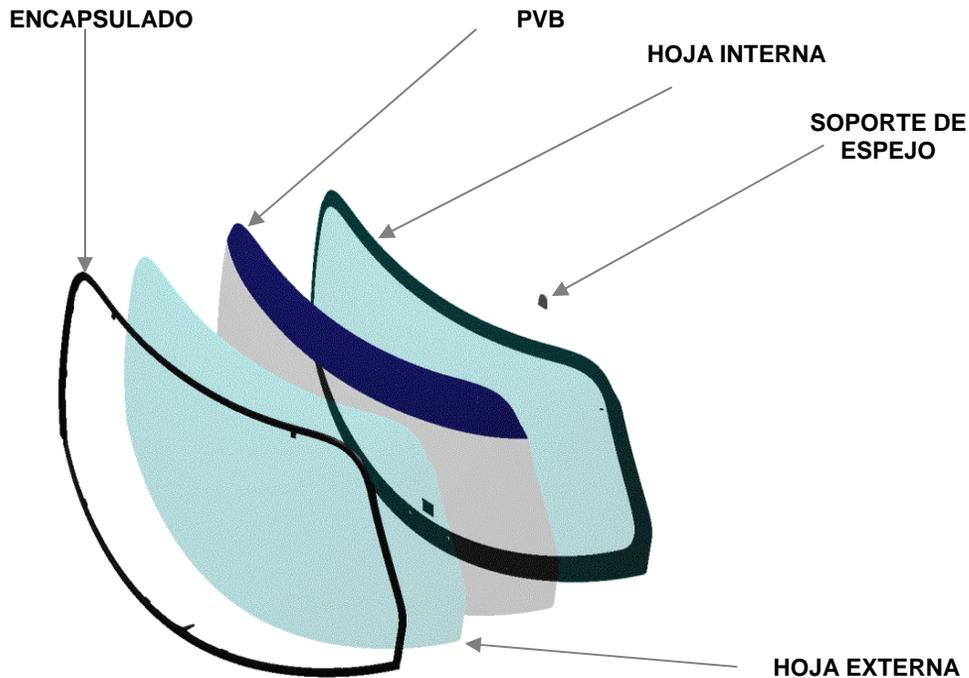
PRODUCTOS LAMINADOS



PRODUCTOS LAMINADOS



Composición de Productos



IV.2 ELABORACIÓN DEL AMEF

En la empresa se está desarrollando el proceso para la producción de vidrios laterales laminados como un nuevo producto por lo que requiere de una herramienta para llevar a cabo el análisis de las posibles fallas en dicho proceso, como parte del control de calidad.

Como se expone en este trabajo, la herramienta más utilizada y que permite un mejor análisis de las fallas es el AMEF de proceso, por lo cual se aplicó para el análisis de los vidrios laterales laminados.

IV.2.1 CREACIÓN Y FORMACIÓN DEL EQUIPO PARA LA ELABORACIÓN DEL AMEF

Para la elaboración del AMEF de los vidrios laterales laminados, contamos con el apoyo de representantes de las áreas de Ingeniería, Métodos, Producción y Calidad para complementar el equipo de trabajo.

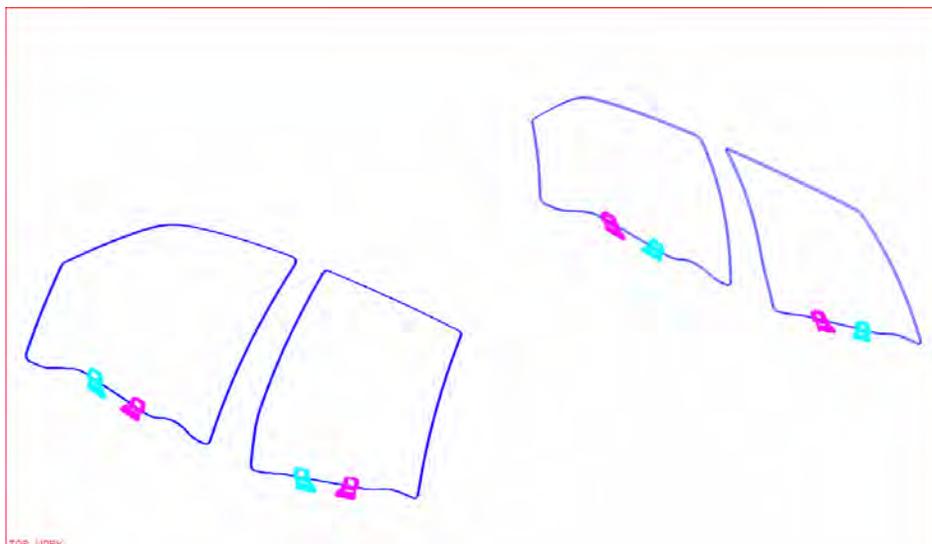
IV.2.2 IDENTIFICAR EL PRODUCTO O PROCESO

Producto nuevo: Cristales Laterales Laminados

Los cristales laterales laminados están compuestos por dos hojas de vidrio semi-templadas, laminadas con una película de PVB utilizados como sustituto de los vidrios monolíticos templados. Estos cristales serán utilizados para el ensamble de las puertas de los automóviles de la marca Cadillac.

- Modelo GMX272 y GMX222
- Planta de ensamble: Detroit Hamtramck
- Volumen requerido en el periodo 2006-2008: 90,000 total
- Año modelo: 2006 – 2008

GMX272 CRISTALES DELANTEROS Y TRASEROS



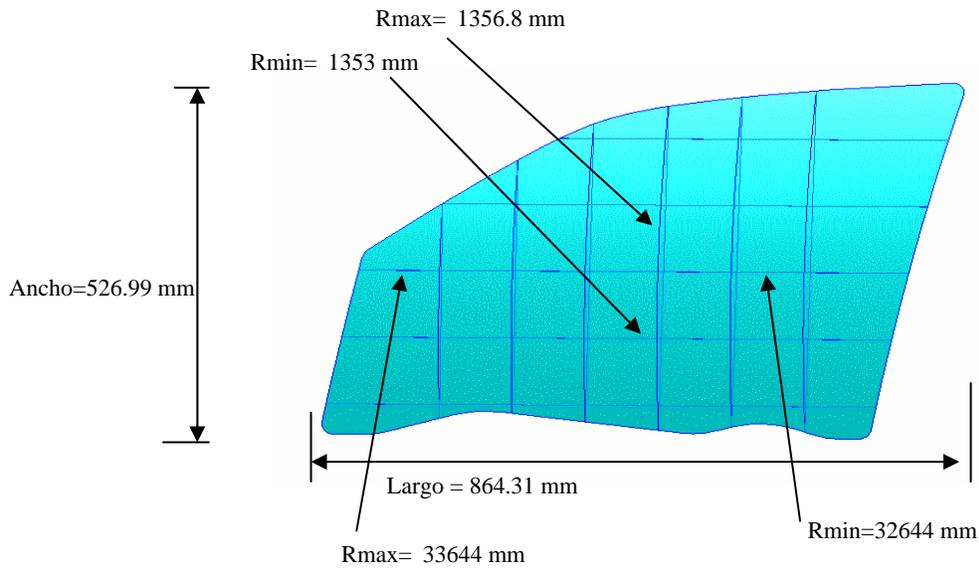
Requerimientos de diseño:

GMX 272 PUERTA DELANTERA

ESPESOR: 4.7 mm

AREA CRISTAL= 340,794.26 mm²

PERIMETRO= 2444.53mm

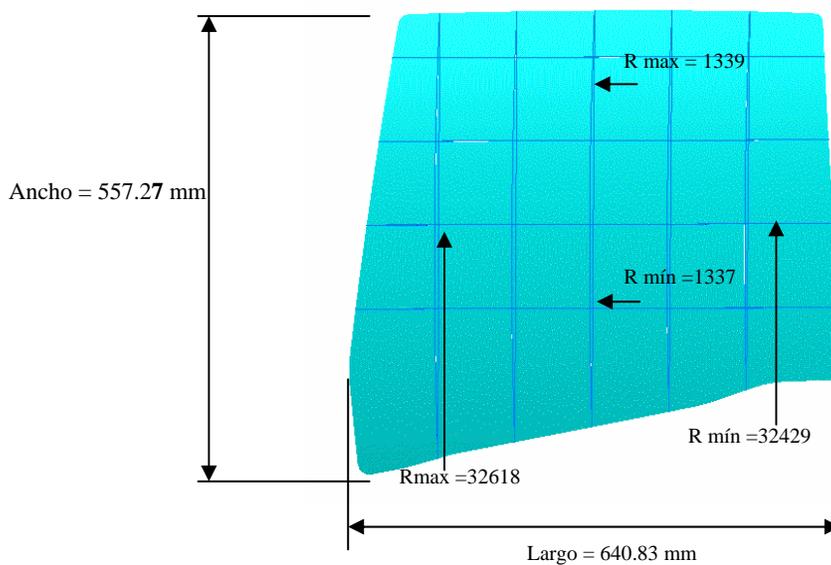


GMX 272 PUERTA TRASERA

ESPESOR: 4.7 mm

AREA CRISTAL= 298,030.55mm²

PERIMETRO= 2171.10mm

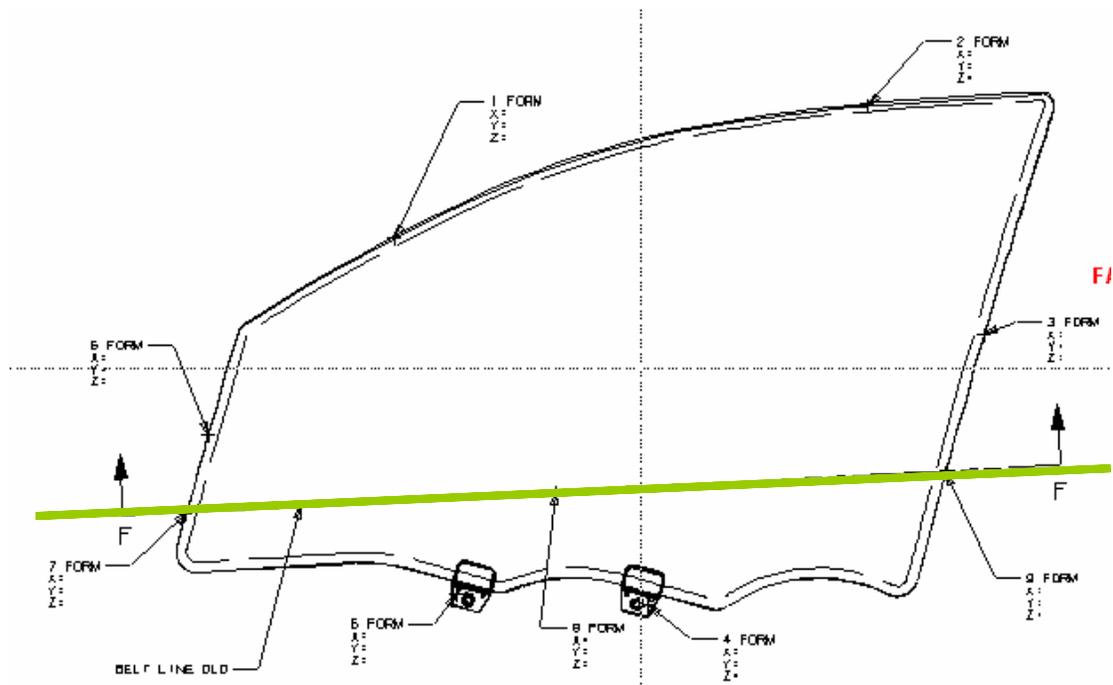


ESPECIFICACIÓN PARA DEFECTOS DE CRISTALES LAMINADOS DE GENERAL MOTORS

ZONAS:

Zona B: A partir de la Línea DLO (Day Light Opening): Abertura máxima no-obstruida.

Zona D: A partir de la Línea DLO hacia Abajo y del canto lateral (mayor) hacia adentro del cristal)



Características	Zona B		Zona D
	Magnitud	Frecuencia	
Burbujas, escoriación, piedras, partículas extrañas, partículas internas o adheridas, material extraño dentro del ensamble	Menor a 0.4 mm en todas direcciones	La separación debe ser mayor a 250 mm., el número de defectos no debe exceder de 5	Se permiten en esta zona mientras no dañe la resistencia del vidrio, su función mecánica en el vehículo y el proceso de instalación.
Rayas, tallones, marcas de abrasión y pelusa.	No se permiten defectos en esta zona		Se permiten en esta zona mientras no dañe la resistencia del vidrio, su función mecánica en el vehículo y el proceso de instalación.
Escurrimiento de vidrio, inclusiones dentro del vidrio y líneas de vidrio	No se permiten defectos en esta zona		Se permiten en esta zona mientras no dañe la resistencia del vidrio, su función mecánica en el vehículo y el proceso de instalación
Aire atrapado, burbujas, faltante de plástico y delaminaciones	No se permiten defectos en esta zona		Se permiten en la parte inferior de esta zona pero no puede penetrar del canto mas de 2.0 mm. El defecto individual debe ser menor de 75 mm en longitud, mientras la acumulación total de defectos debe ser menor de 150 mm en longitud. En el canto lateral mayor de esta zona solo se permite faltante de PVB con las dimensiones anteriores (Burbujas cero).
Conchas, despostillamiento o pintos			Ancho X Largo X Prof. = 1.0 x 1.5 x 0.4 La separación entre defectos debe ser menor a 50 mm, el número de defectos no debe exceder a 3.
Conchas en "V"			No se permiten de ningún tamaño.

Características	Zona	Magnitud	Observación
Traslape máx.	Canto superior	0.8 mm	La hoja externa debe ser mas alta que la hoja interna
	Canto Lateral	1.0 mm	
	Canto inferior	1.5 mm	
Sobrante de plástico	Perimetral	0.3 máx.	Rebabeo continuo, sin picos

Beneficios de Cristales Laterales Laminados

- Reduce los riesgos de robos y lesiones a los ocupantes del vehículo, gracias a su elevada resistencia que permite aumentar de 10 a 15 veces el tiempo necesario para la rotura del cristal e ingreso de ladrones o bándalos, respecto a los vidrios templados.
- Evita que las personas salgan expulsadas por las ventanas laterales en caso de alguna colisión.
- Aumenta la seguridad de los ocupantes del vehículo en el caso de rotura del cristal, al mantener las partículas de vidrio adheridas al plástico intermedio.
- Aumenta el confort del conductor al reducir el ruido externo de 3 a 4 decibeles, aumentando a su vez la acústica del interior del vehículo.
- Aumenta el confort del conductor al reducir la temperatura interior producida por la radiación solar infrarroja.
- Protege la piel de los pasajeros y los interiores del automóvil al bloquear entre 90 y 95% los rayos ultravioleta.

OPERACIÓN DE ENSAMBLE DE VIDRIOS LATERALES

Esta instrucción aplica para la operación de preadhesión en la línea de vacío de los vidrios laterales. Incluye la operación de alimentación, manejo, ensamble, carga y descarga del horno de vacío.

DESARROLLO

Herramientas, equipo y materiales.

- Línea transportadora con iluminación.
- Horno de vacío.
- Gancho para mangueras.
- Enfriador para mangueras.
- Toallas de telas húmedas, para limpieza de manos.
- Bolsas de polietileno, para empaquetar desperdicios de PVB.
- Contenedor para material curvado.
- Botella aspersora
- Mezcla Agua - alcohol

- Franela
- Máquinas ensambladoras (sandwicheras) y banco de colocación de manguera
- Cinta Flash Break
- Navaja de rasurado.
- Manguera de silicón para vacío Tamglass o Reliance
- Calzas metálicas
- Tabla de madera
- Carros de autoclave de doble pieza
- Separador de vidrio de nylamid.
- Dowanol
- Equipo de protección personal según lo establecido en el formato FCM-09-03 para el puesto correspondiente, "Cuadro Básico de Equipo de Protección Personal".

Preparación de la operación.

Consideraciones:

1. Al inicio, durante y al final del turno, asegurar la limpieza de su área de trabajo.
2. Antes de alimentar verificar que el material porte la etiqueta de control de piso en caso contrario no alimentar y dar aviso al supervisor.
3. No se debe ejercer demasiada presión sobre el cristal al limpiarlo
4. Limpieza de las manos, utilizando las toallas prehumedecidas, antes y durante el trabajo con PVB y cuando se procese un rack.
5. En todo momento tener puestas su bata y cofia
6. Evitar que se machuque y se jale el plástico en las esquinas y bordes superiores e inferiores.
7. Preparar las bolsas de polietileno para desecho.
8. Afilar la charrasca ya sea con el esmeril o la tableta de óxido
9. Tomar las mangueras del enfriador y/o anaquel en cantidad y dimensión de acuerdo al modelo a procesar y colocarlas en el gancho al pie de la línea.
10. Verificar que la presión de vacío esté dentro de los valores según las condiciones del proceso.
11. Se deberá asegurar que el horno tenga la temperatura indicada en las condiciones de proceso para el inicio de la producción.
12. Colocar los topes en las máquinas ensambladoras "sandwicheras", dependiendo del modelo que se vaya a procesar y siguiendo las condiciones de proceso indicadas.

Condiciones de proceso

PARÁMETRO	CONDICIÓN
Sobrantes de PVB después del rasurado	De 3 a 4 mm aprox.
Set point de temperatura del horno de vacío	110 °C
Presión de vacuometro	35 – 50 cm Hg. (Mercurio)
Velocidad del transportador del horno de vacío	Fija a 32 segundos el ciclo



MAQUINA ENSAMBLADORA "SANDWICHERA"

DIAGRAMA DE "SANDWICHERA"

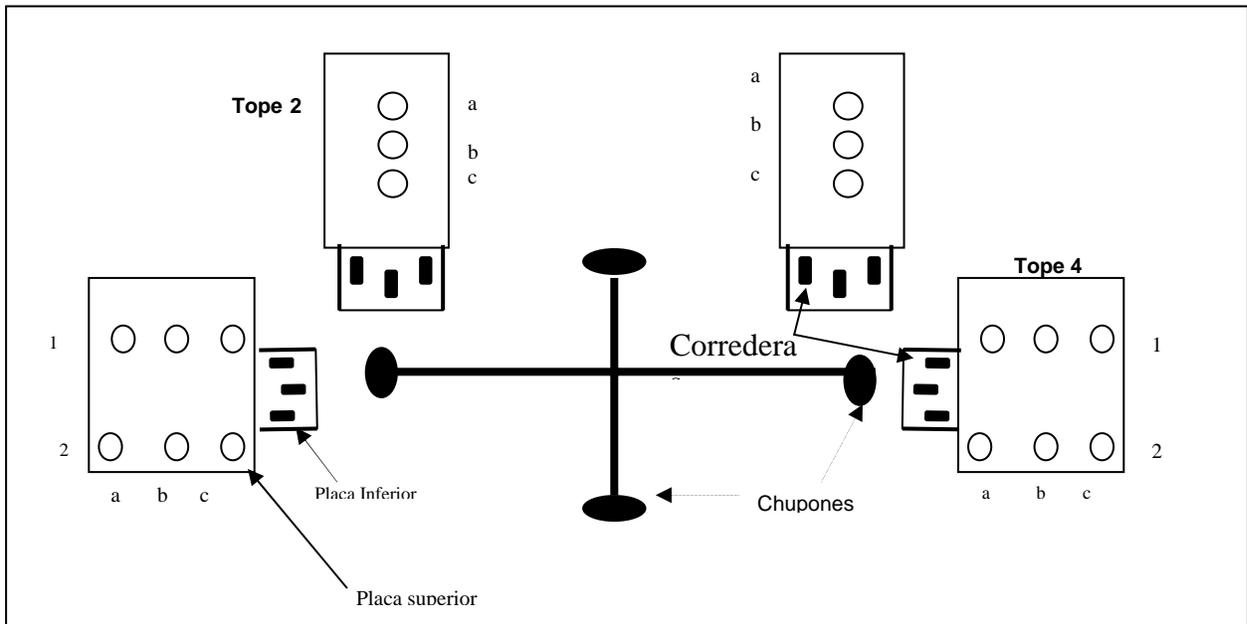


FIG. 1 POSICIÓN DE TOPES EN "SANDWICHERAS"

Modelo	Descripción	Tope 1	Tope 2	Tope 3	Tope 4
272 (965Y)	Vidrio Delantero Derecho	Posición 2 "b" Tope Recto	Posición "b" Tope Cónico		Posición 1 "b" Tope Cónico
272 (966Y)	Vidrio Delantero Izquierdo	Posición 1 "b" Tope Cónico		Posición "b" Tope Cónico	Posición 2 "b" Tope Recto
272 (967Y)	Vidrio Trasero Derecho	Posición 2 "c" Tope Recto	Posición "c" Tope Cónico	Posición "c" Tope Cónico	
272 (968Y)	Vidrio Trasero Izquierdo		Posición "c" Tope Cónico	Posición "c" Tope Cónico	Posición 2 "a" Tope Recto
222 (033Y)	Vidrio Delantero Derecho	Posición 2 "a" Tope Recto	Posición "b" Tope Cónico		Posición 1 "b" Tope Cónico
222 (034Y)	Vidrio Delantero Izquierdo	Posición 1 "b" Tope Cónico		Posición "b" Tope Cónico	Posición 2 "c" Tope Recto
222 (048Y)	Vidrio Trasero Derecho		Posición "c" Tope Cónico	Posición "c" Tope Cónico	Posición 2 "c" Tope Recto
222 (049Y)	Vidrio Trasero Izquierdo	Posición 2 "a" Tope Recto	Posición "c" Tope Cónico	Posición "c" Tope Cónico	

TABLA 2: POSICION DE TOPES POR MODELO

Cambio de corrida

1. Centrar el vidrio a procesar, a lo largo y ancho, sobre los soportes tomando como referencia los chupones inferiores.
2. Ajustar la altura de los chupones inferiores aflojando las mariposas de sujeción del chupón y activar el vacío para que el chupón libre se adapte a la posición requerida y entonces apretar las mariposas de sujeción. Lo anterior es para evitar que el vidrio se flexione demasiado.
3. Ajustar la altura de los chupones superiores, aflojando las mariposas de sujeción y bajando el pistón. Posteriormente activar el vacío para que los chupones libres se adapten a la posición requerida y apretar las mariposas de sujeción de manera que flexionen la goma del chupón sin que haga contacto el vidrio con la parte metálica del chupón.
4. Quitar vacío y subir el pistón para ajustar la posición de los topes de acuerdo al centrado del vidrio, colocando el tope en el barreno de la placa superior de acuerdo al esquema de cada modelo de vidrio lateral y ajustando la posición mediante las correderas de la placa inferior.

Operación

Método de Alimentación y limpieza de cristal curvado a la línea de Ensamble

1. Tomar del rack la hoja interna del vidrio lateral y colocarlo sobre el transportador con la curvatura hacia abajo.
2. Tomar del rack la hoja externa del vidrio lateral y colocarlo sobre el transportador, con la curvatura hacia arriba.
3. Rociar las dos caras expuestas con la mezcla de agua-alcohol.
4. Tallar con la franela.
5. Secar las dos caras expuestas con la franela.
6. Tomar la hoja externa y ponerla sobre la hoja interna juntando las dos caras que se acaban de limpiar.

Método de Ensamble de cristal con PVB

1. Tomar las dos hojas del transportador de limpieza y colocarlas en la máquina ensambladora "sandwichera", con la curvatura hacia abajo.
2. Colocar la pareja de vidrios contra los topes, indicados en la tabla 2 para el modelo procesado. Tener cuidado de deslizarlos a partir de las esquinas inferiores y verificando que los cantos de ambas hojas hagan buen contacto con los topes para asegurar que los bordes superiores queden en la posición determinada por los topes cónicos. Una vez lograda la posición correcta, mantener sujetos los vidrios.
3. Revisar la superficie del vidrio ensamblado para detectar y corregir defectos de apariencia.
4. Bajar el pistón con los chupones superiores.
5. Aplicar vacío.
6. Soltar los vidrios.

7. Bajar los topes.
8. Subir el pistón superior para levantar la hoja externa.
9. Colocar el PVB sobre la hoja interna.
10. Bajar el pistón con la hoja externa.
11. Desconectar vacío.
12. Rasurar el excedente de PVB. No iniciar ni terminar el rasurado en el borde superior (borde expuesto).
13. Dejar un excedente de PVB de 3 a 4 milímetros, poniendo especial cuidado de que esto se cumpla en las esquinas del vidrio.
14. Revisar que el traslape en el borde superior sea como se indica en la figura2.

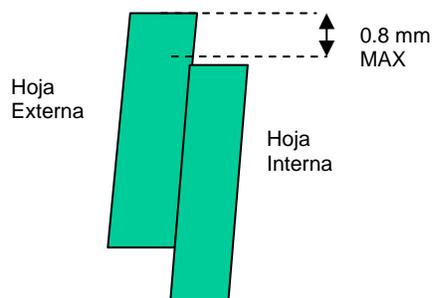


FIGURA 2

15. Colocar el recorte de PVB en el gancho para después colocarlo en su bolsa correspondiente.
16. Antes de subir el pistón colocar cinta Flash Break en el centro de los 4 lados del cristal para evitar que se mueva el ensamble.
17. Subir el pistón.
18. Tomar el vidrio ensamblado de la "sandwichera" y colocarlo sobre el transportador con la curvatura hacia abajo.

Método de alimentación de cristales laterales al horno de vacío

1. Establecer el sentido de giro del banco mas adecuado al operario en turno.
2. Tomar el vidrio ensamblado del transportador y colocarlo en el banco.
3. Activar el vacío y el giro del banco.
4. Colocar la manguera al vidrio ensamblado.
5. Desactivar el vacío y el giro.
6. Subir la pieza al transportador del horno de vacío calzando el vidrio sobre el transportador con una calza metálica o con una tabla de madera.
7. Conectar la manguera al vacío.
8. Abrir la válvula de la manguera principal.
9. Verificar que no haya fugas en la manguera de vacío.

Método de descarga del horno de vacío

1. Los vidrios se deben descargar después de la última cortina del horno.
2. Cerrar la válvula de toma de vacío del vidrio a descargar.

3. Desconectar la manguera de vacío.
4. Bajar el vidrio.
5. Retirar la manguera y colocarla en el gancho.
6. Llevar las mangueras al anaquel enfriador.
7. No sujetar los vidrios por el borde superior.
8. Retirar las cintas de fijación Flash Break que fueron colocadas en el ensamble.
9. Colocar los vidrios en el carro de autoclave con la parte lateral más ancha hacia abajo.
10. Colocar el separador superior pieza a pieza.
11. Al llenado de medio carro, bajar la primera mitad de la barra sujetadora y asegurarla.
12. Al terminar de llenar el carro bajar la otra mitad de la barra sujetadora y asegurar el vidrio en el carro.
13. Llevar el carro a la zona de autoclaves.



CARRO DE AUTOCLAVE PARA VIDRIOS LATERALES

Autoclaveado

1. Antes del autoclaveado aplicar Dowanol a los bordes de los vidrios utilizando el rodillo.
2. Autoclavear los vidrios laterales utilizando el programa establecido.

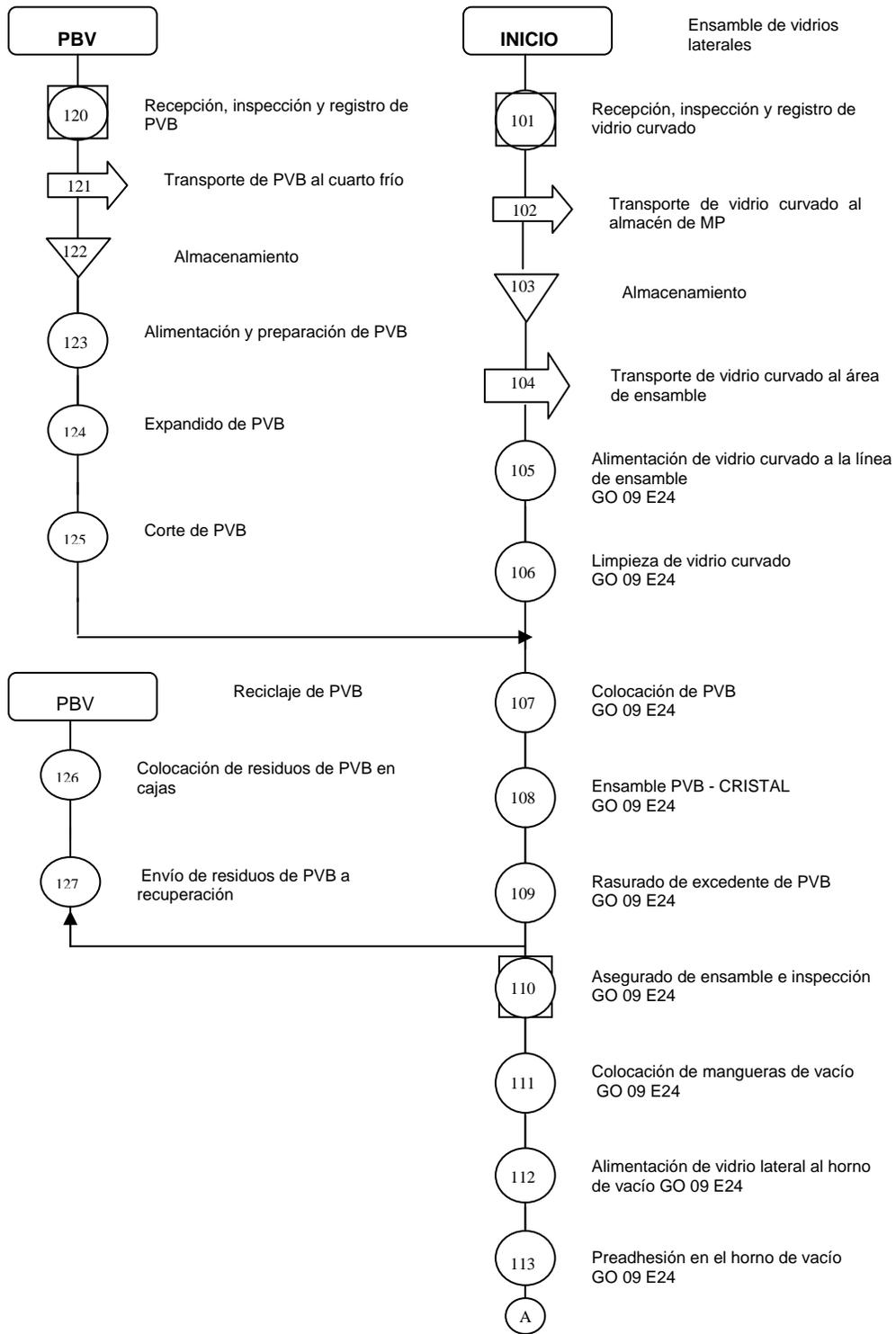
Acciones correctivas.

1. Si el traslape en el borde superior, durante el ensamble, no es como se indica en la figura 2, se debe corregir ya que de lo contrario la pieza será rechazada.
2. Cuando al detectar alguna falla en el PVB (con olanes y/o pegado), y esta no pueda compensarse durante el bajado y/o ensamblado; Se tendrá que regresar el material al cuarto de PVB y reportar dicha situación al supervisor de producción.
3. Si los vidrios laterales al salir del horno de vacío presentan una apariencia opaca, separar la manguera para que sea revisada por una posible picadura y fuga.

IV.2.3 DIAGRAMAS

 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO									
NÚMERO DE PARTE: VARIOS MODELO: GENERAL FECHA: _____ REALIZADO POR: Barrera Martínez Joel Julián Solís Héctor Manríquez Hernández Mariana. APROBADO POR: _____						EDICIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	APRO.
						1		ELABORACIÓN	
PASO	No. DIAGRAMA DE OPERACIONES	ALMACÉN	TRANSPORTE	OPERACIÓN	INSPECCIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS DE CONTROL	
I						RECEPCIÓN DE VIDRIO			
2	101					INSPECCIÓN DE RECIBO			
3						TRANSPORTE A ZONA DE ALMACÉN DE VIDRIO			
4						ALMACÉN DE VIDRIO			
5						TRANSPORTE A ZONA DE ALIMENTACIÓN LÍNEA DE ENSAMBLE			
6	102					ALIMENTACIÓN DE LÍNEA DE ENSAMBLE			
7	103					LIMPIEZA DE VIDRIO GO-09-E24			
CONTINUA EN EL PASO 8									
I						RECIBO DE P.V.B.			
II	114					INSPECCIÓN DE RECIBO			
III						TRANSPORTE A ZONA DE ALMACÉN			
IV						ALMACÉN DE P.V.B.			
V						TRANSPORTE A ZONA DE PREPARACIÓN DE P.V.B.			
VI	115					ALIMENTACIÓN Y PREPARACIÓN DE P.V.B.			
VII	116					FLUJO Y EXPANDIDO DE P.V.B.			
VIII						INSPECCIÓN DE P.V.B. PROCESADO			
IX	117					CORTE DE P.V.B.			
X						ALMACÉN DE P.V.B. CORTADO			
XII						TRANSPORTE A ZONA DE ENSAMBLE			
CONTINUA EN EL PASO 8									
8	104					COLOCACIÓN DE P.V.B.			
9	105					ENSAMBLE GO-09-E24			
10	106					RASURADO DE EXCEDENTE DE P.V.B. GO-09-E24			
11	107					ASEGURADO DE ENSAMBLE GO-09-E24			
12	108					COLOCACIÓN DE MANGUERA DE VACÍO			
13	109					ALIMENTACIÓN HORNO DE VACÍO GO-09-E24			
14	110					PREADHESIÓN POR VACÍO GO-09-E24			
15	111					DESCARGA DEL HORNO DE VACÍO GO-09-E24			
16	112					LLENADO DE CARROS DE AUTOCLAVE GO-09-E24			
17						TRANSPORTE A ZONA DE AUTOCLAVE			
18						ALMACÉN TEMPORAL DE CARROS DE AUTOCLAVE			
19	113					APLICACIÓN DE DOWANOL			
20						TRANSPORTE A AUTOCLAVE			
21	114					AUTOCLAVEADO GO-09-E24			
22						TRANSPORTE A ZONA DE ALIMENTACIÓN DE ACABADO			
23	201					LIMPIEZA Y RASURADO GO-09-A01			
24	202					PULIDO GO-09-A01			
25	203					COLOCACIÓN EN ZONA DE INSPECCIÓN DE LÍNEA FINAL			
26						INSPECCIÓN FINAL			
27						TRANSPORTE A LA ZONA DE EMPAQUE			
28						ACOMODO DE VIDRIO EN RACKS			
29						EMPAQUE			
30						TRANSPORTE A ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO			
31						ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO			
32						TRANSPORTE A ZONA DE EMBARQUE			
33	302					EMBARQUE			

DIAGRAMA DEL PROCESO



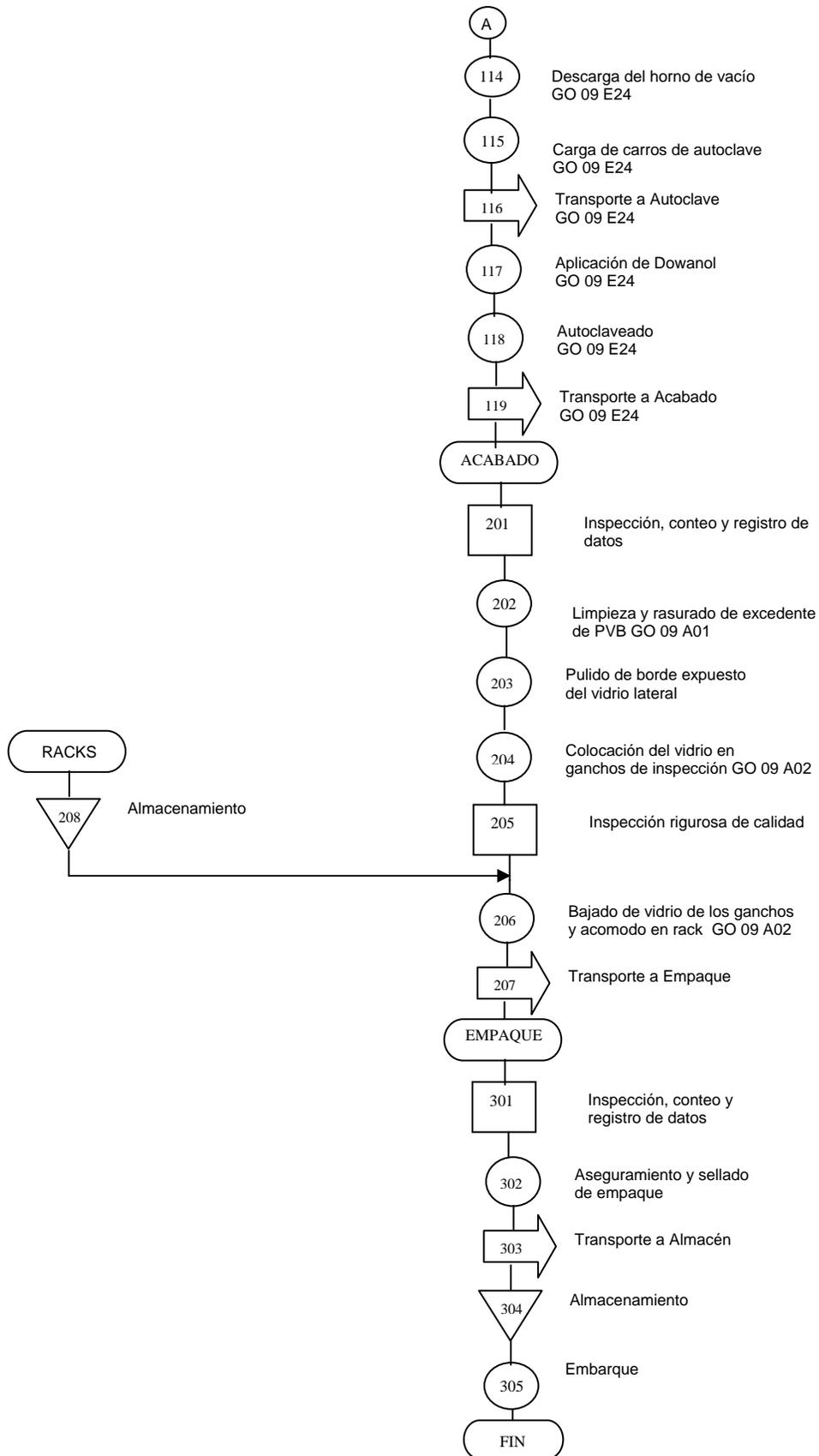
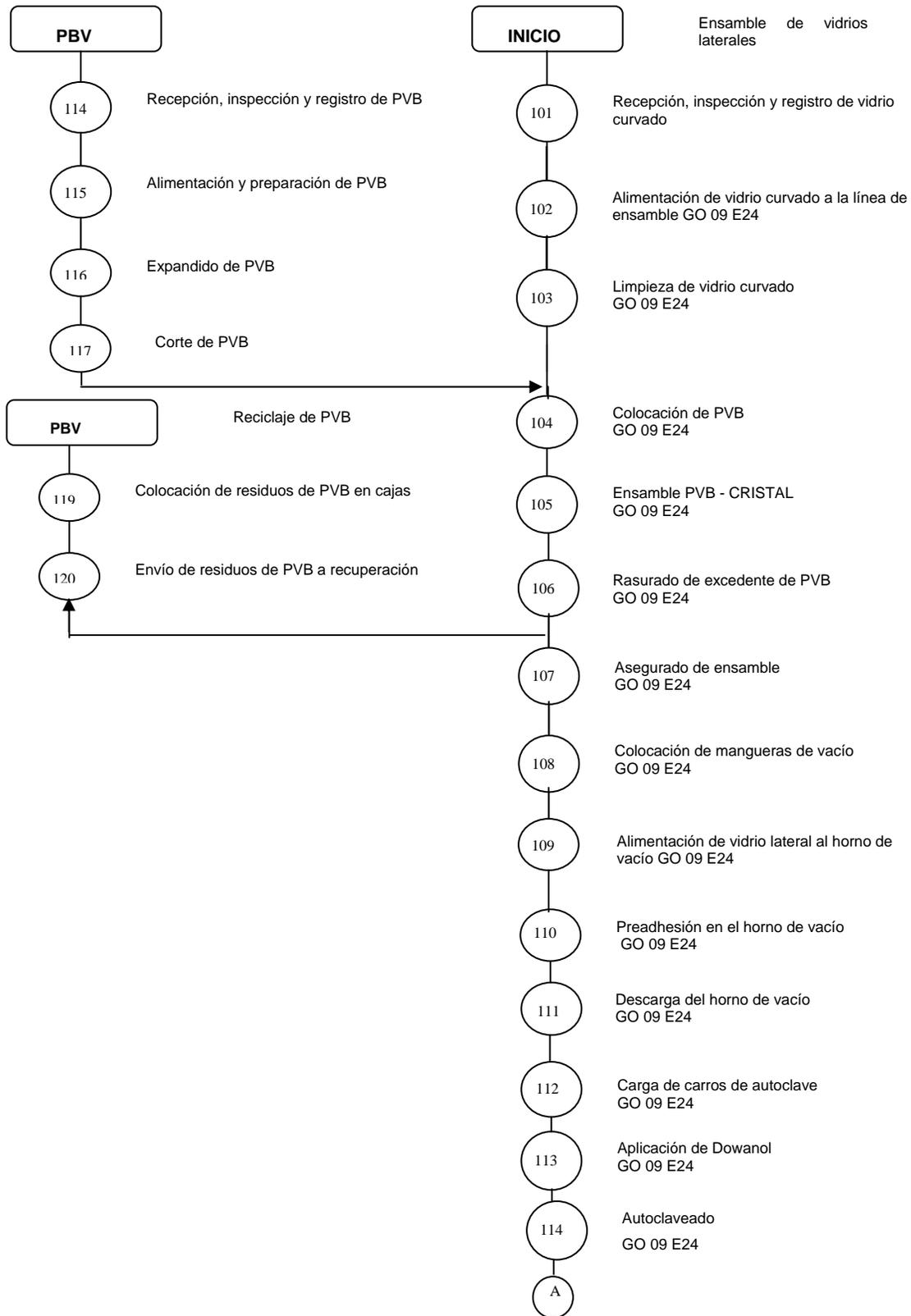
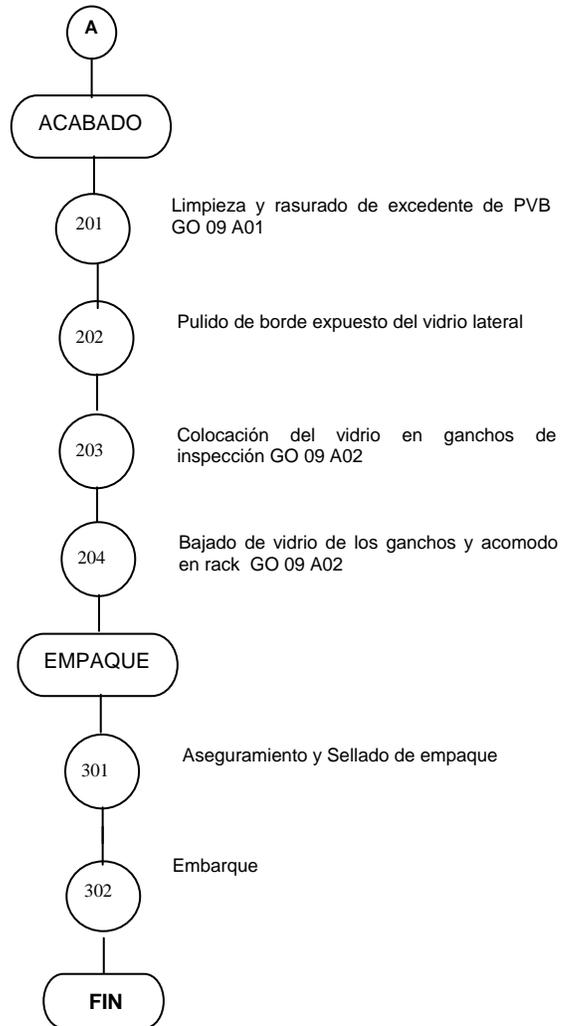


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO





IV.2.4 LEVANTAMIENTO DE DATOS DE FALLAS Y CLASIFICACIÓN

DESCRIPCIÓN DE DEFECTOS DETECTADOS EN LA RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA

Raya de Cristal: Es una imperfección originada por el contacto con otro material, dejando una marca profunda y delgada, este defecto puede ser removido mediante un reproceso (pulido).

Separación de Hojas: Consiste en un espacio entre las hojas a ensamblar, se origina por la diferencia de curvatura entre las hojas de cristal.

Tallón de Cristal: Es una marca visible que se origina por el roce con algún material, dejando una marca superficial en el cristal, en ocasiones puede ser removida mediante la limpieza de la superficie.

Sin parejas: En la recepción de materia prima se encuentran pares incompletos de hojas de cristal, para la realización del ensamble es necesario contar con las dos piezas que recibieron el proceso de curvado al mismo tiempo.

Roto en Rack: Defecto que se origina por el transporte y manejo inadecuado de las hojas de cristal, ocasionando el choque accidental con la estructura metálica para almacenar las hojas de cristal (rack).

Despuntado: Se refiere a la ruptura de los extremos del cristal. Se puede originar durante el traslado de la materia prima.

Escoriación: Es un excedente de cristal que se originó durante los procesos de corte y curvado, defecto que no se eliminó con el pulido.

Sucio: Son las impurezas que no forman parte de las hojas de cristal, son detectadas a simple vista.

Despostillado: Defecto ocasionado por el choque accidental de la hoja de cristal con otro material, tiene como consecuencia el desprendimiento de partículas de vidrio.

Concha: Al igual que el despostillado, se origina por el choque de la hoja de cristal con otro material, sin desprendimiento de partículas de vidrio.

Grabado: Son las marcas originadas por el contacto constante entre la hoja de cristal y otro objeto.

Materia prima recibida en almacén:

MODELO	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
965Y	25758085	DD	1780
966Y	25758086	DI	1820
967Y	25758088	TD	2072
968Y	25758089	TI	1414
TOTAL			7086

MODELO	NO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
048Y	15271999	TD	400
049Y	15272000	TI	200
034Y	15230833	DI	628
033Y	15230832	DD	460
TOTAL			1688

DD: Delantera derecha

DI: Delantera izquierda

TD: Trasera derecha

TI: Trasera izquierda

Total de piezas recibidas: 8774

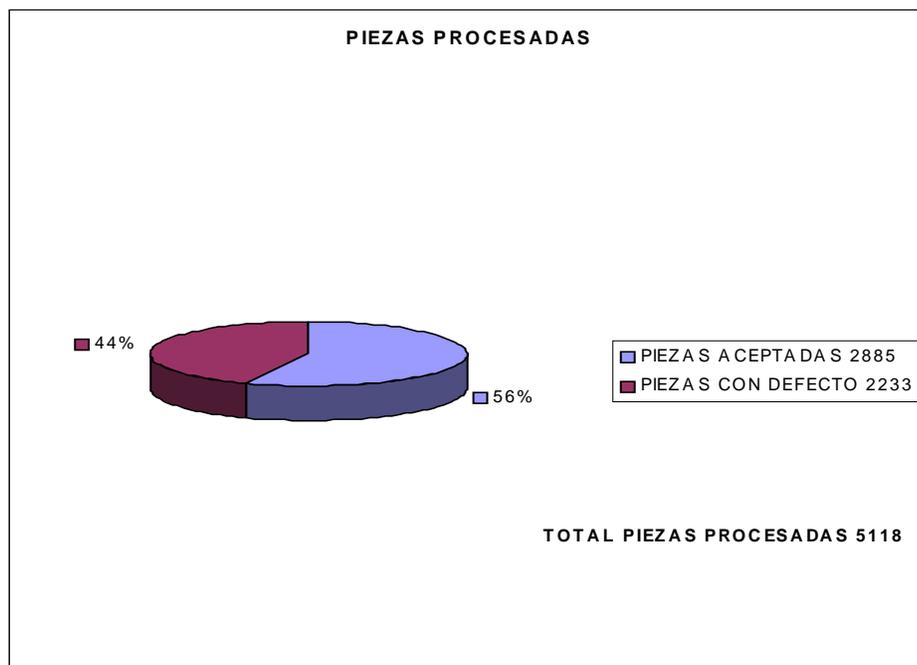
Defectos en materia prima recibida

DEFECTOS	PIEZAS
RAYA CRISTAL	49
SEPARACIÓN DE HOJAS	51
TALLÓN CRISTAL	26
SIN PAREJAS	24
ROTO RACK	4
DESPUNTADO	8
ESCORIACIÓN	1
SUCIO	6
DESPOSTILLADO	4
CONCHA	4
GRABADO	1
TOTAL	178

TOTAL DE PIEZAS RECIBIDAS	PIEZAS CON DEFECTO	PIEZAS PARA PRUEBAS	PIEZAS A PROCESAR CON EL MÉTODO ELEGIDO
8774	178	3478	5118

TOTAL DE PIEZAS PROCESADAS

TOTAL DE PIEZAS PROCESADAS	5118	100%
PIEZAS ACEPTADAS	2885	56%
PIEZAS CON DEFECTO	2233	44%



DESCRIPCIÓN DE DEFECTOS DETECTADOS EN EL MATERIAL PROCESADO

Faltante de PVB: Este defecto es detectado debido a que el PVB no cubre toda la superficie de las hojas de cristal ensambladas y es originado debido a que el PVB no disminuye sus dimensiones homogéneamente, también puede ser ocasionado por una operación incorrecta de rasurado.

Burbuja: Es aire atrapado entre las hojas de cristal y el PVB. Algunas de estas burbujas pueden ser eliminadas mediante un reproceso, son detectadas mediante inspección visual.

Traslape: Es el desplazamiento excesivo (mayor a las especificaciones) entre las hojas de cristal. Es originado por la presión fuera de rango de la ensambladora y por las condiciones fuera de especificación del horno de vacío.

Raya de Cristal: Es una imperfección originada por el contacto con otro material, dejando una marca profunda y delgada, este defecto puede ser removido mediante un reproceso (pulido).

Puntos Opacos: Son impurezas visibles entre las hojas de vidrio que se originan debido al PVB sucio.

Separación de Hojas: Consiste en un espacio entre las hojas a ensamblar, se origina por la diferencia de curvatura entre las hojas de cristal.

Sucio: Son las impurezas que no forman parte de las hojas de cristal, son detectadas a simple vista.

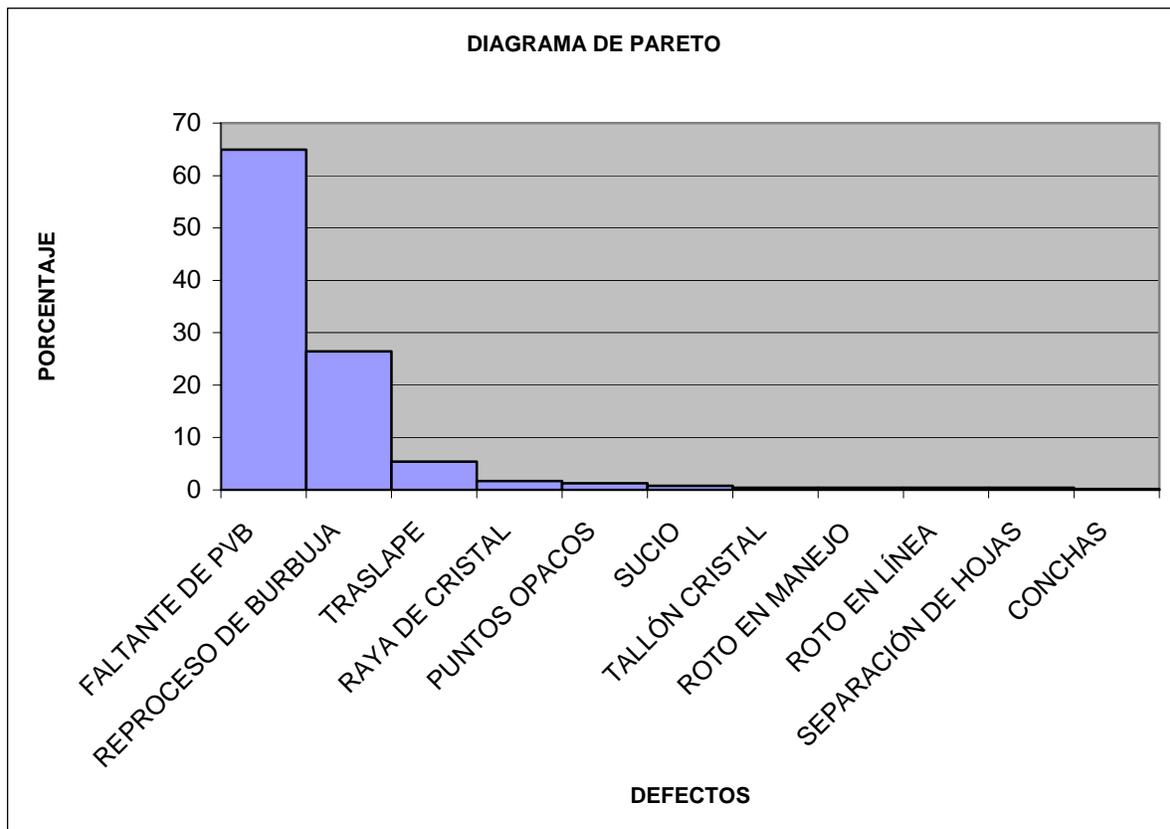
TOTAL DE PIEZAS CON DEFECTO

PIEZAS CON DEFECTO	2233	44.74%
FALTANTE DE PVB	1450	28.33
REPROCESO DE BURBUJA	590	11.53
TRASLAPE	121	2.36
RAYA DE CRISTAL	36	0.70
PUNTOS OPACOS	28	0.55
SUCIO	18	0.35
TALLÓN CRISTAL	9	0.18
ROTO EN MANEJO	9	0.18
ROTO EN LÍNEA	9	0.18
SEPARACIÓN DE HOJAS	9	0.18
CONCHAS	4	0.08
BURBUJA	3	0.06
PELO	3	0.06

DIAGRAMA DE PARETO (DEFECTOS)

PIEZAS CON DEFECTO	2233	100%
FALTANTE DE PVB	1450	64.93
REPROCESO DE BURBUJA	590	26.42
TRASLAPE	121	5.42
RAYA DE CRISTAL	36	1.70
PUNTOS OPACOS	28	1.25
SUCIO	18	0.81
TALLÓN CRISTAL	9	0.40
ROTO EN MANEJO	9	0.40
ROTO EN LÍNEA	9	0.40
SEPARACIÓN DE HOJAS	9	0.40
CONCHAS	4	0.18
BURBUJA IRREPARABLE	3	0.13
PELO	3	0.13

Nota: El total de piezas con defecto fue de 2289 de las cuales 56 piezas fueron aceptadas después de un reproceso sencillo. Por lo que el número final de piezas con defecto es de 2233.





ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

COMPORTAMIENTO DE PROCESO DE PUERTAS LAMINADAS

MODELO	FECHA	CANTIDAD		REPROCESOS		DESECHOS								
		PROC	OK	REP. BURB	F/FPV	RAY CRIS	TRASL	P/O	TALL CRIS	SUC	ROT MAN.	BURB	PIOACO	
966Y	25/04 - 03/05	1147	582	164	325	10	29	4	1	2	1	1	1	
		14.3	28.3	0.0	0.9	2.5	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1		

MODELO	FECHA	CANTIDAD		REPROCESOS		DESECHOS									
		PROC	OK	REP. BURB	F/FPV	CPC	RAY CRIS	TRASL	P/O	TALL CRIS	SUC	ROT CARR	BURB	ROT RAS	CON
965Y	25/04 - 03/05	909	662	43	148		10	29	5	2	3	1	1	1	
		4.73	16.28		1.10	3.19	0.55	0.22	0.33	0.11	0.11	0.11			

MODELO	FECHA	CANTIDAD		REPROCESOS		DESECHOS									
		PROC	OK	REP. BURB	F/FPV	BURB	RAY CRIS	TRASL	P/O	TALL CRIS	SUC	GRAB	ROT MAN	BURB	CON
967Y	25/04 - 03/05	964	589	86	256	1	8	4	7	5	0	1	2	1	1
		8.9	26.6	0.1	0.8	0.4	0.7	0.5		0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	

MODELO	FECHA	CANTIDAD		REPROCESOS		DESECHOS										
		PROC	OK	REP. BURB	F/FPV	BURB	RAY CRIS	TRASL	P/O	TALL CRIS	SUC	ROT CARR	ROT MAN	LOG INC	PEL	ROT RASU
968Y	25/04 - 03/05	984	406	203	437		3	5	7	1	6		5	1	2	2
		20.6	44.4		0.3	0.5	0.7	0.1	0.6		0.5	0.1	0.2	0.2		

MODELO	FECHA	CANTIDAD		REPROCESOS		DESECHOS										
		PROC	OK	REP. BURB	F/FPV	BURB	RAY CRIS	TRASL	P/O	TALL CRIS	SUC	ROT CARR	ROT MAN	LOG INC	PEL	SEPHOJAS
048Y	25/04 - 03/05	295	146	24	107		1	11	0	0	1		0	2	0	1
		8.1	36.3		0.3	3.7		0.3		0.7		0.3				

MODELO	FECHA	CANTIDAD		REPROCESOS		DESECHOS										
		PROC	OK	REP. BURB	F/FPV	BURB	RAY CRIS	TRASL	P/O	TALL CRIS	SUC	CON	ROT MAN	LOG INC	PEL	SEPHOJAS
049Y	25/04 - 03/05	311	131	33	108	2	1	30	0	0	2	1	0	1	0	2
		10.61	34.73	0.64	0.32	9.65		0.64	0.32	0.32		0.64				

MODELO	FECHA	CANTIDAD		REPROCESOS		DESECHOS										
		PROC	OK	REP. BURB	F/FPV	BURB	RAY CRIS	TRASL	P/O	TALL CRIS	SUC	CON	ROT MAN	ROT LIN	PEL	SEPHOJAS
034Y	25/04 - 03/05	289	200	33	30		2	9	4	0	4		0	1	0	3
		11.42	10.38		0.69	3.11	1.38	1.38		0.35		1.04				

MODELO	FECHA	CANTIDAD		REPROCESOS		DESECHOS										
		PROC	OK	REP. BURB	F/FPV	BURB	RAY CRIS	TRASL	P/O	TALL CRIS	SUC	CON	ROT MAN	ROT LIN	PEL	SEPHOJAS
033Y	25/04 - 03/05	219	169	4	39		1	4	1	0	0		0	1	0	0
		1.8	17.8		0.5	1.8	0.5		0.5		0.5					

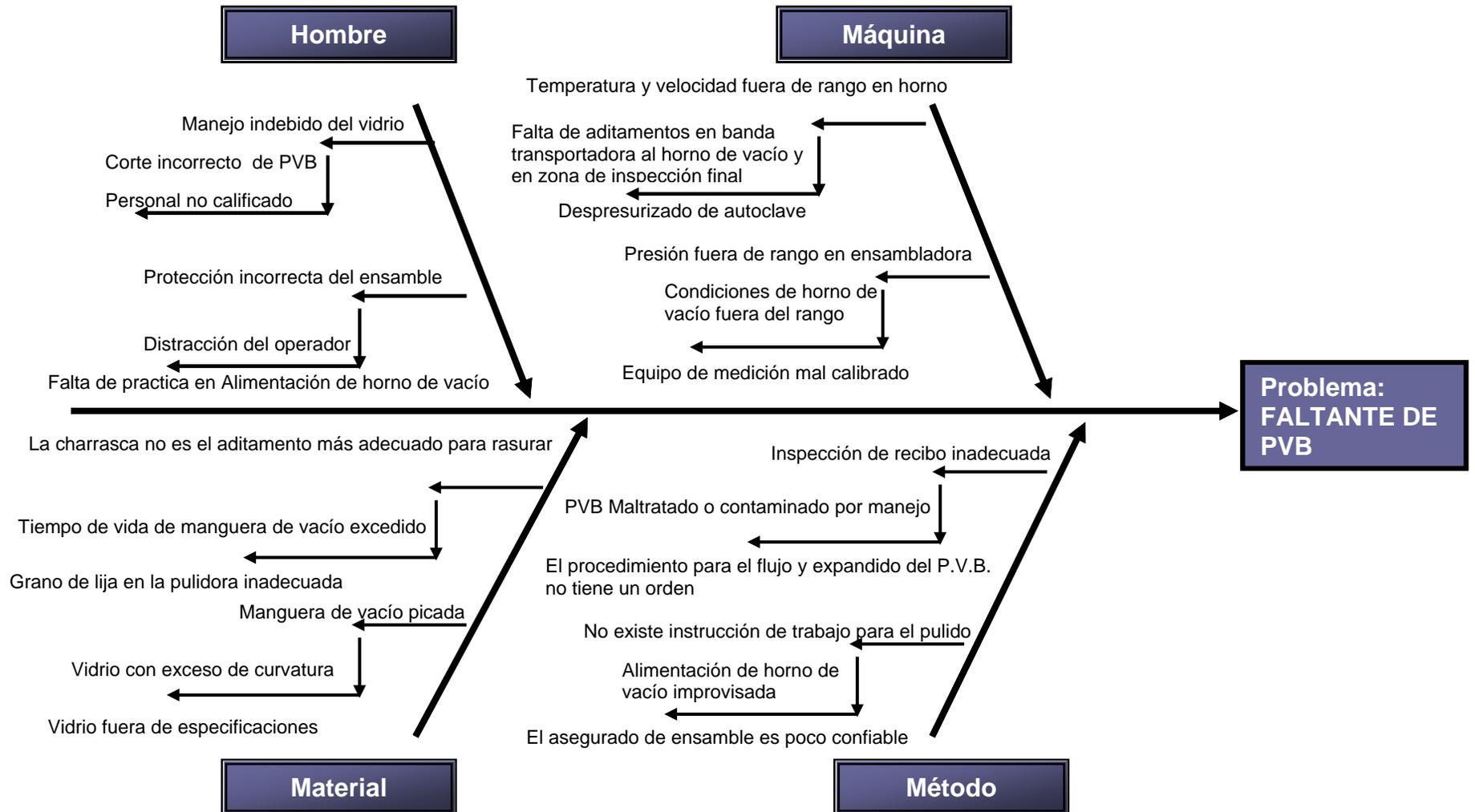
TOTALES	PROC	OK	REP. BURB	F/FPV	BURB	RAY CRIS	TRASL	P/O	TALL CRIS	SUC	CON	ROT MAN	ROT LIN	PEL	SEPHOJAS
	5118	2885	590	1450	3	36	121	28	9	18	4	9	9	3	9
		56.37	11.53	28.33	0.06	0.70	2.36	0.55	0.18	0.35	0.08	0.18	0.18	0.06	0.18

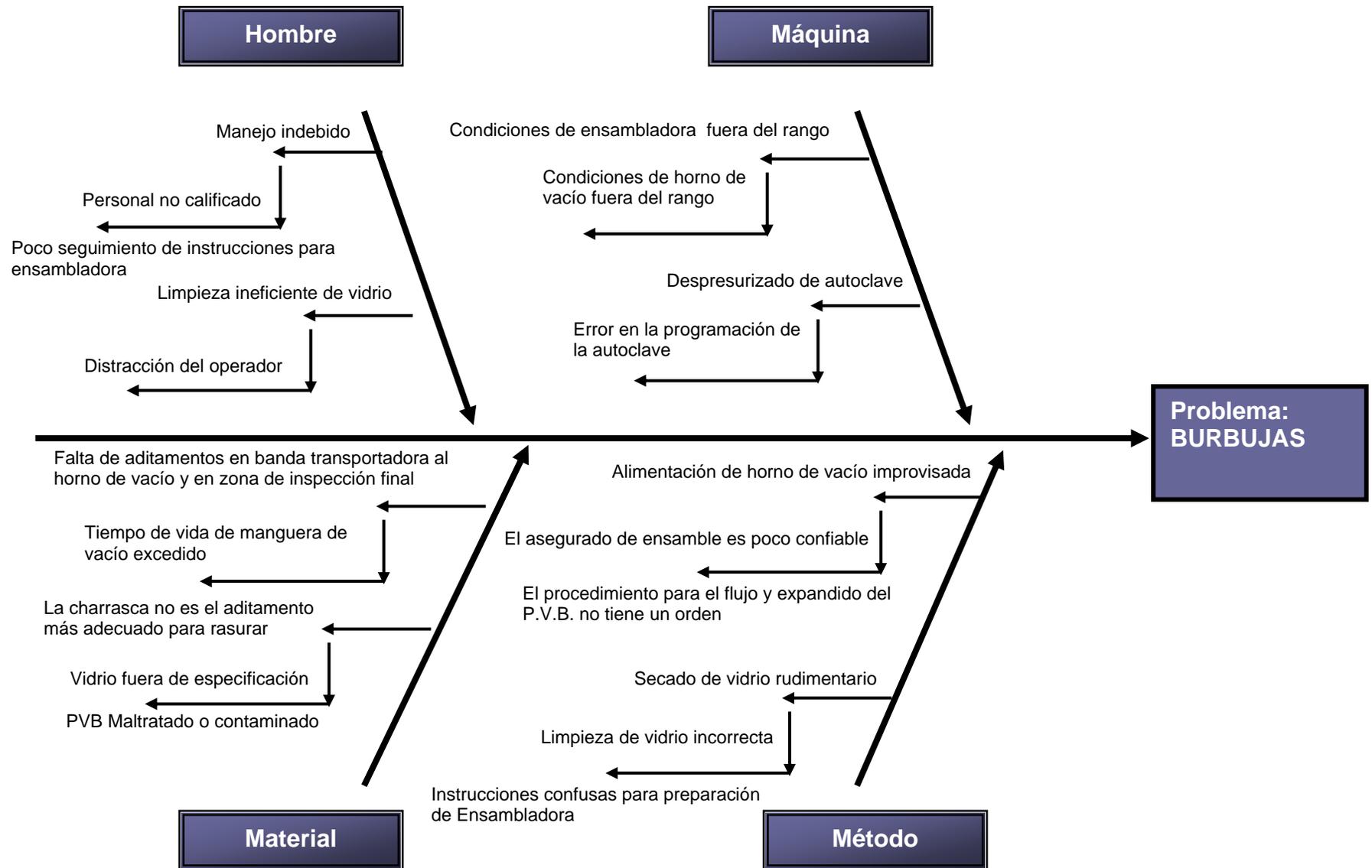
Abreviaturas del documento “Aseguramiento de la Calidad”	Descripción
PROC	Piezas procesadas
OK	Piezas aceptadas
REP. BURB	Piezas a reprocesar por burbujas
F/PVB	Piezas con faltante de PVB
BURB	Piezas con burbujas
RAY CRIS	Piezas con raya de cristal
TRASL	Piezas con traslape
P/O	Piezas con puntos opacos
TALL CRIS	Piezas con tallón de cristal
SUC	Piezas sucias
CON	Piezas con conchas
ROT MAN	Piezas rotas manualmente
ROT LIN	Piezas rotas en la línea de ensamble
PEL	Piezas con pelo
SEP/HOJAS	Piezas con separación de hojas

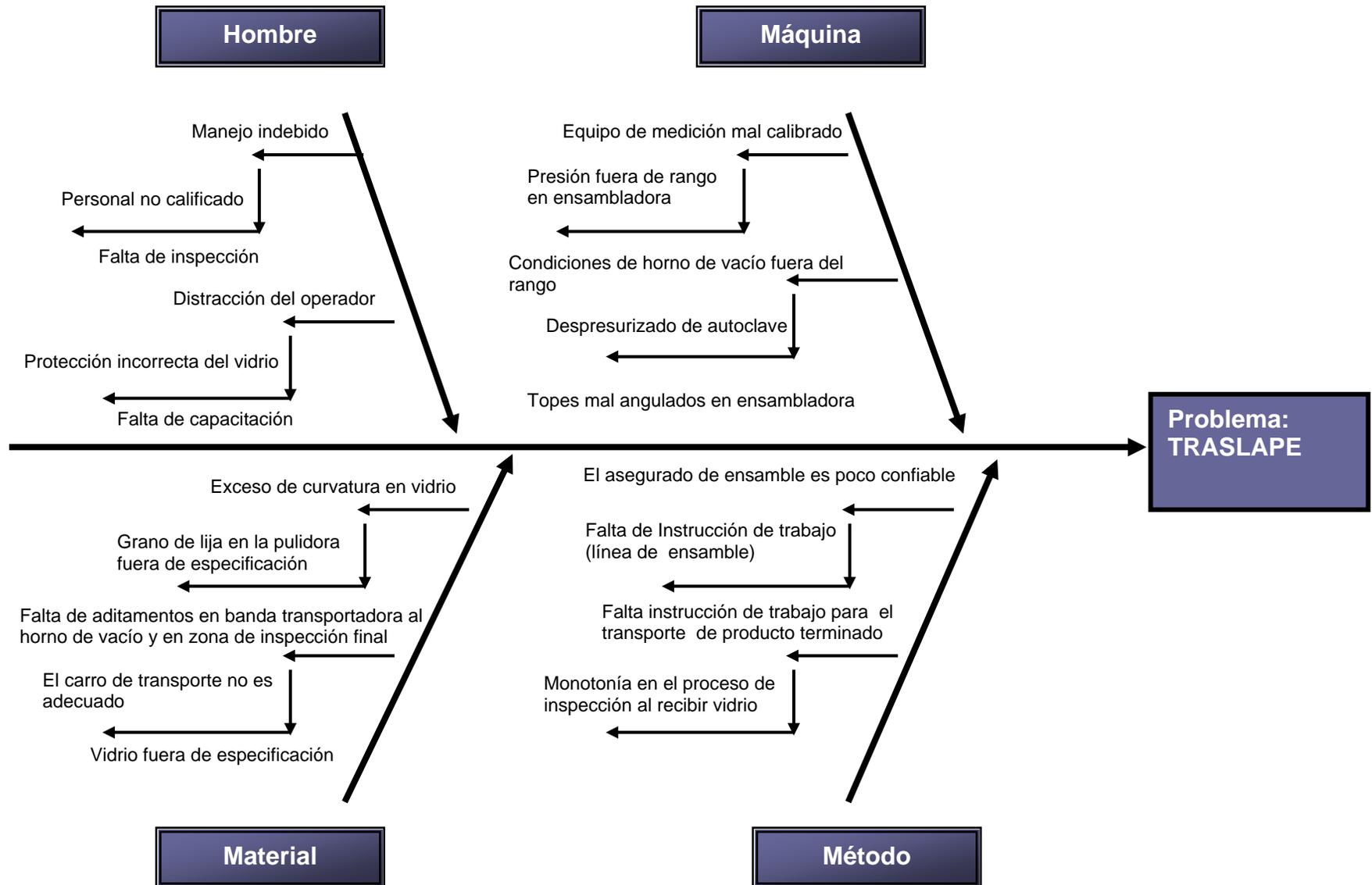
DIAGRAMAS CAUSA-EFECTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS POSIBLES CAUSAS DE UN EFECTO.

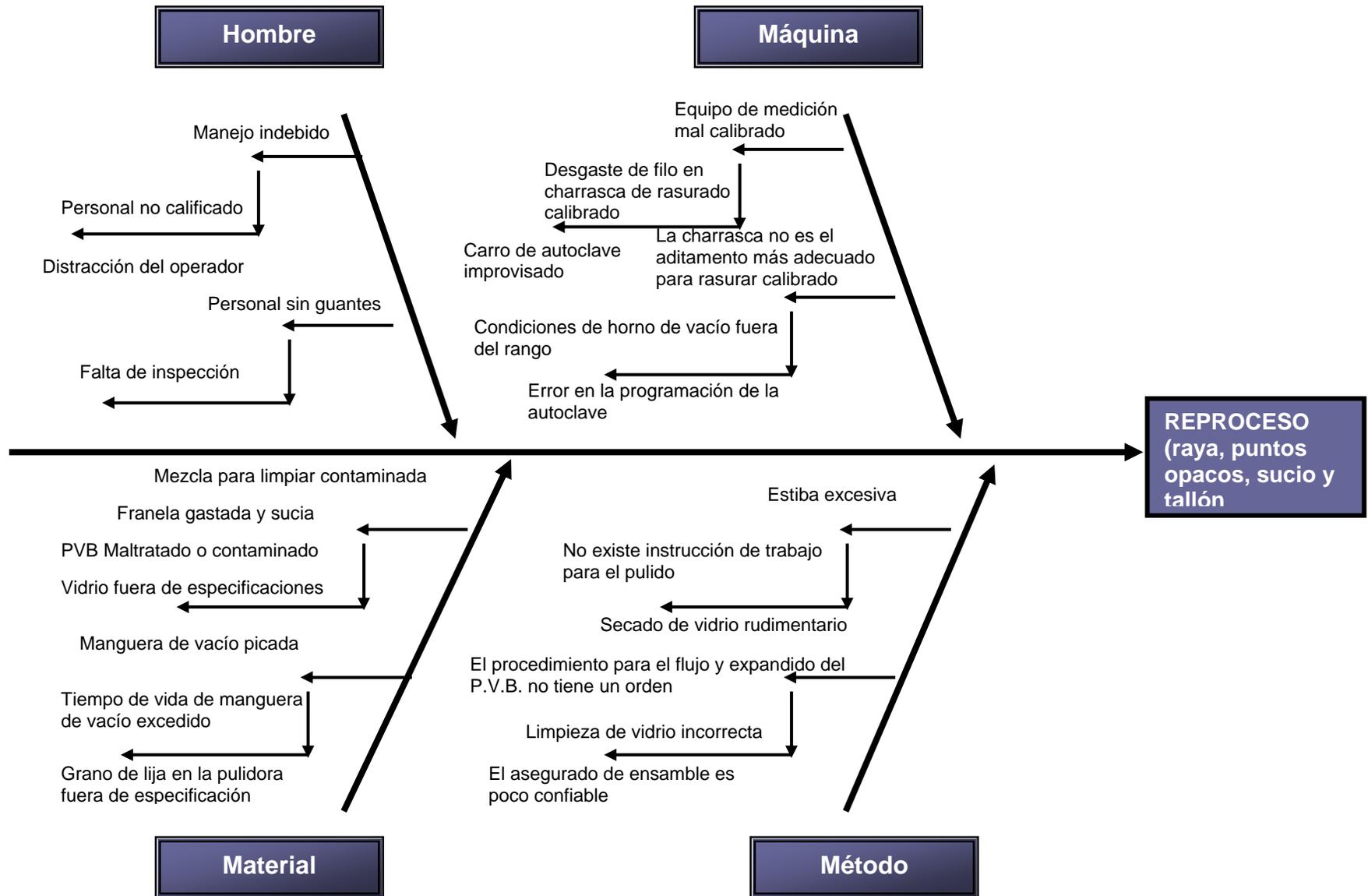
Para determinar las causas que originan los defectos identificados en el Diagrama de Pareto, que representa los defectos más significativos del proceso de ensamble, los cuales son faltante de PVB, burbujas, traslape, reprocesos y conchas, se utilizó como herramienta el Diagrama Causa-Efecto el cual consiste en una lluvia de ideas que arroja como resultado las causas principales y secundarias que originan los problemas. El análisis se muestra a continuación:

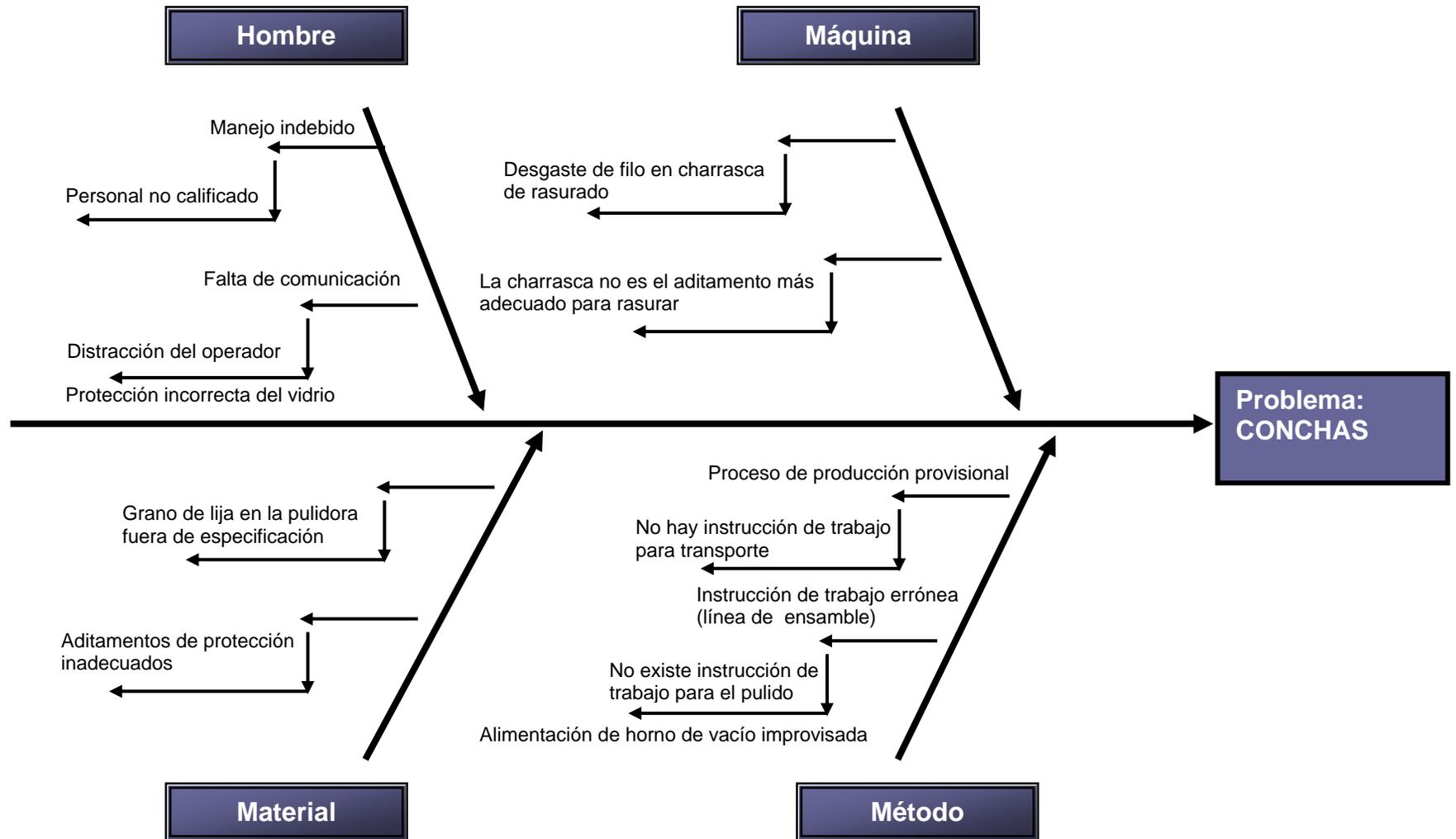
DIAGRAMAS DE CAUSA-EFECTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS POSIBLES CAUSAS DE UN EFECTO.











IV.2.5 ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO DEL AMEF

Una vez que se realizaron los Diagramas Causa-Efecto se procede a la elaboración del formato del AMEF, de acuerdo a la metodología anteriormente descrita.

Se debe considerar el diagrama de proceso para seguir la sucesión de las actividades en las que se localizan los problemas. En cada una de las actividades se analiza la forma en que puede fallar y el impacto que origina en el proceso. La evaluación de los factores (Severidad, Ocurrencia y Detección) se realiza comparando los resultados obtenidos en el levantamiento de datos con las tablas establecidas en el Manual AMEF, con el objetivo de obtener el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) el cual nos indica las actividades del proceso que requieren acciones inmediatas para evitar y corregir las fallas detectadas, asignando la fecha y el responsable de vigilar el cumplimiento de las actividades.

Las actividades recomendadas se incluyen en el formato del AMEF, las que requieren acción inmediata debido a que obtuvieron un valor elevado de NPR y debe minimizarse, se describen al finalizar el documento AMEF.

ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO DEL AMEF



ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA POTENCIAL

Fecha de emisión:

Responsable del proceso: Gerencia de operaciones, manufactura y calidad

Cambio: N / A

NR: No Requiere

Equipo de Analisis:

Modelo: General

Ing. de Sistemas de Calidad, Ing. De Produccion, Ing. De Procesos, Mariana Manríquez Hernández, Héctor Julián Solís, Joel Barrera Martínez

(AMEF DE PROCESO)

P A S O	DESCRIPCION DEL PROCESO / PROPOSITO	MODO DE LA FALLA POTENCIAL	EFECTO(S) DE LA FALLA POTENCIAL	S E V	CAUSA DE LA FALLA POTENCIAL	O C U R	CONTROLES ACTUALES DEL PROCESO	D E T E C	N · P · R ·	ACTIVIDAD RECOMENDADA	RESPONSABLE / FECHA	ACCIONES TOMADAS	S E V	O C U R	D E T E C	N · P · R ·
1	RECEPCIÓN DE VIDRIO	MODELO FÍSICO NO CORRESPOND E CON ETIQUETA	PARO DE PROCESO	5	ERROR EN LA GENERACIÓN Y COLOCACIÓN DE LA ETIQUETA	3	REVISIÓN DE HOJAS DE DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	3	45	NR						
			CANCELACIÓN Y DEVOLUCIÓN DE PEDIDO	4	IDENTIFICACIÓN INSUFICIENTE PARA DIFERENCIARLOS	3	VERIFICACIÓN DE ETIQUETA CON EL CONTENIDO FÍSICO	3	36	NR						
			INCONGRUENCIA ENTRE EXISTENCIA FÍSICA E INVENTARIO	2	FALTA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	2	AUDITORÍAS INTERNAS DE CALIDAD	2	8	NR						
		MATERIAL MEZCLADO	PARO DE PROCESO	5	ERROR EN LA GENERACIÓN Y COLOCACIÓN DE LA ETIQUETA	3	VERIFICACIÓN DE ETIQUETA CON EL CONTENIDO FÍSICO	3	45	NR						
			REPROCESO EN ALMACÉN	2	IDENTIFICACIÓN INSUFICIENTE PARA DIFERENCIARLOS	5	VERIFICACIÓN DE ETIQUETA CON EL CONTENIDO FÍSICO	3	30	NR						
		CANTIDAD DE MATERIAL INCORRECTA	PARO DE PROCESO	5	ERROR EN LA GENERACIÓN Y COLOCACIÓN DE LA ETIQUETA	3	VERIFICACIÓN DE ETIQUETA CON EL CONTENIDO FÍSICO	4	60	NR						
			PEDIDO INCOMPLETO	2	IDENTIFICACIÓN INSUFICIENTE PARA DIFERENCIARLOS	3	VERIFICACIÓN DE ETIQUETA CON EL CONTENIDO FÍSICO	4	24	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

2	INSPECCIÓN DE RECIBO	MATERIAL DEFECTUOSO	MALA APARIENCIA	3	FALLA DEL PROVEEDOR	6	REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE MEDICIÓN DE ESPECIFICACIONES	5	90	NR							
			REPROCESO POR BURBUJA O MALA APARIENCIA	2	MANEJO INCORRECTO DEL MATERIAL	3	INSPECCIÓN VISUAL	6	36	NR							
			DESECHO	5	INSTRUMENTO DE INSPECCIÓN DESCALIBRADOS	4	CALIBRACIÓN PERIÓDICA DE INSTRUMENTOS DE INSPECCIÓN	3	60	NR							
			REDUCE LA RESISTENCIA DEL VIDRIO	3	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	N/A	4	48	NR							
			PARO DE PROCESO	2	DISTRACCIÓN DEL OPERARIO	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	6	48	NR							
		PIEZAS IMPARES	REACOMODO DE MATERIAL	2	ERROR EN LA GENERACIÓN Y COLOCACIÓN DE LA ETIQUETA	3	REVISIÓN DE HOJAS DE DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, CADA VEZ QUE SE GENERA LA ETIQUETA	3	18	NR							
			PARO DE PROCESO	3	IDENTIFICACIÓN INSUFICIENTE PARA DIFERENCIARLOS	3	REVISIÓN DE HOJAS DE DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	3	27	NR							
			DESECHO DE PIEZA IMPAR	6	FALLA DEL PROVEEDOR	5	CERTIFICADO DE CALIDAD DEL PROVEEDOR	3	90	NR							
		MATERIAL FUERA DE ESPECIFICACIONES	DESECHO	5	DESCALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	5	CALIBRACIÓN PERIÓDICA DE INSTRUMENTOS DE INSPECCIÓN	3	75	NR							
			ENVÍO DE MATERIAL INADECUADO AL CLIENTE	7	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	2	N/A	4	56	NR							
			MATERIAL RECHAZADO	4	ERROR EN LA GENERACIÓN Y COLOCACIÓN DE LA ETIQUETA	3	REVISIÓN DE HOJAS DE DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, CADA VEZ QUE SE GENERA LA ETIQUETA	3	36	NR							
			BURBUJAS	2	IDENTIFICACIÓN INSUFICIENTE PARA DIFERENCIARLOS	3	REVISIÓN DE HOJAS DE DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO.	3	18	NR							
3	TRANSPORTE	MANEJO INDEBIDO	ROTURA Y DESECHO	6	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	5	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	90	NR							

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			TALLONES	2	DISTRACCIÓN DEL OPERARIO	5	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	6	60	NR							
			CONCHAS	4	FALTA DE CAPACITACIÓN AL OPERARIO	4	CAPACITACIÓN CONSTANTE	4	64	NR							
			DANOS Y LESIONES AL PERSONAL	9	FALTA DE CONCIENTIZACIÓN DEL OPERARIO	2	CAPACITACIÓN CONSTANTE	4	72	NR							
		ESTIBA EXCESIVA	ROTURA Y DESECHO	6	FALTA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	5	AUDITORÍAS INTERNAS DE CALIDAD	2	60	NR							
			DANOS Y LESIONES AL PERSONAL	9	FALTA DE CONCIENTIZACIÓN DEL OPERARIO	2	CAPACITACIÓN CONSTANTE	4	72	NR							
		PERSONAL NO CALIFICADO	ROTURA Y DESECHO	6	ROTACIÓN DE PERSONAL	5	INCENTIVOS	2	60	NR							
			DANOS Y LESIONES AL PERSONAL	9	FALTA DE CAPACITACIÓN AL OPERARIO	2	CAPACITACIÓN CONSTANTE	4	72	NR							
4	ALMACÉN DE VIDRIO	MATERIAL MEZCLADO	PARO DE PROCESO	4	ERROR EN LA GENERACIÓN Y COLOCACIÓN DE LA ETIQUETA	3	REVISIÓN DE HOJAS DE DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, CADA VEZ QUE SE GENERA LA ETIQUETA	5	60	NR							
			REPROCESO EN ALMACÉN	2	IDENTIFICACIÓN INSUFICIENTE PARA DIFERENCIARLOS	3	REVISIÓN DE HOJAS DE DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	3	18	NR							
		MANEJO INDEBIDO	ROTURA Y DESECHO	4	FALTA DE CAPACITACIÓN AL OPERARIO	4	CAPACITACIÓN CONSTANTE	4	64	NR							
			DANOS Y LESIONES AL PERSONAL	9	DISTRACCIÓN DEL OPERARIO	2	INSPECCIÓN VISUAL	5	90	NR							
			MALA APARIENCIA	2	FALTA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	3	AUDITORÍAS INTERNAS DE CALIDAD	2	12	NR							
			CONCHAS Y TALLONES	4	FALTA DE CONCIENTIZACIÓN DEL OPERARIO	5	CAPACITACIÓN CONSTANTE	4	80	NR							

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

		PROTECCIÓN INCORRECTA DEL VIDRIO	ROTURA Y DESECHO	6	FALTA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	5	AUDITORÍAS INTERNAS DE CALIDAD	2	60	NR						
			MALA APARIENCIA	2	MATERIAL INADECUADO PARA LA PROTECCIÓN DEL VIDRIO	6	N/A	9	108	LLENAR ESPACIOS VACÍOS EN EL RACK CON PROTECTORES DE MADERA Y FIELTRO						
			TALLONES	2	MATERIAL INADECUADO PARA LA PROTECCIÓN DEL VIDRIO	5	N/A	9	90	NR						
			CONCHAS	4	MATERIAL INADECUADO PARA LA PROTECCIÓN DEL VIDRIO	4	N/A	9	144	LLENAR ESPACIOS VACÍOS EN EL RACK CON PROTECTORES DE MADERA Y FIELTRO						
6	ALIMENTACIÓN DE LÍNEA DE ENSAMBLE	VIDRIO ROTO	DESECHO	6	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	96	NR						
				6	OPERARIO SIN GUANTES	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24 e1	3	72	NR						
				6	CHOQUE DEL VIDRIO CON BANDA TRANSPORTADORA	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24 e1	3	72	NR						
				6	CHOQUE ACCIDENTAL DEL VIDRIO CON RACK METÁLICO	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	5	120	OPERADOR EXCLUSIVO PARA ALIMENTAR LÍNEA DE ENSAMBLE						
		RAYADO	MALA APARIENCIA	2	CONTACTO ACCIDENTAL ENTRE VIDRIOS	6	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	6	72	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			REPROCESO	4	MANEJO INCORRECTO DEL MATERIAL	6	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24 e1	3	72	NR						
		CONCHAS	DESECHO	5	CONTACTO ACCIDENTAL ENTRE VIDRIOS	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	5	100	ALIMENTAR HOJAS POR SEPARADO						
			REDUCE LA RESISTENCIA DEL VIDRIO	2	CONTACTO ACCIDENTAL CON EL RACK METÁLICO	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	6	48	NR						
		TALLÓN	REPROCESO	4	ROCE ACCIDENTAL ENTRE VIDRIOS	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	6	96	NR						
7	LIMPIEZA DE VIDRIO	VIDRIO SUCIO	REPROCESO	2	OPERACIÓN INCORRECTA DE LIMPIEZA	5	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24 e1	3	30	NR						
			REDUCE LA ADHESIÓN ENTRE VIDRIO Y P.V.B.	7	GUANTES DEL OPERARIO SUCIOS	5	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	5	175	LAVAR GUANTES AL TÉRMINO DE CADA TURNO						
			MALA APARIENCIA	3	PARTICULAS CONTAMINANTES EN EL AMBIENTE	4	ACCESO RESTRINGIDO AL CUARTO DE LIMPIEZA.	2	24	NR						
				3	MEZCLA DE LIMPIEZA CONTAMINADA	5	INSPECCIÓN VISUAL	5	75	NR						
		HUELLAS	REPROCESO	2	OPERARIO SIN GUANTES	5	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24 e1	3	30	NR						
			MALA APARIENCIA	2	MANOS SUCIAS	5	LIMPIEZA DE MANOS, CADA RACK	3	30	NR						
		RAYAS	RETRABAJO	2	FRANELA CONTAMINADA CON REBABA	6	INSPECCIÓN VISUAL	5	60	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			DESECHO	4	OPERACIÓN INCORRECTA DE LIMPIEZA	6	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24 e1	3	72	NR						
		CONCHAS	REDUCE LA RESISTENCIA DEL VIDRIO	3	OPERACIÓN DE LIMPIEZA INCORRECTA	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24 e1	3	36	NR						
			DESECHO	4	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	5	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	80	NR						
				4	CHOQUE ACCIDENTAL DEL VIDRIO CON BANDA TRANSPORTADORA	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	5	80	NR						
		VIDRIO ROTO	DESECHO	6	CHOQUE ACCIDENTAL CON BANDA TRANSPORTADORA	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	5	120	DAR MANTENIMIENTO PERIÓDICO A BANDA TRANSPORTADORA						
				6	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	5	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	120	REALIZAR PRUEBAS DE HABILIDAD A OPERARIOS						
				6	LIMPIEZA DE VIDRIO RUDIMENTARIA	5	INSPECCIÓN VISUAL	5	b	ADAPTAR LAVADORA AUTOMÁTICA A LA LÍNEA DE ENSAMBLE						
VII	FLUJO Y EXPANDIDO DE P.V.B.	P.V.B. ENCOGIDO	MALA APARIENCIA	4	VARIACIONES DE TEMPERATURA EN RODILLOS DE EXPANDIDO	6	CONTROL DE TEMPERATURA, INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	96	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			BURBUJAS	4	ENFRIAMIENTO NO HOMOGÉNEO DE P.V.B. EN LA MESA FRÍA	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	64	NR							
			REPROCESO	4	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO DEL P.V.B. FUERA DE RANGO	8	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	128	LLEVAR CONTROL DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS ROLLOS DE P.V.B. EN LA CÁMARA DE ENFRIAMIENTO							
			FALTANTE DE P.V.B. EN EL ENSAMBLE	4	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO DEL P.V.B. FUERA DE RANGO	9	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	144	LLEVAR CONTROL DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS ROLLOS DE P.V.B. EN LA CÁMARA DE ENFRIAMIENTO							
			DESECHO	6	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO DEL P.V.B. FUERA DE RANGO	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	96	NR							
		DESCALIBRACIÓN DE PVB (DIFERENCIA DE ESPESOR)	MALA APARIENCIA	5	VARIACIONES DE TEMPERATURA EN RODILLOS DE EXPANDIDO	6	INSPECCIÓN VISUAL	4	120	CONTROL DE TEMPERATURA DE P.V.B. INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO09 E16							
			VIDRIO FUERA DE ESPECIFICACIONES	5	ENFRIAMIENTO NO HOMOGÉNEO DE P.V.B. EN LA MESA FRÍA	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	80	NR							
			BURBUJAS	4	TIEMPO DE ACONDICIONAMIENTO DEL P.V.B. FUERA DE RANGO	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	64	NR							
IX	CORTE DE PVB	P.V.B. CON OLANES	BURBUJAS	4	ENFRIAMIENTO NO HOMOGÉNEO EN LA MESA FRÍA	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	64	NR							
			REPROCESO	4	EXPANDIDO EXCESIVO	8	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	128	LLEVAR CONTROL DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS ROLLOS DE P.V.B. EN LA CÁMARA DE ENFRIAMIENTO							

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

				4	FALTA DE FILO EN LA NAVAJA DE CORTE	9	MANTENER AFILADAS LAS NAVAJAS DE CORTE	4	144	CAMBIAR PERIÓDICAMENTE LAS NAVAJAS DE CORTE						
		CORTE FUERA DE ESPECIFICACIONES	FALTANTE DE P.V.B. EN EL ENSAMBLE	5	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	9	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	180	REALIZAR PRUEBAS DE HABILIDAD A OPERARIOS						
				5	NO SE CUENTA CON EL PATRÓN ADECUADO PARA CORTAR EL P.V.B.	9	INSPECCIÓN VISUAL	5	225	DISEÑAR PATRON DE CORTE DE P.V.B. PARA CADA MODELO						
8	COLOCACIÓN DE P.V.B.	IMPUREZAS	MALA APARIENCIA	2	OPERARIO SIN COFIA	5	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	30	NR						
				2	CONTAMINACIÓN EN EL MEDIO AMBIENTE	5	ACCESO RESTRINGIDO AL CUARTO DE LIMPIEZA.	3	30	NR						
		P.V.B. SUCIO	DISMINUYE LA ADHESIÓN ENTRE EL VIDRIO Y EL P.V.B.	7	CONTAMINACIÓN EN EL MEDIO AMBIENTE	5	ACCESO RESTRINGIDO AL CUARTO DE PREPARACIÓN DE P.V.B.	2	70	NR						
			DESECHO DE P.V.B.	1	RODILLOS DE EXPANDIDO SUCIOS	5	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E16	4	20	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			REPROCESO	2	OPERARIO SIN GUAANTES	5	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	30	NR					
				2	OPERARIO SIN COFIA	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	24	NR					
9	ENSAMBLE	TRASLAPE EXCESIVO	MATERIAL RECHAZADO	8	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	6	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	192	DISEÑAR MOLDE PARA POSICIONAR TOPES EN EL ENSAMBLE DE CADA MODELO					
			DESECHO	8	TOPES DE ENSAMBLADORA DESCALIBRADOS	6	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	144	ROTAR TOPES PARA QUE EL DESGASTE SEA UNIFORME					
				8	VIDRIO FUERA DE ESPECIFICACIÓN	4	CERTIFICACIÓN DE ESPECIFICACIÓN EN INSPECCIÓN	3	96	NR					
		VIDRIO SUCIO	REPROCESO	3	MANOS SUCIAS	5	LIMPIEZA DE MANOS, INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	45	NR					
			MALA APARIENCIA	4	OPERARIO SIN GUAANTES, COFIA, BATA	5	LIMPIEZA DE MANOS, INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	60	NR					

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			DISMINUYE LA ADHESIÓN ENTRE EL VIDRIO Y EL P.V.B.	7	AMBIENTE CONTAMINADO	5	ACCESO RESTRINGIDO AL CUARTO DE PREPARACIÓN DE P.V.B.	3	105	ROTAR TOPES PARA QUE EL DESGASTE SEA UNIFORME						
10	RASURADO	JALÓN DE P.V.B.	BURBUJAS	4	FALTA DE FILO EN LAS CHARRASCAS DE RASURADO	4	MANTENER CHARRASCAS AFILADAS, INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE CHARRASCAS IP-101	4	64	NR						
			FALTANTE DE P.V.B.	4	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	9	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	144	ROTAR TOPES PARA QUE EL DESGASTE SEA UNIFORME						
			MALA APARIENCIA	3	PRESIÓN FUERA DE RANGO EN ENSAMBLADORA	6	CALIBRACIÓN PERIÓDICA DE ENSAMBLADORA	2	36	NR						
		RASURADO AL RAS DEL VIDRIO	FALTANTE DE PV.B.	4	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	9	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	144	ROTAR TOPES PARA QUE EL DESGASTE SEA UNIFORME						
			REPROCESO	4	LA CHARRASCA NO ES EL ADITAMENTO APROPIADO PARA RASURAR	9	INSPECCIÓN VISUAL	4	144	DISEÑO DE RASURADOR TIPO GARLOPA						
			MATERIAL RECHAZADO	4	LA CHARRASCA NO ES EL ADITAMENTO APROPIADO PARA RASURAR	5	INSPECCIÓN VISUAL	4	80	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

		RESIDUOS DE P.V.B.	REPROCESO	3	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	7	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	84	NR						
			MALA APARIENCIA	3	LA CHARRASCA NO ES EL ADITAMENTO APROPIADO PARA RASURAR	4	N/A	4	48	NR						
				3	FALTA DE FILO EN LA CHARRASCA	4	MANTENER CHARRASCAS AFILADAS, INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE CHARRASCAS IP-101	4	48	NR						
		CONCHAS	DESECHO	6	RASURADO AL RAS DEL VIDRIO	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	72	NR						
			MATERIAL RECHAZADO	5	GOLPE ACCIDENTAL CON LA CHARRASCA	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	4	80	NR						
			DISMINUYE LA RESISTENCIA DEL VIDRIO.	5	GOLPE ACCIDENTAL CON LA CHARRASCA	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	4	80	NR						
		FALTANTE DE P.V.B.	REPROCESO	4	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERADOR	9	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	144	REALIZAR PRUEBAS DE HABILIDAD A OPERARIOS						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			MALA APARIENCIA	3	FALTA DE FILO EN CHARRASCA	4	MANTENER CHARRASCAS AFILADAS, INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE CHARRASCAS IP-101	4	48	NR							
			DESECHO	4	LA CHARRASCA NO ES EL ADITAMENTO APROPIADO PARA RASURAR	4	N/A	6	96	NR							
11	ASEGURADO DE ENSAMBLE	TRASLAPE	MATERIAL RECHAZADO	4	LA CINTA NO ES EL ADITAMENTO APROPIADO	6	INSPECCIÓN VISUAL	5	120	COLOCAR MANGUERA DE VACÍO EN ENSAMBLADORA							
			ENVÍO DE MATERIAL INADECUADO AL CLIENTE	8	EL MÉTODO DE ASEGURADO DE ENSAMBLE NO ES EL APROPIADO	6	N/A	3	144	COLOCAR MANGUERA DE VACÍO EN ENSAMBLADORA							
			DESECHO	8	MANEJO INADECUADO DE LAS PIEZAS ENSAMBLADAS	6	INSPECCIÓN VISUAL	3	144	COLOCAR MANGUERA DE VACÍO EN ENSAMBLADORA							
12	COLOCACIÓN DE MANGUERAS DE VACÍO	FUGA DE AIRE	BURBUJAS	4	MANGUERA PICADA	4	INSPECCIÓN VISUAL	4	64	NR							
			MALA ADHESIÓN ENTRE AL P.V.B. Y EL VIDRIO	7	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERADOR	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	84	NR							
				7	MANGUERA FUERA DE ESPECIFICACIONES	5	CERTIFICACIÓN DE ESPECIFICACIÓN EN INSPECCIÓN	2	70	NR							
		PRESIÓN FUERA DE RANGO	BURBUJAS	4	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERADOR	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	48	NR							

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			MALA ADHESIÓN ENTRE AL P.V.B. Y EL VIDRIO	7	LECTURA INCORRECTA EN MANÓMETRO	5	MONITOREO DE INDICACIÓN DE MANÓMETRO	2	70	NR						
				7	FALTA DE CALIBRACIÓN EN BOMBA DE VACÍO	5	CALIBRACIÓN PERIÓDICA DE BOMBA DE VACÍO	2	70	NR						
13	ALIMENTACIÓN DE HORNO DE VACÍO	SEPARACIÓN DE MANGUERA DE VACÍO	BURBUJAS	4	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERADOR	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	64	NR						
			REPROCESO	4	PRESIÓN FUERA DE RANGO EN LA BOMBA DE VACÍO	5	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	60	NR						
				4	MANGUERA DE VACÍO FUERA DE ESPECIFICACIÓN	5	CERTIFICACIÓN DE ESPECIFICACIÓN EN INSPECCIÓN	3	60	NR						
		CONCHAS	ROTURA Y DESECHO	8	CHOQUE ACCIDENTAL CON LA BANDA TRANSPORTADORA DEL HORNO	5	CONCIERTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	4	160	ADAPTAR BANDA TRANSPORTADORA DE ALIMENTACIÓN DE HORNO DE VACÍO PARA VIDRIOS LATERALES						
			MATERIAL RECHAZADO	6	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	7	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	126	REALIZAR PRUEBAS DE HABILIDAD A OPERARIOS						
				6	ALIMENTACIÓN DEL HORNO IMPROVISADA	4	N/A	6	144	ADAPTAR BANDA TRANSPORTADORA DE ALIMENTACIÓN DE HORNO DE VACÍO PARA VIDRIOS LATERALES						
14	PREADHESIÓN POR VACÍO	SELLADO PREMATURO DE BORDES	BURBUJAS	4	TEMPERATURA Y VELOCIDAD FUERA DE RANGO EN HORNO DE VACÍO	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	48	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			MALA ADHESIÓN ENTRE AL P.V.B. Y EL VIDRIO	7	SOBRANTE EXCESIVO DE P.V.B. EN EL BORDE	4	INSPECCION VISUAL	4	112	LLEVAR CONTROL DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS ROLLOS DE P.V.B. EN LA CÁMARA DE ENFRIAMIENTO						
				7	NIVEL DE VACIO EXCESIVO	5	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	105	MANÓMETRO SIEMPRE CONECTADO A LA BOMBA DE VACÍO						
		AIRE ENTRE VIDRIO Y P.V.B.	BURBUJAS	4	COLOCACIÓN DE MANGUERA INCORRECTA	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	64	NR						
			MALA ADHESIÓN ENTRE AL P.V.B. Y EL VIDRIO	7	NIVEL DE VACIO FUERA DE RANGO	5	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	105	MANÓMETRO SIEMPRE CONECTADO A LA BOMBA DE VACÍO						
			DESECHO	8	DESCALIBRACIÓN DE P.V.B.	4	CERTIFICACIÓN DE ESPECIFICACIÓN EN INSPECCIÓN	3	96	NR						
				8	DIFERENCIA DE CURVADO ENTRE HOJAS	4	CERTIFICACIÓN DE ESPECIFICACIÓN EN INSPECCIÓN	3	96	NR						
16	LLENADO DE CARROS DE AUTOCLAVE	TALLONES EN EL VIDRIO	REPROCESO	2	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	24	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			MALA APARIENCIA	3	CARRO DE AUTOCLAVE IMPROVISADO	5	N/A	7	105	DISEÑAR CARRO DE AUTOCLAVE PARA USO EXCLUSIVO DE VIDRIOS LATERALES						
				2	CHOQUE ACCIDENTAL ENTRE VIDRIOS	4	COLOCACIÓN DE SEPARADORES ENTRE VIDRIOS	3	24	NR						
		VIDRIO ROTO	DESECHO	8	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	96	NR						
				8	CARRO DE AUTOCLAVE IMPROVISADO	4	N/A	6	192	DISEÑAR CARRO DE AUTOCLAVE PARA USO EXCLUSIVO DE VIDRIOS LATERALES						
				8	CHOQUE ACCIDENTAL ENTRE VIDRIOS	4	COLOCACIÓN DE SEPARADORES ENTRE VIDRIOS	3	96	NR						
				8	CONTACTO ACCIDENTAL CON EL RACK METÁLICO	4	INSPECCIÓN VISUAL	4	128	DISEÑAR CARRO DE AUTOCLAVE PARA USO EXCLUSIVO DE VIDRIOS LATERALES						
		CONCHAS	DESECHO	8	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	96	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			DISMINUYE LA RESISTENCIA DEL VIDRIO.	8	CARRO DE AUTOCLAVE IMPROVISADO	4	N/A	4	128	DISEÑAR CARRO DE AUTOCLAVE PARA USO EXCLUSIVO DE VIDRIOS LATERALES						
			MATERIAL RECHAZADO	8	CHOQUE ACCIDENTAL ENTRE VIDRIOS	4	COLOCACIÓN DE SEPARADORES ENTRE VIDRIOS	3	96	NR						
				8	CONTACTO ACCIDENTAL CON EL CARRO DE AUTOCLAVE	5	INSPECCIÓN VISUAL	3	120	DISEÑAR CARRO DE AUTOCLAVE PARA USO EXCLUSIVO DE VIDRIOS LATERALES						
20	APLICACIÓN DE DOWANOL	APLICACIÓN NO UNIFORME DE DOWANOL	BURBUJAS	4	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	64	NR						
			MAL SELLADO DE BORDES	7	FALTA INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	4	AUDITORÍAS INTERNAS DE CALIDAD	2	56	NR						
20.1	AUTOCLAVEADO	BURBUJAS	REPROCESO	4	PROGRAMACIÓN INCORRECTA DE AUTOCLAVE	4	REVISIÓN DE PROGRAMAS DE AUTOCLAVEADO	2	32	NR						
			MALA APARIENCIA	3	DESFOGUE DE AUTOCLAVE ANTICIPADO	6	MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE AUTOCLAVE	2	36	NR						
			DESECHO	8	APLICACIÓN NO UNIFORME DE DOWANOL	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	96	NR						
		ADHESIÓN INCOMPLETA	DESECHO	8	PROGRAMACIÓN INCORRECTA DE AUTOCLAVE	4	REVISIÓN DE PROGRAMAS DE AUTOCLAVEADO	2	64	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

				8	DESFOGUE DE AUTOCLAVE ANTICIPADO	4	MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE AUTOCLAVE	2	64	NR						
				8	APLICACIÓN NO UNIFORME DE DOWANOL	4	INSTRUCCIÓN DE TRABAJO GO 09 E24	3	96	NR						
				8	DIFERENCIA DE CURVADO ENTRE HOJAS	4	CERTIFICACIÓN DE ESPECIFICACIÓN EN INSPECCIÓN	3	96	NR						
		DELAMINACION DE HOJAS	DESECHO	8	DIFERENCIA DE CURVADO ENTRE HOJAS	4	CERTIFICACIÓN DE ESPECIFICACIÓN EN INSPECCIÓN	3	96	NR						
				8	PROGRAMACIÓN INCORRECTA DE AUTOCLAVE	4	REVISIÓN DE PROGRAMAS DE AUTOCLAVEADO	2	64	NR						
22	LIMPIEZA Y RASURADO	CONCHAS	REDUCE LA RESISTENCIA DEL VIDRIO	2	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERADOR	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	32	NR						
			DESECHO	8	FALTA DE FILO EN CHARRASCA	4	MANTENER CHARRASCAS AFILADAS, INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE CHARRASCAS IP-101	4	128	DISEÑO DE RASURADOR TIPO GARLOPA						
			MATERIAL RECHAZADO	7	LA CHARRASCA NO ES EL ADITAMENTO APROPIADO PARA RASURAR	7	N/A	4	196	DISEÑO DE RASURADOR TIPO GARLOPA						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

				7	CHOQUE ACCIDENTAL CON EL BANCO DE RASURADO	4	INSPECCIÓN VISUAL	3	84	NR						
		RAYAS	MALA APARIENCIA	2	REBABAS EN FRANELA Y EN BANCO DE LIMPIEZA	6	CAMBIO DE FRANELA	2	24	NR						
			REPROCESO	3	CONTACTO ACCIDENTAL ENTRE VIDRIOS, AL ELIMINAR VARIOS SEPARADORES	4	CONCIENTIZACIÓN E INSPECCIÓN VISUAL	4	48	NR						
		DISTORSIÓN	MALA APARIENCIA	7	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	6	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	168	REALIZAR PRUEBAS DE HABILIDAD A OPERARIOS						
			MATERIAL RECHAZADO	8	FALTA DE FILO EN CHARRASCA	4	MANTENER CHARRASCAS AFILADAS, INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE CHARRASCAS IP-101	4	128	DISEÑO DE RASURADOR TIPO GARLOPA						
			DESECHO	8	LA CHARRASCA NO ES EL ADITAMENTO APROPIADO PARA RASURAR	4	N/A	4	128	DISEÑO DE RASURADOR TIPO GARLOPA						
		RESIDUO DE P.V.B.	MALA APARIENCIA	2	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERADOR	2	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	16	NR						
			REPROCESO	4	FALTA DE FILO EN CHARRASCA	2	MANTENER CHARRASCAS AFILADAS, INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE CHARRASCAS IP-101	4	32	NR						
				4	LA CHARRASCA NO ES EL ADITAMENTO APROPIADO PARA RASURAR	2	N/A	4	32	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

		FALTANTE DE P.V.B.	MALA APARIENCIA	4	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERADOR	9	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	108	REALIZAR PRUEBAS DE HABILIDAD A OPERARIOS						
			REPROCESO	4	FALTA DE FILO EN CHARRASCA	9	MANTENER CHARRASCAS AFILADAS, INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DE CHARRASCAS IP-101	4	144	DISEÑO DE RASURADOR TIPO GARLOPA						
			MATERIAL RECHAZADO	4	LA CHARRASCA NO ES EL ADITAMENTO APROPIADO PARA RASURAR	7	N/A	4	112	DISEÑO DE RASURADOR TIPO GARLOPA						
23	PULIDO	BORDE QUEMADO	ROTURA Y DESECHO	9	FALTA DE ENFRIAMIENTO EN RUEDA DE DIAMANTE	2	USO DE REFRIGERANTE, Y LIMPIEZA DE DEPÓSITO DE REFRIGERANTE	2	36	NR						
				9	EXCESO DE PULIDO	2	INSPECCIÓN VISUAL	3	54	NR						
		CONCHA	DISMINUYE LA RESISTENCIA DEL VIDRIO.	6	DESGASTE DE LA RUEDA DE DIAMANTE	4	CAMBIO PERIÓDICO DE RUEDA	2	48	NR						
			DESECHO	8	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	96	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			MATERIAL RECHAZADO	8	CHOQUE ACCIDENTAL DE LA RUEDA DE DIAMANTE CON EL VIDRIO	4	INSPECCIÓN VISUAL	3	96	NR						
				8	FIJACIÓN INCORRECTA DEL VIDRIO EN BANCO DE PULIDO	4	INSPECCIÓN VISUAL	3	96	NR						
		ONDULACIÓN EN EL BORDE	DESECHO	8	EXCESO DE PULIDO	2	INSPECCIÓN VISUAL	3	48	NR						
			MALA APARIENCIA	4	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	2	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	4	32	NR						
			MATERIAL RECHAZADO	4	FIJACIÓN INCORRECTA DEL VIDRIO EN BANCO DE PULIDO	2	INSPECCIÓN VISUAL	3	24	NR						
24	COLOCACIÓN EN ZONA DE INSPECCIÓN DE LÍNEA FINAL	ROTURA	DESECHO	9	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	2	72	NR						
				9	CHOQUE ACCIDENTAL CON EL GANCHO DE LA ZONA DE INSPECCIÓN	4	INSPECCIÓN VISUAL	3	108	RECUBRIR EL GANCHO CON MATERIAL PROTECTOR						
		CONCHAS	REDUCE LA RESISTENCIA DEL VIDRIO	6	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	2	48	NR						

APLICACIÓN DEL AMEF PARA DETECCIÓN DE FALLAS EN CRISTALES PARA AUTOS

			DESECHO	8	CHOQUE ACCIDENTAL CON EL GANCHO DE LA ZONA DE INSPECCIÓN	4	INSPECCION VISUAL	3	96	NR							
			MATERIAL RECHAZADO	7	GANCHO DE LA ZONA DE INSPECCIÓN IMPROVISADO	4	N/A	4	112	ADAPTAR Y RECUBRIR CON MATERIAL PROTECTOR GANCHOS							
27	EMPAQUE	CONCHAS	DESECHO	8	CHOQUE ACCIDENTAL CON EL RACK	4	INSPECCIÓN VISUAL	3	96	NR							
			DISMINUYE LA RESISTENCIA DEL VIDRIO.	6	CHOQUE ACCIDENTAL ENTRE VIDRIOS	4	COLOCACIÓN DE FOLIOS E INSPECCIÓN VISUAL	2	48	NR							
			MATERIAL RECHAZADO	7	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	84	NR							
		TALLONES	MALA APARIENCIA	2	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	3	24	NR							
			REPROCESO	4	FRICCIÓN ACCIDENTAL ENTRE VIDRIOS	4	COLOCACIÓN DE FOLIOS E INSPECCIÓN VISUAL	2	32	NR							
		ROTURA	DESECHO	9	EXCESO DE PRESIÓN EN EL CINTURÓN	4	APRIETE CON TORQUÍMETRO	2	72	NR							
				9	FALTA DE INSTRUCCIÓN DE TRABAJO	4	AUDITORIAS INTERNAS DE CALIDAD	2	72	NR							
				9	FALTA DE HABILIDAD DEL OPERARIO	4	OPERARIOS CERTIFICADOS REALIZAN ESTA OPERACIÓN	2	72	NR							

ACTIVIDADES RECOMENDADAS

Las acciones recomendadas son esas actividades diseñadas para reducir la ocurrencia o para aumentar la detección. La reducción de la severidad, sin embargo, requiere un cambio en diseño o función. Las acciones comunes son: controlar las entradas clave, mejorar la exactitud del instrumento, automatizar la actividad, mejorar el herramental, etc.

El fundamento de las acciones correctivas es eliminar las fallas críticas y minimizar el NPR (Número de Prioridad de Riesgo); para ello, teniendo en cuenta la priorización de acciones, las actividades recomendadas son:

1. *DISEÑAR PATRÓN DE CORTE DE P.V.B. PARA CADA MODELO (NPR=225):* Para el corte de PVB, no se cuenta con un método adecuado, lo que provoca que el PVB que se utiliza para el ensamble varíe en tamaño y la consecuencia es el faltante del mismo en el ensamble, por lo que se recomienda el diseño de una plantilla que permita realizar cortes homogéneos de PVB.
2. *DISEÑO DE RASURADOR TIPO GARLOPA (NPR= 196):* La principal causa de fallas en las operaciones de rasurado es el instrumento utilizado (charrasca). Este instrumento es una segueta improvisada, que provoca conchas y faltante de PVB en el vidrio. Se recomienda utilizar un rasurador tipo garlopa, con un ángulo de corte estandarizado, y que proteja al vidrio y al operador.
3. *DISEÑAR MOLDE PARA POSICIONAR TOPES EN EL ENSAMBLE DE CADA MODELO (NPR=192):* La posición de los topes en la ensambladora requiere de calibración cada vez que se cambia el tipo de modelo a ensamblar, ésta actividad es muy importante, ya que de esto depende que no exista traslape excesivo en el vidrio, la actividad recomendada es utilizar un molde que permita la calibración correcta de los topes, asegurando con esto que la posición de los topes siempre sea la misma.

4. DISEÑAR CARRO DE AUTOCLAVE PARA USO EXCLUSIVO DE VIDRIOS LATERALES (NPR=192). Los carros adaptados de Autoclave, que su función es la de transportar los medallones y parabrisas al área de autoclaves, se han adaptado a los vidrios laterales con tablas y broches, que les dan sujeción y estabilidad, pero esto no asegura su correcto funcionamiento, ocasionando defectos, como conchas, rayas, mala apariencia e incluso el desecho. Se sugiere utilizar carros diseñados exclusivamente para vidrios laterales, con las dimensiones estándar de los vidrios laterales y evitar así defectos, de tal manera que sean de una sola pieza y no sea necesario de poner algún aditamento para que las maniobras que se hacen sean fáciles y rápidas. .
5. REALIZAR PRUEBAS DE HABILIDAD A OPERARIOS (NPR=180): Se recomiendan para detectar a los operarios que requieren mayor capacitación o rotación de puesto. Es necesario saber si cada operario conoce las actividades que le corresponden realizar en su puesto de trabajo, conocer sus habilidades y conocimientos que ha adquirido durante su estancia en el puesto.
6. ADAPTAR BANDA TRANSPORTADORA DE ALIMENTACIÓN DE HORNO DE VACÍO PARA VIDRIOS LATERALES (NPR=160): La viga de madera utilizada en la banda transportadora no es segura, provoca choques accidentales entre vidrios y del vidrio con la misma banda, la recomendación es utilizar sujetadores removibles en los postes de la banda, para brindar mayor estabilidad y protección a los vidrios.
7. ADAPTAR LAVADORA AUTOMÁTICA A LA LÍNEA DE ENSAMBLE (NPR=150): La limpieza manual de los vidrios laterales origina mala adhesión entre el vidrio y el PVB, mala apariencia, puntos opacos y retrabajo, por esto se recomienda adecuar la lavadora automática que se utiliza para los parabrisas a la línea de ensamble de los vidrios laterales. Ésta lavadora automática está dentro de la línea de ensamble de los vidrios laterales, el problema es que no se cuenta con

los aditamentos necesarios para adaptarla al nuevo proceso, se sugiere hacer la adaptación con barras horizontales con chupones, atornilladas a las bandas, de tal manera que se puedan transportar los vidrios laterales en la lavadora, sin el peligro de que exista alguna ruptura.

8. LLEVAR CONTROL DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS ROLLOS DE P.V.B. EN LA CÁMARA DE ENFRIAMIENTO (NPR=144): El tiempo que permanece el PVB dentro de la cámara de enfriamiento influye en el comportamiento de éste durante el proceso, ya que el expandido depende del tiempo de enfriamiento al que se haya expuesto. Se sugiere utilizar el PVB que haya tenido mayor tiempo de acondicionamiento.
9. COLOCAR MANGUERA DE VACÍO EN ENSAMBLADORA (NPR=144): El asegurado de ensamble y la colocación de manguera de vacío se pueden hacer en la ensambladora, de ésta manera se evitan traslapes excesivos, y desajustes en el ensamble que ocurren durante el traslado del vidrio de la ensambladora al banco de colocación de manguera de vacío.
10. OPERADOR EXCLUSIVO PARA ALIMENTAR LÍNEA DE ENSAMBLE (NPR=120): Durante el tiempo en que se lleve a cabo la adaptación de la lavadora automática a la línea de ensamble, se propone destinar un operario que se encargue exclusivamente de alimentar el vidrio lateral a la línea de ensamble.
11. MANÓMETRO SIEMPRE CONECTADO A LA BOMBA DE VACÍO (NPR=105): Debido a que la presión de vacío influye considerablemente en la adhesión entre el vidrio y el PVB, por lo que debe estar siempre dentro del rango señalado. Se recomienda tener una lectura constante en el manómetro, conectar el manómetro a la bomba de vacío y colocarlo en una posición fija y visible.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Para llevar a cabo el análisis de las posibles causas de fallas en el proceso de elaboración de vidrios laterales laminados como un nuevo producto dentro de la industria automotriz, se implantó como parte del control de calidad, un sistema de Planeación de la Calidad del Producto Avanzada denominado AMEF (Análisis del modo y efecto de la falla), el cual permite la identificación de posibles causas de fallas antes de que ocurran durante el proceso.

Con el Análisis del modo y efecto de la falla, se identificaron los modos de falla y se analizaron con el número de prioridad de riesgo (NPR) calculado, de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia, gravedad y grado de facilidad para su detección, para cada causa de falla identificada.

Para todas las causas con un NPR mayor a cien se recomendaron acciones correctivas, las cuales eliminan las fallas críticas y minimizan el NPR.

Con la elaboración del AMEF se obtuvo un documento de consulta, que permite localizar soluciones a fallas que se presentan durante el proceso, para asegurar la calidad requerida por la industria automotriz.

Para la implantación del AMEF es necesario que la dirección esté convencida de la implantación de éste y que defina su política de calidad, objetivos y asegurar que se entienda, se implante y se mantenga, para lograr esto tiene que difundirla entre los involucrados, proporcionando además una capacitación continua para lograr que el sistema se implante con éxito.

El responsable de llevar a cabo las acciones correctivas, de la selección del personal que las realizará y de que sean aplicadas de forma correcta realizando un seguimiento

adecuado, debe actuar como un líder, ya que el AMEF debe de ir actualizándose conforme se vayan realizando cambios de diseño, acciones correctivas, revisiones, etc.

Se debe volver a calcular el NPR una vez realizadas las acciones recomendadas, a partir de los nuevos índices calculados de Ocurrencia, Severidad y Detección. A su vez debe realizarse una pequeña descripción de cómo se aplicó, en qué fecha y en qué consistió la acción adoptada, pues el AMEF se trata de una herramienta activa y viva, en el que se reflejan las últimas acciones implantadas y la actualización del Número de Prioridad de Riesgo (NPR), como parte de la mejora continua.

Las actividades identificadas con el NPR mayores a cien fueron 44, de las cuales de acuerdo con los criterios descritos, se priorizaron, resultando 11 operaciones que requieren acción inmediata, por lo que se propusieron acciones correctivas, para disminuir el NPR.

Observamos que el material que requiere de mayor control es el PVB debido a que sus características varían durante el proceso, la calidad de este influye directamente en el producto terminado y es el que origina la mayor cantidad de piezas con defecto. Otro factor a considerar son los operarios, los cuales deben seguir las instrucciones de operación, evitar distracciones y utilizar adecuadamente los aditamentos que se le proporcionan.

Algunos de los beneficios que se obtienen con la aplicación de la metodología del AMEF es la disminución significativa en el material rechazado, reprocesos, desperdicios y en tiempo, reflejándose directamente en la disminución de los costos de producción y el aumento de las ganancias de la empresa.

Con las acciones recomendadas se pretende dar soluciones prácticas que requieren de una inversión mínima y que contribuyen a la disminución en el número de piezas con defecto.

Para la realización del AMEF en la empresa “Crinamex”, en el proceso de la elaboración de vidrios laterales laminados, se trabajó en conjunto con un grupo de expertos, así como operarios de la línea de producción, lo cual nos facilitó la obtención de datos y la interpretación de éstos.

Como parte de la formación de un Ingeniero Industrial, consideramos que es de suma importancia incluir dentro del plan de estudios de la carrera, una descripción de las herramientas de Calidad de mayor aplicación dentro de las industrias.

En el desarrollo de este trabajo no sólo aprendimos y aplicamos la metodología del AMEF sino que además participamos en la elaboración del proyecto que consistió en el desarrollo de un nuevo producto, que aunque era muy parecido al que ya se llevaba a cabo en la empresa, se tuvieron que realizar pruebas, cálculos y estimaciones para obtener un proceso que se adaptara a los recursos humanos y materiales con los que cuenta la empresa para satisfacer las expectativas y requerimientos del cliente.

Es muy importante que los proveedores automotrices mexicanos se certifiquen con las normas ISO/TS 16949:2002 para cumplir con los requerimientos establecidos por las ensambladoras automotrices. Los Ingenieros Industriales son los profesionistas que deben de estar preparados para la aplicación de métodos y herramientas de Planeación y control de la Calidad, llevando a las empresas a ser competitivos a nivel mundial.

ANEXOS

TABLA 3.1 ESCALA DE OCURRENCIA

	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	FALLAS	CAPACIDAD	CALIFICACIÓN
Muy Alta	La falla es casi inevitable	1 en 2	< 0.33	10
		1 en 3	> 0.33	9
Alta	El proceso no está en control estadístico. Procesos similares tienen problemas experimentados.	1 en 8	> 0.51	8
		1 en 20	> 0.67	7
Moderada	El proceso está en control estadístico, pero con fallas aisladas. Procesos previos tiene fallas ocasionales experimentadas o condiciones fuera de control.	1 en 80	> 0.83	6
		1 en 400	> 1	5
		1 en 2,000	> 1.17	4
Baja	El proceso está en control estadístico.	1 en 15,000	> 1.33	3
Muy baja	El proceso está en control estadístico. Sólo fallas aisladas asociadas con procesos casi idénticos.	1 en 150,000	> 1.5	2
Remota	La falla es improbable. No se conocen fallas asociadas con procesos casi idénticos.	1 en 1 500,000	> 1.67	1

Tabla 3.2 ESCALA DE SEVERIDAD

	SEVERIDAD O EFECTO	Calificación
Extrema	Puede dañar la máquina o al operador. Peligro sin advertencia.	10
	Puede dañar la máquina o al operador. Peligro con advertencia.	9
Alta	Interrupción mayor de la línea de producción. Pérdida de la función primaria. 100% de desperdicio.	8
	Reducción del desempeño de la función primaria. El producto requiere clasificación, algo de desperdicio.	7
Moderada	Interrupción menor en la producción. Algo de desperdicio. Pérdida del desempeño de la función secundaria.	6
	Interrupción menor en la producción. 100% de retrabajo. Desempeño reducido de la función secundaria.	5
	Defecto menor identificado por casi todos los clientes. El producto requiere clasificación y algo de retrabajo.	4
Baja	Ajuste y acabado/ Artículo con chillido o ruido. Defecto menor identificado por algunos clientes.	3
	Los defectos pueden ser retrabajados en el lugar. Defecto menor identificado por un cliente observador.	2
Nula	No hay efecto.	1

Tabla 3.3 ESCALA DE DETECCIÓN

	PROBABILIDAD DE QUE EL CONTROL DETECTE LA FALLA	DPPM	PROBABILIDAD	CALIFICACIÓN
Muy baja	No se conocen controles disponibles para detectar el modo de falla.	100,000	1 en 10	10
Baja	Los controles tienen una remota posibilidad de detectar la falla	50,000	1 en 20	9
		20,000	1 en 50	8
Moderada	Los controles pudieran detectar la existencia de una falla	10,000	1 en 100	7
		5,000	1 en 200	6
		2,000	1 en 500	5
Alta	Los controles tienen una buena oportunidad de detectar la existencia de una falla	1,000	1 en 1000	4
		500	1 en 2,000	3
Muy alta	El proceso detecta automáticamente la falla. Los controles casi siempre detectaran la existencia de una falla	200	1 en 5,000	2
		100	1 en 10,000	1

GLOSARIO

Acción Correctiva: Procedimientos a seguir cuando ocurre una desviación.

AIAG (Grupo de Acción de las Industrias Automotrices): Es una asociación sin fines de lucro, sus objetivos principales son reducir el costo y la complejidad de la cadena de suministros automotriz y mejorar el plazo de comercialización, la calidad del producto, la salud y seguridad de los empleados y el medio ambiente.

APQP (Planeación de la Calidad Avanzada): Es un estándar para la industria por medio de la cual los nuevos productos son introducidos en el mercado automotriz.

ASQC (Sociedad Americana para el Control de la Calidad): Es la autoridad principal del mundo en calidad. Con más de 100.000 individuales y miembros de organización, esta asociación profesional avanza por aprender, la mejora de calidad, y el intercambio del conocimiento, mejorar resultados del negocio, y crear lugares de trabajo y comunidades por todo el mundo.

Control: Administrar las condiciones de una operación para mantener la conformidad con los criterios del establecimiento. Es donde los procedimientos correctos son seguidos y los criterios se conocen.

Criterio: Requerimiento en el cual pueden basarse un juicio o decisión.

Desviación: Falla conocida de un límite crítico.

Detección: Evalúa, para cada causa, la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de falla resultante antes de llegar al cliente.

Diagrama de Ishikawa: Herramienta muy eficaz para desarrollar un análisis estructurado o discusión sobre un problema o tema concreto. Ayuda a la identificación de las posibles causas de un efecto.

IATF (Fuerza de Trabajo Internacional Automotriz): Está conformada por un grupo internacional de fabricantes de vehículos, y de las asociaciones nacionales de comercio, elaboraron el ISO/TS 16949 en conjunto con la Organización Internacional para la Estandarización (International Organization for Standards, ISO).

ISO/TS 16949: Es una especificación técnica de ISO. Esta especificación estandariza las normas existentes de calidad automotriz de los sistemas Americanos (QS-9000, Alemanes (VDA6.1), Franceses (EAQF) e Italianos (AVSQ) dentro de la industria automotriz global.

Medida de control: Cualquier acción o actividad que puede ser utilizada para prevenir, eliminar o reducir riesgos importantes.

Monitoreo: Conducir una secuencia planeada de observaciones o medidas para evaluar que las operaciones estén bajo control.

Ocurrencia: Evalúa la probabilidad de que se produzca el modo de falla por cada una de las fallas potenciales.

PVB: Polivinilbutiral, se emplean en una gran variedad de aplicaciones industriales y comerciales. Estas resinas únicas ofrecen un rendimiento impresionante, además de una versatilidad sorprendente.

QS-9000: Es un sistema de administración de calidad esencial para los proveedores de partes de producción, materiales y servicios a la industria automotriz.

Severidad: Evalúa la gravedad del efecto de que se produzca una determinada falla para el cliente.

BIBLIOGRAFÍA

- Antonio Castro Martínez, Laura López López, Daniel Montiel Morales. Apuntes de Administración para la calidad total. Academia de operaciones de la Facultad de Contaduría y Administración. UNAM, Instituto mexicano de Contadores públicos, A.C. Primera Edición, 2003.
- Alfredo Elizondo Decanini. Manual ISO-9000 Uso y aplicación de las normas de aseguramiento de la calidad ISO 9000 (NMX-CC). Ediciones Castillo, tercera edición 1997.
- Charles S. Tapiero. The Management of Quality and its Control.
- Dale H. Besterfield, Carol Besterfield Michna. Total Quality Management.
- Demetrio Sosa Pulido. Manual de Calidad Total para operarios con la norma ISO 9000. Ed. Limusa Noriega Editores, México 2002, primera edición.
- Eric Barba, Francesc Boix, Lluís Cuatrecasas. Seis Sigma. Una iniciativa de calidad total. Editorial Gestión 2000.
- Ford Motor Company. Manual AMEF, 1991.
- Horacio Helman y Paulo Pereira. Escuela de ing. De UFMG. Brasil 1995.
- Joan Joseph Rotger i Estapé, Miguel Ángel Canela Campos. Gestión de la calidad una visión práctica. Editorial Beta.
- José Ruiz, Canela López. La gestión total en la empresa moderna. Editorial Alfaomega.
- Michael Taylor C. Los secretos del certificador de ISO 9000. Una guía para asegurar la certificación de su empresa bajo las normas ISO 900 y QS 9000. Panorama Editorial, primera edición 1998.
- Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Reference manual, Daimler Chrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation, Third Edition.
- Programa de Certificación Internacional: Seis Sigma, Black Belt, del Tecnológico de Monterrey (CD).
- Richard Clements, Stanley M. Sidor, Rand E. Winters Jr. Prepare a su empresa para el sistema de calidad QS-9000 Guía para la Industria Automotriz. Mc Graw Hill, segunda edición, 1996.
- Sarv Sing Sooin. Total quality control Essentials key elements, methodologies and managing for success.
- Stamatis, D.H. FMEA from theory to execution AS QC Quality.
- Vilar Barrio J.F. Las siete nuevas herramientas para la mejora de la calidad. Editorial Fundación Continental, 1997.

INTERNET

- <http://www.fmeca.com>
- <http://www.gestiopolis.com>
- <http://www.i-alpe.com/amfe.htm>
- <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar>