

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY
CAMPUS MONTERREY
DIVISION DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



TECNOLÓGICO
DE MONTERREY.

INTEGRACION DE TRIZ Y SEIS SIGMA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA

POR:

DAVID GUTIERREZ FRANCO

MONTERREY, N. L.

MAYO DE 2003

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

CAMPUS MONTERREY

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERÍA**



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY®**

INTEGRACIÓN DE TRIZ Y SEIS SIGMA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
CON ESPECIALIDAD EN SISTEMAS DE MANUFACTURA**

DAVID GUTIÉRREZ FRANCO

MONTERREY, N.L.

MAYO DE 2003

DEDICATORIAS

A Dios por brindarme la bendición de vivir y seguir adelante.

A mi madre con todo mi amor por su incondicional apoyo, su amor y por ser mi ejemplo de vida y superación.

A mi padre con todo cariño por su apoyo incondicional y por su ejemplo de profesionalismo .

A ti mi Vero por ser mi fruto de inspiración, mi esencia de vida y por la paciencia tenida en todo este tiempo.

A mi Abuelita Lucha por ser mi segunda madre y por darme herramientas para mi superación .

A mi abuelo Mario que donde quiera que este por haber dejado en mi su esencia de cariño, disciplina y honestidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor el Dr. Noel León Rovira por el apoyo y paciencia recibidos para la realización de esta tesis.

A mis sinodales: Dr. Alberto Hernández Luna y al M.C. Abiud Flores Valentin por su apoyo y sugerencias.

Al departamento de Ingeniería Mecánica del ITESM, Campus Monterrey, por su apoyo para estudiar esta Maestría en Ciencias.

A mis amigos y compañeros de estudio y trabajo: Nicolás, Raúl, Manuel, Blanca, Esteban, Ismael, Víctor, Milton y Denise.

Al Ing. Salvador Torres Vázquez por su amistad y apoyo para la realización de este trabajo.

Índice general

Capítulo I

1. Introducción y antecedentes	1
1.2. Hipótesis	4
1.3. Objetivos	4

Capítulo II

2. TRIZ	
2.1. TRIZ Clásico	7
2.2. Niveles de solución	8
2.3. Cuestionario de Situación Innovativa.....	13
2.3.1. Recursos disponibles.....	13
2.3.2. Cambios en el sistema.	14
2.4. Contradicciones	15
2.4.1. Contradicciones técnicas y físicas	16
2.4.2 Principios de separación	18
2.5. Concepto de idealidad	19
2.6 Diagramas de campo-sustancia	20
2.7 Evolución de TRIZ	21
2.7.1 Actualización de la Matriz de Contradicciones	22
2.8 El concepto de Idealidad Percibida	27
2.9. TRIZ y diseño axiomático	29
2.9.1. Diseño axiomático	29
2.9.2. Relación entre TRIZ y diseño axiomático.....	32

Capítulo III.

3. Herramientas para practicar la excelencia.	
3.1. Desarrollo histórico	34
3.2. Desviación Estándar	35
3.3. Definición de Seis Sigma	35
3.4. Metodología DMAIC	37
3.4.1. Definir	38

3.4.2. Medir	38
3.4.3. Analizar	39
3.4.4. Mejorar	39
3.4.5. Controlar	39
3.5. Resultado de implementar Seis Sigma	40
3.6. Organización Seis Sigma	41
3.7. Diseño para Seis Sigma DFSS	42
Capítulo IV.	
4. Caso Práctico.	
4.1. Antecedentes del problema	45
4.2. Descripción y antecedentes del problema (caso 1)	50
4.3. Clasificación de los problemas (caso 1)	52
4.3.1 Análisis y alternativas de solución caso 1	52
4.4. Definición y descripción del caso 2	54
4. 5. Clasificación del problema (caso 2)	55
4.5.1 Trabajos anteriores sobre el caso	56
4.5.2 Primera Alternativa de solución realizada.....	56
4.6 Aplicación de TRIZ	57
4.6.1 Hipótesis de causa y efecto	57
4.6.2 Comprobación de hipótesis	58
4.7. Aplicación de matriz de contradicciones	64
4.8. Modelación del sistema AC	66
4.9. Alternativas de Solución	68
Capítulo V.	
5. Introducción de TRIZ a empresas tipo Seis Sigma o que buscan la excelencia.	
5.1. Base para su integración	74
5.2. Obstáculos para la integración	76
5.3. Características que permiten su integración	77
5.4. Propuesta de Vía y método para integración	78
5.4.1. Etapa de selección y definición del problema.....	80
5.4.2. Clasificación del problema	80

5.4.2.1. Problemas solucionables con recursos disponibles	80
5.4.2.2. Problemas complejos	81
5.5. Aplicación de TRIZ a problemas seleccionados	82
5.5.1. Llenado de Cuestionario de Situación Innovativa.....	82
5.5.2. Definición del problema en Contradicciones y modelaje funcional	83
5.5.3. Aplicación de Diagramas de Campo-Substancia	84
5.6. Evaluación de alternativas de solución.....	84
Capítulo VI.	
6. Capacitación TRIZ.	
6.1. Búsqueda y análisis de contenidos de los cursos	86
6.2. Propuesta de Capacitación	94
Capítulo VII.	
7. Conclusiones	
7.1. Conclusiones generales	96
7.2. Recomendaciones generales	98
Apéndice 1	
Abstractos de patentes analizadas	100
Apéndice 2	
Cuestionario de Situación Innovativa del caso práctico	102
Apéndice 3	
Tablas sobre otros cursos ofrecidos acerca de TRIZ	106
Apéndice 4	
50 parámetros actualizados	114
Referencias Bibliográficas	115

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS.

ISO 9000: Conjunto de normas donde se especifican los requisitos necesarios para la administración de la calidad.

QS 9000: Sistema de calidad que busca el mejoramiento continuo y la estandarización de los manuales de referencia, formatos de reporte y nomenclaturas técnicas en las industrias del ramo automotriz.

TRIZ : Teoría de Solución a Problemas de Inventiva

DFSS: Diseño para Seis Sigma

DMAIC: Metodología que sigue Seis Sigma bajo las siguientes etapas Definición, Medición, Análisis, Mejoramiento y Control.

DMADV: Metodología que sigue Diseño para Seis Sigma bajo las etapas de definición, medición, análisis, diseño y validación.

AC: Aire Acondicionado

CDIP: Centro de Desarrollo e Innovación de Productos

ISQ: Cuestionario de Situación Innovativa

QFD: Despliegue de la función de Calidad

Techoptimizer: Herramienta computacional que ayuda a la aplicación de TRIZ.

Capítulo I.

1. Introducción y Antecedentes

La industria se encuentra bajo fuertes presiones para controlar sus costos, mantener sus niveles de seguridad y calidad y, sobre todo, conocer los requerimientos de los clientes antes y después de la decisión de compra de un producto.

Las empresas para ser exitosas están obligadas a diseñar productos que cumplan con los más altos estándares de calidad, a satisfacer gustos del cliente y a tener características que las identifiquen como innovadores.

De tal forma el concepto de calidad ha quedado establecido en la industria mundial como una necesidad para mantenerse en el mercado. Para garantizar la calidad en los productos, las empresas emplean una gran cantidad de herramientas para el control y aseguramiento de la calidad en sus procesos y productos.

Por lo cual surgen metodologías que permiten conocer los procedimientos que rigen a los procesos, así como, incrementar la calidad de los productos y/o servicios como ISO 9000 y QS 9000. Cada una de ellas busca el establecimiento de procedimientos claros y precisos para el desarrollo de los productos y servicios dependiendo del giro de la empresa.

A pesar del establecimiento de estas metodologías orientadas al cliente surge Seis Sigma como una estrategia de negocios altamente disciplinada para eliminar defectos de productos, transacciones y procesos involucrando a todo en una empresa. Seis Sigma como un proceso de mejoramiento y satisfacción del cliente fue adoptado por Motorola, GE, ABB entre otras organizaciones, con el objetivo de cumplir y alcanzar metas de reducción de la variación, los defectos y los desperdicios.

Esta es una metodología enfocada a la mejora continua acelerada y a la búsqueda de la satisfacción del cliente. A corto plazo aporta soluciones rápidas a problemas sencillos o repetitivos; a largo plazo aporta una metodología de diagnóstico, diseño robusto, establecimientos de tolerancias, al tiempo que aporta un medio sencillo de comunicación y establecimiento de metas.

Incluye herramientas de mejora ya utilizadas con anterioridad como: diseño de experimentos, análisis de regresión, tolerancias, diseño robusto y otros métodos sistemáticos para reducir la varianza. Los niveles están basados en la cantidad de Defectos por Millón de Oportunidades (DPMO). El nivel de un proceso objetivo es 3.4 DPMO y éste corresponde al nivel 6 sigma [1].

Sin embargo, la calidad en los productos y servicios que ofrece una empresa solo permiten mantener un nivel competitivo, siendo la innovación en productos y servicios una ventaja competitiva. Sin duda, el poder satisfacer las necesidades del cliente mediante productos y servicios innovadores, es un reto continuo de todos los miembros de la organización.

El diseño creativo a lo largo del tiempo ha sido un proceso que depende en gran parte de la experiencia y habilidades subjetivas de cada individuo. De tal forma, existe una preocupación por establecer una base sólida con la cual los ingenieros tengan herramientas para desarrollar nuevos productos innovadores.

La metodología de solución a problemas de inventiva TRIZ (acrónimo ruso), es introducida a occidente a inicios de los noventas, como una herramienta más para apoyar el diseño conceptual. TRIZ es una metodología resultado de cincuenta años de investigación iniciados en 1946 por Henry Altshuller. En los estudios se encontró que los sistemas técnicos no evolucionan al azar sino que siguen ciertos patrones, a estos los llamo patrones de evolución, los cuales reflejan la evolución de los sistemas y pueden indicar cual será su siguiente etapa [2].

Esta metodología busca un proceso de invención más predecible. Sin embargo desde el surgimiento de TRIZ como metodología, se plantea la duda del como poder integrar la innovación a las industrias en los aspectos de diseño, manufactura y procesos.

Existen algunos trabajos sobre la integración de la innovación al Diseño para Seis Sigma, estableciendo guías gráficas o mapas conceptuales, los cuales están divididos en cinco pasos: a) definir la oportunidad, y entender deseos del cliente, b) realizar productos funcionales, c) innovar, d) realizar productos robustos y e) mantener las ganancias. Los ambientes de alta competitividad son ideales para la aplicación de herramientas como la tormenta de ideas y TRIZ para lograr generar y sintetizar nuevas alternativas de solución a los problemas [3].

En Japón fue introducido TRIZ a la ingeniería y a las industrias como:

- Un nuevo punto de vista de la tecnología, estableciendo que los sistemas evolucionan en forma de tendencias, sufriendo cambios y transformaciones; presentando etapas de nacimiento, extensión, integración, madurez y muerte. Se incluyen los inventos más importantes y creativos a lo largo de la historia.
- Un nuevo pensamiento dirigido a la solución de problemas mediante la superación de obstáculos (contradicciones) resultado de las diferencias entre las demandas del cliente y los funcionamientos tecnológicos actuales. La eliminación de dichas diferencias debe ser con la mínima o nula introducción de recursos.
- Un conocimiento básico adquirido a través de ejemplos de implementación que permiten el establecimiento de bases de datos acerca de la eliminación de contradicciones en diversos sistemas [6].

Por otro lado, surgen otros conceptos como el desarrollo total de la tecnología estructurado en cuatros fases principales:

- Estrategia de integración tecnológica, determina cual de las funciones se debe de trabajar para su mejoramiento, estas funciones pueden ser la funcionalidad, la confiabilidad, el costo y/o el tamaño. Aquí también se identifican los requerimientos de los clientes.

- Generación de Concepto donde se identifican y se analizan los conflictos presentes con el objetivo de mejorar aquella función en la cual se esta trabajando.

-Selección de Concepto, se realiza una evaluación de los conceptos de solución mediante la atribución de un valor cuantitativo a cada una de las funciones consideradas, se selecciona la de mayor calificación de acuerdo a las limitantes.

-Desarrollo robusto , en esta etapa se pretende optimizar y fortalecer los conceptos elegidos para alcanzar la flexibilidad y la madurez de la tecnología.

A pesar de los esfuerzos realizados TRIZ se ha enfrentado a obstáculos para su integración y mayor uso, debido a la falta de métodos de integración, a la debilidad existente en las políticas de implementación , al pensamiento erróneo sobre TRIZ como una herramienta que por si sola soluciona problemas y a que en ocasiones TRIZ no es aplicado en actividades donde es más eficiente como en las etapas de generación del concepto y desarrollo de tecnología [7].

Sin embargo, algunas industrias, poco a poco se han dado cuenta que TRIZ es una herramienta útil cuando se aplica de manera correcta. Por ejemplo: Life Fitness, líder en la industria de equipos para entrenamiento deportivo, aplicó TRIZ con la idea de solucionar la deficiencia en el diseño que existía desde tiempo atrás en las ruedas de molino comerciales de sus equipos de entrenamiento cardiovascular. Utilizo TRIZ para resolver una contradicción sobre una atascamiento de una tobera y el no incremento en el costo de los equipos, a su vez se ayudó del diseño de experimentos para optimizar la solución, resultando un nuevo producto en el mercado de mayor éxito y eficiencia [8].

Otros investigadores como Domb, Mann y Ratanen preocupados por la falta de vías y métodos de integración se dedicaron a trabajar en ellas estableciendo sugerencias como la implementación de consultores externos capaces de asesorar y enseñar al personal de la organización a llevar proyectos con TRIZ para que en un futuro ellos actúen de líderes. Sin embargo, la introducción de TRIZ a una organización debe ser un compromiso de todos los miembros y para lo cual se requiere de un convencimiento de la empresa sobre la necesidad de ser creativos e innovadores en sus procesos y en sus productos [10].

1.2. Hipótesis.

1. Las metodologías TRIZ y Seis Sigma o aquellas metodologías que ayudan a la excelencia tienen características que posibilitan su integración lo que las haría más efectivas de forma integrada. Identificar dichas características mediante la investigación y la aplicación de TRIZ a un caso práctico permitirá sugerir vías y métodos de integración.

2. Los cursos de TRIZ que actualmente se ofrecen en el mercado, en ocasiones se dirigen a black belts y green belts. Un estudio comparativo de dichos cursos permitirá identificar las características relevantes así como las oportunidades existentes en estos, sobre cuya base será posible elaborar una propuesta propia del CDIP que aproveche dichas oportunidades.

1.3. Objetivos.

- Basados en un problema práctico de la industria, aplicar TRIZ, evaluar los resultados y proponer al menos una vía y/o método de integración de TRIZ en las empresas tipo Seis Sigma o que practican la excelencia.

- Identificar los elementos fundamentales del problema y presentar alternativas de solución; comparándolas con los resultados anteriormente alcanzados sin utilizar la metodología.

- Proponer un programa de capacitación en TRIZ, sobre la base del estudio de los cursos que actualmente se ofrecen en distintas instituciones.

Capítulo II.

2. Teoría de Solución a Problemas de inventiva TRIZ

2.1. TRIZ Clásico.

A lo largo de la evolución de la humanidad, el hombre ha sentido la necesidad de crear e innovar nuevos productos y procesos que le han permitido evolucionar y crecer, por ejemplo: la invención de la rueda, el descubrimiento del fuego, la invención de la imprenta, entre otros.

Sin embargo, la innovación y la creatividad son conceptos muy difíciles de explicar y comprender. En el año 400 a. de C. El griego Pappos define la palabra heurística como la ciencia de realizar descubrimientos e invenciones, mediante un proceso de resolución de problemas.

Henry Altshuller nacido en la Unión Soviética en 1926, siempre mostró un alto interés por la creatividad e innovación desde pequeño. Así retomó los conceptos emitidos por Pappos sobre las heurísticas pero orientándolo hacia un proceso sistemático de innovación.

Gracias al interés de Altshuller surge TRIZ, acrónimo ruso cuyo significado es "Teoría de Solución a Problemas de Inventiva", con la idea facilitar y mejorar el método de innovar y diseñar.

En 1946 junto con sus colaboradores comienza el análisis y estudio de miles de certificados de autoría o patentes alrededor de 200000 patentes de las cuales seleccionaron solo 40 000 como las representantes de las soluciones más innovadoras [4].

2.2 Niveles de solución.

Como resultado se establecen 5 niveles de solución a problemas [4].

- Nivel 1. Soluciones aparentes o soluciones convencionales con métodos ya conocidos usualmente cuando una característica mejorada 32%. Por ejemplo: El aislamiento o recubrimiento con material aislante de los ductos de ventilación de un sistema de Aire Acondicionado doméstico o industrial disminuye la ganancia de temperatura que tendría el aire al pasar por los ductos.

United States Patent 6,532,756

Wang , et al. March 18, 2003

La siguiente patente trata de un refrigerador con un atabla plegable. Esta invención adiciona al refrigerador una tabla plegable en la parte superior la cual puede abrirse cuando es necesaria y cerrarse cuando no es necesaria. De tal manera el producto presenta dos funciones el refrigerador y de repisa, lo cual ayuda a optimizar el espacio en el cuarto.



Fig 1. Ilustración de los tabla incluida al refrigerador.

Clasificación : Nivel 1

Tabla 1. Nivel de invención 1

- Nivel 2. Mejoras o soluciones pequeñas a sistemas ya existentes mediante la reducción de una contradicción inherente al sistema, requieren un cierto compromiso: 45%. Ejemplos: Un hueco en el interior del mango de un martillo permite reducirle el peso y tal vez mejorar su centro de gravedad.

Reciprocating piston compressor having improved noise attenuation

United States Patent 6,558,137

Tomell , et al. May 6, 2003

El intercambio en un sistema de aire acondicionado del compresor por un compresor reciprocante de pistones con un silenciador en la succión y un par de silenciadores en la descarga para atenuar el ruido creado por la frecuencia de bombeo primaria, reduce el ruido ocasionado por el sistema cuando esta en funcionamiento.

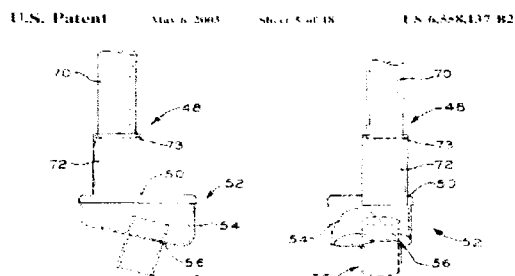


Fig. 2. . Ilustración de los escapes de la salida y entrada del compresor

Clasificación : Nivel 2

Tabla 2. Ejemplo de nivel de invención 3.

- Nivel 3 Invención substancial dentro del paradigma. Mejoras esenciales a un sistema ya existentes. En este nivel una contradicción es resuelta dentro del sistema existente a través de la introducción de algún nuevo elemento: 18%. Ejemplos la pluma de punta rodante, la bicicleta de montaña, suspensión de colchones de aire.

US4856812: Axle suspension system

Un eje de la suspensión delantera para un vehículo con el objetivo de brindar un paseo suave y proporcionar la rigidez necesaria al sistema presenta la siguiente patente. Se coloca una barra relativamente rígida y es acoplada a un extremo del bastidor por perchas, se encuentra libre de movimiento del otro extremo siendo unido al marco a través de un acoplador de dos grilletes que permite desplazamiento vertical y previene desplazamiento horizontal.

Entre la barra y el marco se colocan dos bolsas de aire la cuales llevan sustancialmente todo el peso del vehículo en el eje delantero. El diseño de estas dos bolsas tiene como objetivo proporcionar un paseo muy suave. Una línea de aire junta las dos bolsas de aire para permitir que el aire fluya de una bolsa de aire a la otra durante movimientos del eje delantero con respecto al marco. Un orificio restringe el flujo del aire entre las bolsas para asegurarse de que el amortiguamiento ocurra en una frecuencia seleccionada, tal como la frecuencia natural del sistema.

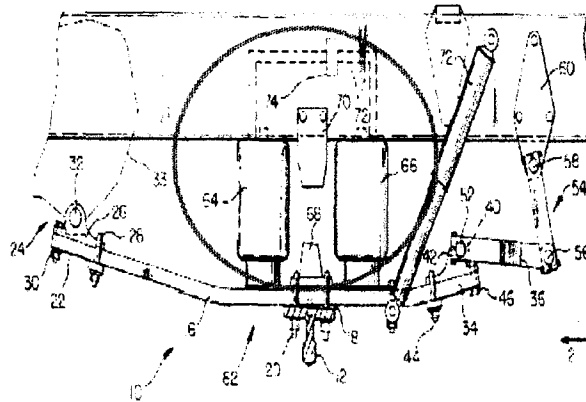


Fig.3. Los colchones de aire y su interconexión.

Nivel. 3

Tabla 3. Ejemplo de nivel de invención 3.

- Nivel 4 Invención fuera de la tecnología. Soluciones encontradas en la ciencia y no en la tecnología. En este nivel las contradicciones son eliminadas porque su existencia en el nuevo sistema es imposible: 4%. Ejemplos: el motor de combustión interna, el refrigerador, los neumáticos, un circuito integrado.

**Rheological Shock Absorber
U.S. Patent 5,590,745**

Mediante el uso de fluido electroreológico en un amortiguador con un campo eléctrico actuante se controla la absorción de la vibración. Los electrodos se disponen en el pistón adyacente a pasos y la viscosidad líquida puede ser cambiada cambiando voltaje a través de los electrodos, esto hace que se pueda controlar las características de absorción de la vibración de acuerdo a los requerimientos. Uso de un concepto encontrado en la ciencia.

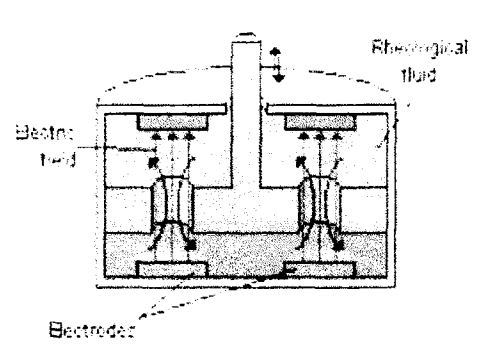


Fig.4. Amortiguador electroreológico

Nivel. 4

Tabla 4 Ejemplo de nivel de invención 4.

- Nivel 5 Descubrimiento, invención pionera o mayor, estas soluciones por lo regular ocurren cuando es descubierto un nuevo tipo de fenómeno que puede ser aplicado en la solución de problemas: 1%. Por ejemplo: Invenciones tales como el avión, la bicicleta, la fotografía, la penicilina.

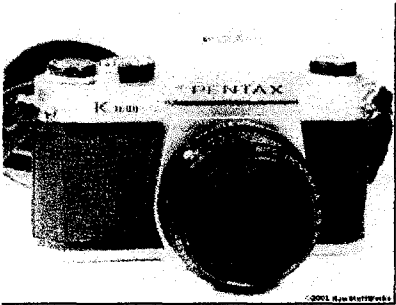
Invención de la fotografía
<p>La fotografía es indudablemente una de las invenciones más importantes de la historia. Deja capturar momentos en el tiempo y preservarlos por años. Interactúan tres elementos principales: un elemento óptico (la lente), un elemento químico (la película) y un elemento mecánico (el cuerpo de la cámara). Al momento de apretar el disparador se congela un momento en tiempo, registrando la luz visible reflejada por los objetos en el campo visual de la cámara, esto ocasiona una reacción química en la película, lo cual permite capturar la imagen mediante un registro químico, el cual al ser revelado nos proporciona una imagen.</p>

<p>Fig.5 Fotografía.</p>
<p>Nivel. 5</p>

Tabla 5. Ejemplo de nivel de invención 5.

Altshuller, enfocó su investigación en los principios de solución utilizados en los niveles 2, 3 y 4, porque consideraba al nivel 1 como soluciones relativamente sencillas mientras que el nivel 5 requería de nuevos conocimientos científicos.

En el desarrollo del estudio identificó y estableció patrones de invención, encontró que el mismo problema fundamental se había presentado en un gran número de inventos en diferentes etapas de la tecnología. Además observó que se usaron las mismas soluciones fundamentales para la resolución de los problemas en

diferentes periodos. De ahí concluyo que si un inventor hubiese tenido estas soluciones a la mano su trabajo se hubiera facilitado, razón por la cual TRIZ tiene un gran número de problemas estándar con sus potenciales soluciones.

2.3. Cuestionario de Situación Innovativa.

El Cuestionario de Situación Innovativa (ISQ) es un punto de partida para documentar un problema o proyecto, porque permite hacer una completa descripción del caso. Mediante este cuestionario se conocen:

- Los sistemas ingenieriles que se desean sintetizar
- Las definiciones de los problemas,
- Se documenta la existencia de sistemas similares ya resueltos.
- Se identifican las funciones útiles primarias y las perjudiciales del sistema,
- Se describe la estructura del sistema con sus subsistemas, conexiones, , supersistemas y sistemas interactuantes.

El ISQ fue desarrollado en la escuela de TRIZ en Moldava. Este cuestionario proporciona una estructura para la recolección de la mayor información posible para reformular el problema y dividirlo en problemas más pequeños y sencillos.

2.3.1. Recursos disponibles.

Por otro lado se identifican los recursos disponibles del sistema:

- *Substancia:* Es cualquier material contenido en el sistema o en el medio.
- *Energía:* Cualquier tipo de energía existente en el sistema.
- *Espacio:* Cualquier tipo de espacio en el sistema y en su medio ambiente.
- *Tiempo:* Intervalos de tiempo sin usar o parcialmente usados antes de comenzar, después de comenzar y entre ciclos técnicos.
- *Funcionales:* Son las posibilidades del sistema o medio ambiente para poder llevar a cabo funciones adicionales.

- *Propios*: Elementos y propiedades específicas no utilizadas, característicos del sistema particular, tal como propiedades físicas, químicas o geométricas. Por ejemplo; frecuencias de resonancia, susceptibilidad magnética.
- *Sistema*: Nuevas funciones o propiedades útiles en el sistema resultado de modificaciones o conexiones nuevas entre los subsistemas.
- *Organizacionales*: Estructuras existentes no completamente usadas, arreglo u orientación de elementos que pueden ser fácilmente construidas en el sistema.
- *Diferenciales*: Diferencia en magnitud de parámetros que pueden ser usados para llevar a cabo una función útil. Por ejemplo variación de temperatura, caída de voltaje en una resistencia.
- *Cambios*: Nuevas propiedades o características del sistema que aparecen después de haber introducido algunos cambios en los subsistemas.
- *Perjudiciales*: Desperdicios del sistema u otros sistemas que se vuelven inútiles y dañinos después de ser usados [2].

Identificar los recursos permite cuestionar la posibilidad de cambiar alguno y asignar nuevas funciones a otros.

2.3.2. Funciones y Cambios en el sistema.

Una función es una acción llevada a cabo por el sistema u otros sistemas. La formulación de una función deberá contener un verbo que describa la acción o interacción, y un sujeto, que es el nombre del objeto hacia el cual se dirige la acción. La interacción entre estos elementos del sistema se denomina con el nombre de función la cual puede ser benéfica o dañina al funcionamiento del sistema.

Mediante algunas de las preguntas del Cuestionario de Situación Innovativa se define la función útil primaria, se describe el funcionamiento del sistema, o sea, cómo trabaja cuando lleva a cabo la función útil primaria, y cómo interactúan entre sí sus elementos y subsistemas. Además permite indicar el efecto negativo que

representa la esencia del problema e indica cómo se relaciona este inconveniente a la función útil primaria y a otras funciones útiles del sistema.

Por lo tanto la respuesta a todas las preguntas del ISQ son el punto de partida para trabajar en los tipos de cambios que se requieren para reducir, eliminar o aumentar algunas de las funciones o interacciones que permitan obtener un resultado aproximado al ideal final.

Por ejemplo : Existe un problema en el sistema de aire acondicionado y ventilación de un automóvil por la presencia de olor a humedad o mal olor cuando el sistema comienza su funcionamiento. Mediante el llenado del cuestionario (ver Anexo 2), se realizó una descripción a detalle del sistema, se identificó que el proporcionar confort a los pasajeros del automóvil es la función principal del sistema, y que las funciones adicionales que se presentan son el intercambio de calor entre dos sustancias (aire y refrigerante) que entra en contacto por convección, la regulación de caudal de aire a la entrada al habitáculo, la limpieza del aire para no permitir la entrada de aire muy sucio al interior, aislar el habitáculo del aire exterior.

También permitió sugerir posibles funciones perjudiciales como la condensación ocurrida por intercambio de calor realizado al pasar el aire húmedo a través de las paredes externas del evaporador donde el refrigerante que se encuentra en estado líquido absorbe el calor del aire y cambia de estado líquido a gaseoso. Al ceder temperatura el aire favorece la formación de gotitas de agua debido a la presencia de humedad en el ambiente dentro de la caja de aire. El resultado ideal final es la eliminación del mal olor.

Utilizando el Cuestionario de Situación Innovativa se abre la oportunidad de conocer a fondo la situación y los problemas, estableciendo los posibles cambios que pueden ocurrir en las funciones realizadas en el sistema con el objetivo de alcanzar el resultado ideal final.

Estos cambios pueden ser:

- *Cambios permisibles al sistema.* Se evalúa y describe el grado de posibilidades de cambio que puede sufrir el sistema para alcanzar una solución. Se evalúan las pérdidas causadas por estos efectos negativos y las posibles ganancias o beneficios alcanzados al resolver el problema.
- *Limitaciones para cambiar el sistema.* Se establece lo que no se puede cambiar en el sistema, cualquier característica tecnológica, económica u otras que no logren la eliminación de una desventaja.
- Historia de soluciones aplicadas al problema. Analizar la documentación histórica sobre las alternativas de solución de problema.

2.4. Contradicciones.

El análisis de contradicciones es un método para observar el problema con una nueva visión. Para TRIZ un problema de inventiva es aquella situación que al menos presenta una contradicción.

2.4.1. Contradicciones técnicas y físicas.

Las contradicciones técnicas se presentan si un parámetro "A" es mejorado pero como resultado un parámetro "B" dentro del sistema es deteriorado. Por ejemplo: Cuando se requiere incrementar el parámetro de la velocidad del automóvil se consume mayor cantidad de combustible por lo cual la eficiencia del combustible disminuye.

La técnica más utilizada para la eliminación de contradicciones técnicas es el uso de los principios de inventiva, los cuales representan una recomendación para cambiar un sistema tecnológico.

Resultado de los análisis de las patentes, Altshuller y sus colaboradores identificaron 39 parámetros de ingeniería generalizados cuya interacción puede generar una contradicción y 40 principios de inventiva utilizados para la eliminación de la contradicción. De tal forma establecieron una matriz de 39 x 39 en la cual las intersecciones de renglones y columnas en contradicción son ocupadas por algunos de los 40 principios de inventiva para la eliminación de contradicciones.

Los pasos para aplicar esta herramienta son: a) identifique un parámetro del sistema que requiere ser mejorado, b) identifique el parámetro del sistema que se degrade como resultado de la mejora, c) tome como referencia los principios de Inventiva listados en la matriz y d) considere aplicar la recomendación de cada principio para resolver el problema.

Mientras que las contradicciones físicas implican requerimientos inconsistentes en una condición física, es decir cuando dentro de un sistema un parámetro A debe ser alto para el buen funcionamiento, pero bajo para no causar un deterioro en el mismo (auto-opuesta).

Ejemplo: Los elementos de seguridad presentes en los automóviles para el caso de una colisión como lo son las bolsas de aire deben presentar una alta velocidad de inflado para poder salvar las vidas de las personas pero una baja velocidad de inflado para no lastimar a las personas que reciben el impacto.

La suspensión de un automóvil debe ser lo suficiente debe ser suficientemente rígida para soportar el peso del automóvil pero no tan rígida para no transmitir y absorber las vibraciones ocasionadas por el camino.

Estas contradicciones se resuelven por medio de la separación de requerimientos.

2.4.2 Principios de separación.

- *Separación en espacio.* Consiste en separar en espacio requerimientos opuestos. Si en el sistema debe ejecutar funciones contradictorias u operar bajo condiciones contradictorias se debe tratar de dividir el sistema en subsistemas.

Ejemplo: La división del refrigerador en compartimientos satisface la necesidad de tener una temperatura muy baja para preservar ciertos alimentos que se descomponen fácilmente y otra temperatura no tan baja para mantener los otros alimentos en buen estado sin necesidad de congelarlos.

- *Separación de tiempo.* El concepto es separar los requerimientos opuestos en tiempo. Si un sistema debe satisfacer requerimientos contradictorios, es importante tratar de programar los sistemas de operación con el objetivo de separar los efectos contradictorios para que sean realizados en diferentes tiempos.

Ejemplo: Un buril o herramienta de corte debe ser lo suficientemente dura para poder cortar otro material, pero la presencia de una alta dureza hace más quebradizo a la herramienta de corte. De acuerdo esto el diseño del tratamiento térmico debe constar de una velocidad de enfriamiento lo suficientemente rápida para endurecer el material rápidamente pero a la vez no debe ser tan rápida para evitar la formación de esfuerzos internos que lo hagan quebradizo. Por lo tanto lo que se dispone a realizar es la separación de los tratamiento en dos tiempos para proporcionar un enfriamiento rápido mediante un medio temple como el agua para maximizar la dureza del material y posteriormente aplicarle un tratamiento térmico de revenido para aliviar los esfuerzos internos creados en el sistema.

- *Separación entre las Partes y el Todo.* Ocurre cuando una característica tiene un valor en el nivel de sistema y el valor opuesto en el nivel de componente, o bien cuando la característica existe en el nivel de sistema pero no existe en el nivel de componente o al contrario.

Ejemplo: La suspensión de muelles de un camión debe ser rígida para soportar las cargas y fuerzas a la que esta sometida pero a su vez debe ser flexible para absorber la vibración ocasionada por el camino sin que rompa. Por lo tanto la suspensión utiliza elementos rígidos en el micronivel como los son tornillos, soportes, columpios y barras que en conjunto (macronivel) actúan de manera flexible.

- *Separación de Acuerdo a la Condición.* Cuando una característica es alta dentro de una condición y baja dentro de otra, o bien cuando dicha característica está presente dentro de una condición y ausente en la otra.

Ejemplo: Los filtros de polen o polvo que se encuentra en los automóviles permiten el paso de aire al habitáculo del auto pero no permiten el paso de partículas sólidas o suciedad al mismo.

2.5. Concepto de Idealidad.

La idealidad en un sistema es definida como la suma de las funciones benéficas divididas por la suma de las funciones o efectos no deseados.

$$Idealidad = \frac{Todas \ las \ funciones \ benéficas}{Todas \ los \ efectos \ perjudiciales}$$

Cualquier forma de costo esta incluida, inclusive el desperdicio y la contaminación son efectos no deseados. Los cambios que resultan satisfactorios e incrementan la idealidad tienen que buscar el aumento del numerador y la disminución del denominador.

2.6 Diagramas de Campo – Substancia .

El análisis mediante diagramas de Campo-Substancia es una herramienta analítica que ayuda a visualizar y a modelar los problemas de una manera más sencilla, representa el modelo más sencillo de un sistema tecnológico. Permite observar si los sistemas están completos, su efectividad, su robustez, o bien si necesitan substituirse por un nuevo sistema. Las ideas de solución son sugeridas por TRIZ mediante las 76 soluciones estándar.

Un sistema operando propiamente puede ser modelado por un triángulo que representa las sustancias y el campo del cual se compone. En cada sistema tecnológico se puede distinguir dos objetos o sustancias S_1 y S_2 que pueden ser materiales, herramientas, personas y ambientes. Entre estas sustancias existe un campo F que puede ser magnético, eléctrico, químico, mecánico que actúa sobre las sustancias, identificado como una acción que establece una relación entre las dos sustancias.

Ejemplo: Para un sistema de calefacción de un auto se modeló un diagrama de campo-substancia con un efecto insuficiente y se sugirió la solución mediante la adición de otra sustancia que fortalezca el efecto requerido. Se presentó un problema sobre la eficiencia en el sistema de calefacción del auto el cual consta de un pequeño serpentín donde pasa líquido refrigerante que proviene del sistema de enfriamiento del motor que al pasar por ahí aire por convección cede su calor y eleva la temperatura del aire pero no de manera suficiente.

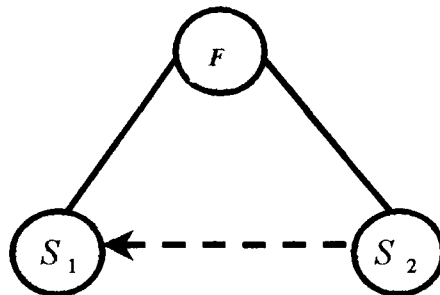


Fig.6 Modelación de una parte del sistema de calefacción

El diagrama anterior presenta la modelación de esta parte del sistema donde S_1 es el aire, S_2 es el serpentín donde pasa el refrigerante que calienta el aire y F es el campo térmico que provoca la acción de calentar, el cual resulta ser insuficiente para la satisfacción del cliente.

Al ser insuficiente el efecto de calentar el aire, se sugiere introducir una nueva sustancia que lo incremente. La colocación de una resistencia eléctrica después del serpentín permitió un aumento en la eficiencia del efecto deseado. A continuación se coloca el diagrama de campo-sustancia donde: S_1 continua siendo el aire, S_2 es el serpentín donde pasa el refrigerante y S_3 que es la nueva sustancia definida por la resistencia eléctrica que incrementa el efecto deseado mediante la acción de un campo eléctrico.

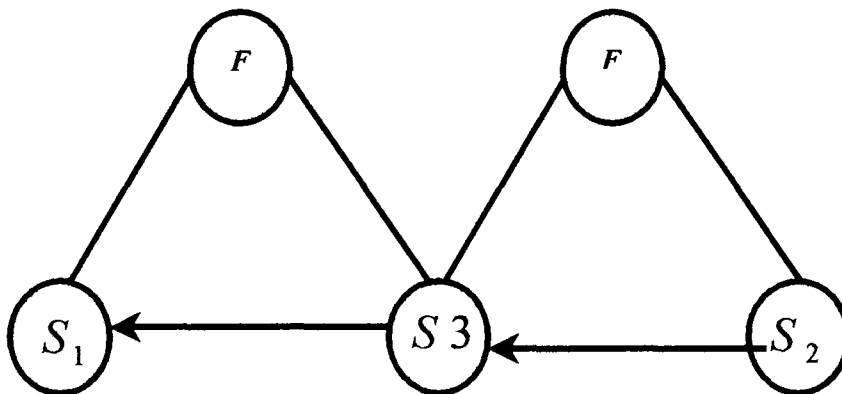


Fig.7 Modelación del sistema mediante la adición de una sustancia.

2.7. Evolución de TRIZ.

Al existir una evolución muy grande en la tecnología los Investigadores y expertos sobre TRIZ se han preocupado por proporcionar un carácter evolutivo a la herramienta con el objetivo de fortalecer su implementación. Para ello se han preocupado en establecer nuevas vías de integración, revisar conceptos clásicos, actualizar bases de datos sobre efectos físicos utilizados en la resolución de

problemas, replantear la matriz de contradicciones aumentando parámetros ingenieriles que son muy utilizados en nuestro tiempo.

2.7.1. Actualización de parámetros de la Matriz de Contradicciones.

La existencia de conflictos entre nuevos parámetros o parámetros ya conocidos que han tomado un peso muy importante en la actualidad como el ruido, la seguridad y los factores ambientales denotan la necesidad de replantar la matriz de contradicciones diseñada por Altshuller y su colaboradores.

Darell Mann, Simon Dewulf y otros expertos en TRIZ se encuentran trabajando en la actualización de la matriz morfológica en dos sentidos:

- a) La inclusión de parámetros ingenieriles que no se encuentran direccionados en la matriz original.
- b) El reordenamiento de los parámetros en una manera lógica y secuencial con el objetivo de extraerles la mayor información posible. El reordenamiento de los parámetros pretende seguir una progresión general orientada hacia la evolución de los sistemas.

La nueva categorización de parámetros se relaciona con la evolución del sistema, es decir todos aquellos parámetros físicos como la forma, la longitud, el área y el volumen se asocian a la etapa de concepción y nacimiento del producto; mientras que los parámetros de ejecución, eficiencia, durabilidad, confiabilidad se desarrollan en la etapa de crecimiento del sistema y finalmente los parámetros de manufactura, reducción de costo y de medición se ubican en la etapa de madurez y declive del producto. En esta nueva matriz de contradicciones establece 50 parámetros ingenieriles secuenciados que se muestran en la siguiente tabla (ver anexo 4)

Lista de Parámetros			
	Nuevos	Viejos	Comentarios
Parámetros Físicos	1. Peso de un objeto en movimiento	1. Peso de un objeto en movimiento	El grupo de propiedades geométricas
	2. Peso de un objeto sin movimiento	2. Peso de un objeto sin movimiento	
	3. Longitud/ ángulo de un objeto en movimiento	3. Longitud de un objeto en movimiento	
	4. Longitud/ ángulo de un objeto sin movimiento	4. Longitud de un objeto sin movimiento	
	5. Área de un objeto en movimiento	5. Área de un objeto en movimiento	
	6. Área de un objeto sin movimiento	6. Área de un objeto sin movimiento	
	7. Volumen de un objeto en movimiento	7. Volumen de un objeto en movimiento	
	8. Volumen de un objeto sin movimiento	8. Volumen de un objeto sin movimiento	
	9. Forma	9. Velocidad	
	10. Cantidad de sustancia	10. Fuerza	
Parámetros relacionados con el desempeño	11. Cantidad de información	11. Tensión, presión	Parámetros relacionados con el tiempo, durabilidad, aprámetros clásicos de la matriz antigua tales como velocidad , párametros de cantidad, inclive de brillo
	12. Duración de la acción de movimiento de objeto	12. Forma	
	13. Duración de la acción estacionaria del objeto	13. Estabilidad de un objeto	
	14. Velocidad	14. Resistencia	
	15. Fuerza/ Torque	15. Durabilidad de un objeto en movimiento	
	16. Energía usada por un objeto en movimiento	16. Durabilidad de un objeto sin movimiento	
	17. Energía usada por un objeto sin movimiento	17. Temperatura	
	18. Potencia	18. Brillo	
	19. Esfuerzos / Presión	19. Energía gastada por un objeto en movimiento	
	20. Resistencia	20. Energía gastada por un objeto sin movimiento	
	21. Estabilidad	21. Potencia	
	22. Temperatura	22. Desperdicio de energía	
	23. Brillo e intensidad	23. Desperdicio de sustancia	
Parámetros relacionados con la eficiencia	24. Función eficiente	24. Pérdida de información	Se intenta enfocarse en las función de cualquier forma y relaciona cualquier aspecto perjudical no considerado originado por el sistema
	25. Pérdida de sustancia	25. Desperdicio de tiempo	
	26. Pérdida de tiempo	26. Cantidad de sustancia	
	27. Pérdida de energía	27. Confiabilidad	
	28. Pérdida de información	28. Precisión de mediciones	
	29. Ruido	29. Precisión de manufactura	
	30. Emisiones dañinas	30. Factores perjudiciales actuando en un objeto	
	31. Otros factores perjudiciales generados por el sistema	31. Efectos secundarios dañinos	
	32. Adaptabilidad/ Versatilidad	32. Manufacturabilidad	
	33. Compatibilidad/ Conectabilidad	33. Conveniencia de uso	
Parámetros relacionados con la confiabilidad y durabilidad, robustez	34. Transportabilidad	34. Reparabilidad	Cualquier cosa que se realice con seguridad, párametros emergentes, aspectos perjudiciales no considerados que actuen sobre el sistema
	35. Operabilidad/Controlabilidad/ Entrenabilidad	35. Adaptabilidad	
	36. Confiabilidad/ Robustez	36. Complejidad de un mecanismo	
	37. Reparabilidad	37. Complejidad de control	
	38. Seguridad	38. Nivel de automatización	
	39. Seguro/ Vulnerabilidad	39. Productividad	
	40. Sin estetica/ apariencia		
	41. Otros efectos perjudiciales actuantes sobre el sistema		
Parametros de reducción de costos y manufactura	42. Manufacturabilidad		Todos los parámetros nuevos
	43. Manufactura Precision/Consistencia		
	44. Automatización		
	45. Productividad		
	46. Complejidad del sistema		
	47. Complejidad de control		
Parámetros de medición	48. Habilidad oara detectar la medición		
	49. Precisión de la medición		
	50. Exactitud		

Tabla 6. Reordenamiento de los parámetros ingenieriles

La nueva matriz de contradicciones plantea la necesidad de establecer un dinamismo creciente en las herramientas de TRIZ permitiendo su evolución y el mejoramiento. Estos expertos también están desarrollando una base de datos que permita introducir un problema determinado y esta arroje los principios inventiva clásicos y un nuevo grupo de principios ya aplicados a la solución de problemas que han presentado dicha contradicción con el objetivo de facilitar el uso [15].

Se pretende diseñar una suspensión para un camión de pasajeros tipo medio por lo cual se recurre a la matriz contradicciones para identificar los posibles principios de inventiva que pueden eliminar las contradicciones detectadas entre los parámetros tales como el peso, la longitud, área, forma durabilidad, conveniencia de uso y confiabilidad.

Se identificaron contradicciones técnicas en el sistema de la suspensión que a continuación se muestran en la matriz de contradicciones clásica, además se identificaron los principios de inventiva que ayudan a eliminarlas.

Característica degrada							
Caract. a mejorar	Peso de Objeto en mov. (1)	Longitud de objeto en mov. (3)	Area de objeto en mov.(5)	Forma (12)	Manufacturabilidad(3 2)	Conveniencia de uso (33)	Complejidad de un mecanismo (33)
Peso del Objeto en mov. (1)		15,829,34	29,17,34,38	10,14,3540			
Forma(12)						32,15,26	16,291,28
Resistencia (14)	1,840,15				11,3,10,32		
Durabilidad de un Objeto en mov. (15)	6,27,19,16						

Tabla 7. Matriz de contradicciones clásica de una suspensión

Las contradicciones son:

Contradicciones técnicas solucionadas
Peso del objeto en movimiento(1) vs. Longitud de un objeto en movimiento (5), Peso de objeto en movimiento (1) vs. Área de objeto en movimiento (5), Resistencia (14) vs. Peso de objeto en movimiento(1), Peso de objeto en movimiento (1) vs. Forma (12). Para solucionar esta contradicción se propuso la utilización de una suspensión neumática o la introducción de membranas flexibles o elastómeros para soportar la carga y no degradar ninguno de los parámetros en contradicción.
Resistencia (14) vs. Forma (12): Al pretender mejorar la resistencia de la suspensión se deteriora el parámetro de la forma. Los principios sugeridos para la eliminación de esta contradicción son el de acción previa, membranas flexibles, transformación de estados físicos y materiales compuestos.
Forma (12) vs. Complejidad de un mecanismo (36): El pretende mejorar la forma de la suspensión puede hacer mas complejo el mecanismo de funcionamiento. Los principios de invención sugeridos para la eliminación de la contradicción parcial o sobrepasada, uso de una construcción neumática o hidráulica , segmentación y reemplazo de sistemas mecánicos.
Resistencia (14) vs. Manufacturabilidad (32): El uso de materiales resistentes puede dificultar la manufacturabilidad de la suspensión por lo cual se dividió la suspensión en partes el elastómero, muelles, y uniones. Principios de inventiva sugeridos 27,1,13
Durabilidad objeto en movimiento (15) vs. Peso de objeto en movimiento (1): Como resultado de aumentar la durabilidad de la suspensión el peso de la misma puede aumentar.19,5,34,31

Tabla 8. Contradicciones y sus principios de inventiva para su solución

Al mismo ejemplo de la suspensión se le aplicó la nueva matriz de contradicciones con los 50 parámetros y se definieron dos nuevas contradicciones el de peso de un objeto en movimiento vs. Seguridad y la de forma vs. Seguridad.

Caract. a mejorar	Peso de Objeto en mov(1)	Longitud de objeto en mov.(3)	Area de objeto en mov.(5)	Forma (9)	Manufacturabilidad(42)	Confiabilidad/Robustez(36)	Complejidad del sistema (46)	Seguridad (38)
Peso del Objeto en mov (1)		15,8,29,34	29,17,34,38	10,14,35,40				40,24,11,3
Forma(9)						10,40,16	16,29,1,28	40,11,5
Resistencia (20)	1,8, 40,15				1,32,17,28			
Durabilidad de un Objeto en movimiento (12)	19,5,34,31							

Tabla 9. Matriz de contradicciones actualizada.

Las contradicciones arrojadas ahora son:

Contradicción Técnica	Comentarios
Peso de objeto (2) vs. Longitud de objeto (4)	Conflicto entre Parámetros Físicos pertenecientes al grupo de prop. geométricas
Peso de objeto (2) vs. Área de objeto (6)	Conflicto entre Parámetros Físicos pertenecientes al grupo de propiedades geométricas
Peso de objeto (2) vs. Forma (9)	Conflicto entre Parámetros Físicos pertenecientes al grupo de propiedades geométricas
Forma (9) vs. Confiabilidad/Robustez(36)	Conflicto entre un Parámetro Físicos y un Parámetro relacionado con la confiabilidad, durabilidad y robustez
Forma (9) vs. Seguridad (46)	Conflicto entre un Parámetro Físicos y un Parámetro de confiabilidad.
Durabilidad de un objeto en movimiento (12) vs. Peso del objeto (2)	Conflicto entre un Parámetro relacionado con el desempeño y un parámetro físico.
Resistencia (20) vs. Peso del objeto(2)	Conflicto entre un Parámetro relacionado con el desempeño y un parámetro físico.
Resistencia (20) vs. Manufacturabilidad(42)	Conflicto entre un Parámetro relacionado con el desempeño y un parámetro relacionado con la confiabilidad, durabilidad y robustez.
Peso de un objeto en movimiento (20) vs. Seguridad (38)	Conflicto entre un Parámetro físico y un parámetro relacionado con la confiabilidad, durabilidad .

Tabla 9. Contradicciones actuales y comentarios

Como se puede observar esta nueva matriz permite reorientar los parámetros en conflicto, observar nuevas contradicciones y conocer los tipos de parámetros que se encuentran en conflicto. Para la eliminación de las contradicciones se utilizaron principios de inventiva como el de segmentación, transformación de los estados físicos, materiales compuestos, membranas delgadas, mediador entre otros para llegar a la alternativa de solución siguiente.

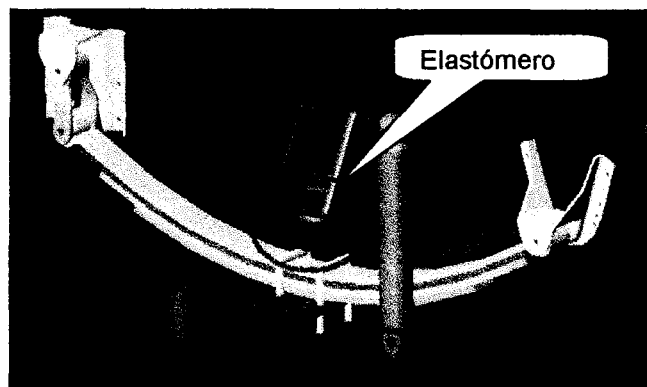


Fig.8 Alternativa de solución

Como se ve en la figura se sugiere la inclusión de un elastómero en la parte central de los muelles con el objetivo de reducir el número de muelles para aligerar el peso de la suspensión, mejorar su forma, longitud y mantener la seguridad y confiabilidad en el sistema.

2.8. El concepto de Idealidad Percibida

El concepto de idealidad ecuación (1) establece la relación existente entre los beneficios del sistema y los costos y perjuicios ocasionados por el mismo sistema.

$$\text{Idealidad} = \text{Percepción} \left\{ \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costo} + \text{Perjuicio}} \right\} \quad (1)$$

Se introduce el concepto de percepción que permite conocer la posición relativa que tiene el sistema con respecto al grado de idealidad, es decir permite conocer el punto de vista y la opinión de los consumidores del sistema.

Ejemplo: Un teléfono celular.

Telefono celular			
Beneficios	Disponibilidad para hablar	Percepción del cliente	
	Rango de cobertura		
	Tiempo de llamada		
	Mensajes de texto e imágenes		
	Agenda		
	Reloj y alarma		
	Numero discados		
	Vibrador		
	Camara		
Costos	Manufactura	El cliente percibe que en ocasiones el servicio no es el adecuado, que no existe una cobertura internacional, que existe mucha interferencia cuando hace llamadas, que la pila tiene poca durabilidad y lo que pretende es que se le brinde un servicio en el cual en cualquier lugar pueda recibir o hacer una llamada sin interferencia sin que se acabe la pila y al mejor costo posible.	
	Costos de componenste		
	Costos de defectos		
	Costos pro garantías		
	Costos de infraestructura		
Perjuicios	Niveles de radiación		
	Algunos componentes no son reciclables		
	Plasticos no degradables		

Tabla 10. Descripción de teléfono celular

Como se puede observar en la tabla se identifican algunos de los beneficios, perjuicios y costos de fabricación del producto y la percepción que tiene el cliente del producto y lo que quiere de el. De tal manera para poder calcular la idealidad es necesario hacer una descripción completa de los beneficios, costos y perjuicios del producto así como realizar encuestas de cómo percibe el cliente al producto y que es lo que requiere de el para moverse en esa dirección.

2.9. TRIZ y Diseño Axiomático.

Existen diversas opiniones acerca de la relación existente entre el Diseño Axiomático y TRIZ. A continuación se aporta una interpretación de la relación existente.

2.9.1. Diseño axiomático.

El diseño axiomático es una teoría desarrollada por Suh y sus colaboradores estableciendo que el diseño es una ciencia y tratando de evaluar si un diseño es bueno o malo. Estableció dos axiomas básicos:

1) Independencia de funciones: Consiste en tener un conjunto mínimo de requisitos independientes que caracterizan totalmente las necesidades funcionales del producto. Un diseño dependiente ocurre cuando el número de parámetros de diseño es menor al número de requerimientos funcionales o cuando el diseño de la matriz no tiene una forma triangular o diagonal.

Definiendo {FR} como un vector de requerimiento funcional, { DP } como un vector correspondiente a un parámetro de diseño, y {PV} como un vector de variables de proceso. Mientras que la matriz A describe la dependencia que existe entre los requerimientos funcionales y los parámetros de diseño y la matriz B describe la dependencia existente entre los parámetros de diseño y las variables del proceso. Observar ecuaciones (2), (3), (4), (5)

$$\{FR\} = [A] * \{DP\} \quad (2)$$

$$FR_i = \sum_j A_j * DP_j \quad (3)$$

$$\{DP\} = [B] * \{PV\} \quad (4)$$

$$DP_i = \sum_j B_j * PV_j \quad (5)$$

Ejemplo: Una catapulta tienen un número de parámetros de diseño con un alto potencial de que se encuentren interrelacionados.

La distancia es la repuesta de salida y los parámetros de diseño son:

- 1) la localización de la taza lanzadora
- 2) la posición del punto que permite colocar la liga
- 3) el número de ligas
- 4) la localización del punto con que se tensiona la liga
- 5) la posición del punto de que detiene el brazo de la catapulta
- 6) el ángulo del lanzador

Los efectos físicos que ocasionan estos parámetros son la altura, el ángulo y la velocidad. La relación existente entre ellos permite realizar la matriz de requerimientos funcionales de 6 parámetros x 3 efectos.

La matriz A queda indicada de la siguiente manera:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & A_{15} & 0 \\ A_{21} & 0 & 0 & 0 & A_{25} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & A_{34} & A_{35} & A_{36} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP1 \\ DP2 \\ DP3 \\ DP4 \\ DP5 \\ DP6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} PE1 \\ PE2 \\ PE3 \end{bmatrix}$$

Donde A_{15} es la relación entre el parámetro de diseño 5 posición del punto que detienen el brazo de la catapulta y el efecto físico de la altura, es la influencia A_{21} que tiene el parámetro 2 posición del punto que detiene la liga con respecto al factor físico ángulo, es la relación A_{25} existente entre el parámetro de diseño 5 y el efecto físico del ángulo, mientras que $A_{31}, A_{32}, A_{33}, A_{34}, A_{35}, A_{36}$ son las relaciones existentes entre el efecto físico de la velocidad y todos los parámetros de diseño.

Se puede observar que solo el parámetro de diseño 5 controla el ángulo, mientras que los el efecto 2 es un efecto dependiente de la interacción de 2 parámetros y el efecto 3 depende de la interacción de los 5 parámetros.

Los demás valores de la matriz son cero debido porque estos parámetros de diseño no influyen en la respuestas, por ejemplo el efecto que tiene la localización de la tasa lanzadora, la posición del punto que permite colocar la liga, el número de ligas, la localización del punto con que se tensiona la liga y el ángulo del lanzador con respecto al ángulo de lanzamiento es nula no le afecta a este efecto físico.

2) Simplificación de la información. El contenido de información es definido como el logaritmo de la inversa de la probabilidad de que los requerimientos funcionales sean satisfechos por los parámetros de diseño. [11]

$$I = \log_2 \left(\frac{1}{p} \right) \quad (6)$$

Donde P es la probabilidad de satisfacer exitosamente los requerimientos funcionales. La probabilidad de éxito es la función de la relación de ambos, el rango de diseño que el diseñador esta tratando de satisfacer y la capacidad de la solución propuesta, la cual es llamada rango de sistema.

La definición de la información contenida esta dada por la nueva ecuación (7).

$$I = \log_2 \left(\frac{\text{rango del sistema}}{\text{rango común}} \right) \quad (7)$$

Por ejemplo: En una suspensión de autobús urbano con una capacidad de 6 toneladas se requiere en cuanto a funcionamiento que soporte la carga a la cual esta impuesto, proporcionar un mayor confort durante de manejo que una suspensión de muelles, que la suspensión sea más ligera y que no se eleve el costos por fabricación y mantenimiento. Las variables de salida pueden ser medidas en kg y en la amplitud de las vibraciones detectadas en el interior del autobús y existe un limitante el costo de la suspensión no debe sobrepasar al costo actual.

Después de un proceso de análisis se llegó a dos opciones que satisfacen estos requerimientos funcionales: una suspensión con colchones de aire y una suspensión con muelles con la presencia de un elastómero entre el muelle y los largueros del chasis.

La suspensión de aire presenta una mayor confortabilidad y satisface en mayor cantidad los requerimientos del sistema sin embargo para el trabajo en el cual se utilizará resultada demasiado sofisticada y costosa. Por otro lado la suspensión de muelles con elastómero también permite un confort mayor que con la de muelle pero menos que la de aire, sin embargo satisface el costo, por lo cual para este caso de aplicación es menos compleja esta suspensión.

2.9.2. Relación entre TRIZ y diseño axiomático.

TRIZ busca la solución de problemas definidos en forma de contradicciones técnicas y físicas. La solución de las contradicciones por medio de TRIZ tratan de que se cumpla con el axioma 1 de independencia de funciones, porque al solucionarse una contradicción un parámetro que se mejora y no perjudica a otro lo cual hace que esos parámetros queden independientes.

La solución de una contradicción elimina una función dependiente y con ello se logra que los requerimientos funcionales estén asignados a cada uno de los parámetros de diseño, a medida que se eliminan contradicciones se logra la independencia funcional.

Por ejemplo: El requerimiento funcional de aligerar el peso de una suspensión depende de dos parámetros de diseño a considerar la resistencia y el peso del material de tal forma que en este punto se encuentra una dependencia funcional, la cual puede ser considerada en TRIZ como una contradicción técnica resultado de tratar de mejorar el parámetro A del peso del objeto en movimiento (ligero) degrada un parámetro B que es la resistencia de la suspensión. Para solucionar esta contradicción técnica se sugiera la aplicación de los principios de inventiva de reemplazo de sistemas mecánicos, objeto barato de vida corta en vez

de uno caro y durable, uso de una construcción neumática o hidráulica y materiales compuestos, la segmentación. Al eliminar la contradicción el peso ya no influye en la resistencia como fue en el caso de la suspensión de muelle con elastómero que el peso se aligero y esto ya no influyó en la resistencia de la misma. Así, el requerimiento funcional de aligerar el peso de la suspensión ya solo se ve afectado por la resistencia de los materiales.

Capítulo III.

3. Metodología Seis Sigma.

3.1 Desarrollo Histórico.

En Motorola durante los años ochenta se preocuparon por establecer un sistema de mejora en el desempeño de la empresas. Por lo cual , personas como Bill Smith, se dedicaron al estudio la correlación entre la vida útil de los productos en el campo de uso y que tanto el producto en cuestión ha estado sujeto a reparaciones (retrabajos) durante su proceso de manufactura. En 1985, Smith presenta sus resultados, concluyendo que si un producto era encontrado defectuoso y reparado durante el proceso, otros desperfectos podían pasar hasta que el cliente mediante el uso los detectara, es decir alguna deficiencia en el producto podría evadir todos los filtros de calidad y llegar a manos del cliente causándole una insatisfacción[16].

Mediante el análisis de muchas operaciones se observó que existen pasos y acciones que no son otra cosa que retrabajos en los procesos, los cuales se disfrazan de problemas inherentes al diseño de herramientas u otros factores, o tal vez al proceso. Por ejemplo el rebabeo para eliminar partículas o los retoques de pintura.

Otras compañías, atraídas por el éxito y los resultados logrados buscaron la información y referencias, lo cual motivo la creación del Instituto de investigación Seis Sigma en 1990 con la participación de empresas como IBM, Texas Instruments, Digital Equipment y Kodak permitiendo la difusión y dándole relevancia.

En ABB, la implementación de esta estrategia resulto en una disminución del 68% en los niveles de defectos y del 30 % en costos lo que tuvo como consecuencia ahorros de 898 millones de dólares. El caso de General Electric es el más

impresionante ya que los beneficios estimados son del orden de 6600 millones de dólares anuales. Obviamente esto ha representado un esfuerzo arduo de capacitación en los cuales GE ha entrenado un gran número personas en los métodos de Seis Sigma. [16]

3.2 Desviación estándar.

La desviación estándar es la raíz cuadrada de la sumatoria de cuadrados de todas las diferencias existentes entre cada uno de los datos con respecto a su promedio entre el número de datos menos uno, ecuación (8).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n - 1}} \quad (8)$$

La desviación estándar muestra la variabilidad en los procesos y su disminución optimiza los procesos. De tal forma surge Seis Sigma primero como un concepto estadístico, rebasando fronteras y convirtiéndose en una metodología operacional que puede ser compartida por todos los miembros de la organización cliente, accionistas, empleados y proveedores.

3.3. Definición de Seis Sigma.

Es un nivel de calidad que tiene virtualmente cero defectos y es tal que un desplazamiento del valor nominal o target del proceso de ± 1.5 sigmas solo producirá 3.4 defectos por millón esto es niveles de calidad de 99.9997%.

Como se observa, el indicador común para Seis Sigma es el cálculo de los defectos por unidad entendiéndose a la unidad como un producto o servicio

completo. Los defectos son todas aquellas partes con las que no se logra la satisfacción total del cliente.

Seis Sigma traduce las necesidades de los clientes en tareas separadas y define las especificaciones óptimas para cada una de ellas mediante la aplicación de herramientas como el despliegue de la función de Calidad (QFD) se traducen los requerimientos del cliente en parámetros asociados al proceso y al producto con el objetivo de optimizarlos y practicar la excelencia. El promedio industrial es de 4 sigmas es decir 6210 defectos por millón de unidades procesadas [17].

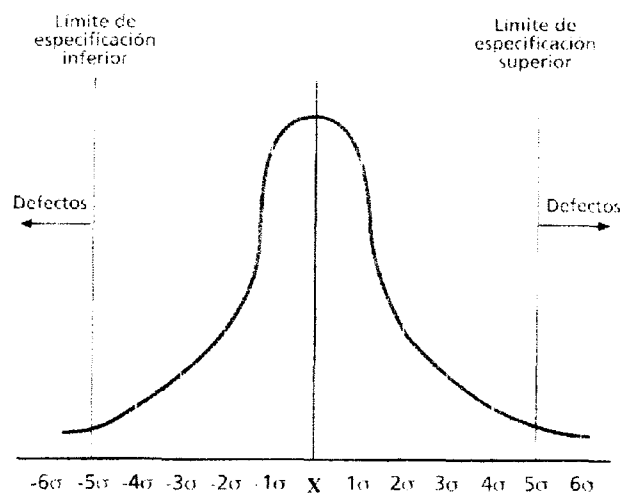


Fig.9. Grafica de un proceso 5 sigma

En la gráfica anterior se muestra un proceso 5 sigma que precisa tener solo 233 defectos por millón de oportunidades, mientras que un proceso 6 sigma precisa tener solo 3.4 partes defectuosas por millón de oportunidades.

SIGMA	DPM si hay desplazamiento de ± 1 sigma en la dist.	DPM si hay desplazamiento de ± 1.5 sigma en la dist.	No de veces que mejora el proceso respecto al anterior
1	552750.1	691462.5	
2	160005.2	308537.5	2
3	22781.7	66807.2	5
4	1350.3	6209.7	11
5	31.7	232.7	27
6	0.3	3.4	68

Tabla.11. Sigmas con respecto a defectos por millón

En la tabla anterior se muestra el comportamiento de los procesos con los diferentes niveles de sigma, además que nos permite observar cuantas veces se mejora el proceso con respecto al anterior.

De tal forma Seis Sigma es una metodología rigurosa que utiliza herramientas y métodos estadísticos para definir los problemas, tomar datos, es decir medir y analizar la información emprender mejoras y controlar procesos

Para iniciar Seis Sigma exitosamente, es necesario mirar mas allá de las especificaciones técnicas de la implementación y buscar la sustentabilidad mediante la inmersión de la metodología en toda la organización y fuera de ella.

3.4. Metodología DMAIC.

El proceso comienza conformando equipos interdisciplinarios que asumen la responsabilidad de realizar comparaciones con competidores (benchmarking) y evaluar proyectos usando una metodología estándar adoptada por la industria llamada DMAIC, de sus siglas en ingles.

3.4.1. Definir.

La meta aquí es definir el propósito, alcance y la información de fondo sobre el problema. Fundamentalmente se identifican, evalúan y seleccionan las metas a alcanzar, los métricos que permitirán monitorear el comportamiento del proyecto y se fijan los límites del proyecto basados en el conocimiento de las metas de estratégicas de la organización, de las necesidades del cliente y del proceso.

Los objetivos de esta fase son: analizar las características del proyecto, identificar los métricos primarios y secundarios, definir las metas del proyecto en dinero, identificar los requerimientos del cliente y formar los equipos de trabajo.

3.4.2. Medir.

Una vez establecidos los equipos de trabajo, la descripción del proceso que se pretende mejorar y la información sobre los críticos a la calidad para los clientes, la fase 2 es la medición para obtener los datos suficientes acerca de la situación actual. Esto ayuda a delimitar el rango de causas potenciales a investigar en la fase del análisis, a determinar el tamaño del problema, la documentación del proceso, se determinan las características claves del producto y parámetros del proceso, se documentan modos de falla.

Las herramientas utilizadas en esta fase son: planeación de recolección de datos y formas, control de características, gráficas de frecuencias, pruebas de repetibilidad y reproducibilidad, gráficas de Pareto, Matriz de prioridades, Análisis de modo de falla y efecto (FMEA), capacidad del proceso . Se obtiene una línea de base de la situación actual del proceso, se establece fácilmente la localización del problema y su ocurrencia.

3.4.3 Analizar.

En la fase de análisis se identifican las causas probables del problema, se planifica la recolección de datos y se realiza el análisis de datos para establecer las ideas sobre posibles mejoras.

Durante este periodo se introducen herramientas como: diagramas de afinidad, tormenta de ideas, diagramas de causa y efecto, graficas de control, formas y planeación de recolección de datos, diagramas de flujo, diseño de experimentos, pruebas de hipótesis, análisis de regresión, metodología de superficies de respuesta, muestro y graficas de barrido. Mediante estas herramientas se pretende realizar un análisis de los datos obtenidos en la fase anterior.

3.4.4. Mejorar.

En esta etapa se realizan las sugerencias de modificación a los parámetros para maximizar o minimizar las variables de respuestas, o bien disminuir la variabilidad en la respuesta. Es el momento para desarrollar, probar y poner soluciones en ejecución. El objetivo es demostrar con evidencia estadística que la solución mejora, elimina o aumenta la variable de respuesta según los requerimientos.

En esta etapa se utilizan herramientas como: técnicas de creatividad, recolección de datos, diseño de experimentos, diagramas de flujo, FMEA, pruebas de hipótesis, herramientas de planeación.

3.4.5 Controlar.

Durante la optimización, la solución fue dirigida y los planes fueron hechos para la puesta en práctica de la solución de manera completa. La fase de control se diseña para cerciorarse y verificar que el problema permanezca seguro y que los nuevos métodos se mejoren en un cierto plazo. El objetivo en esta etapa es evaluar las soluciones y el plan, mantener los aumentos estandarizando procesos, mantener el monitoreo de procesos y anticipar los pasos de progresión siguientes.

Las herramientas utilizadas son: las gráficas de control (gráficas X y gráficas R), diagramas de flujo, diagramas de frecuencias, Paretos comparativos del antes y después, control de calidad de proceso y la estandarización. Se obtiene un análisis del antes y después, un monitoreo del sistema y la completa documentación de resultados, aprendizaje y recomendaciones.

3.5 Resultados de establecer Seis Sigma.

Al implementar la metodología Seis sigma se obtienen resultados en varios aspectos de la organización:

- Establece un diseño amigable de productos y proceso para el cliente.
- Reduce los costos por una baja calidad.
- Integra las técnicas de manufactura esbelta.
- Mejora los tiempos de ciclo.
- Mejora las actividades de comercio electrónico.
- Ayuda a mantener el crecimiento de las ganancias.
- Incrementa el retorno de la inversión. [17]

3.6 Organización Seis Sigma.

Para la ejecución de los proyectos Seis Sigma es necesario capacitar al personal con ciertas herramientas estadísticas, para lo cual la organización establece una división de acuerdo a las funciones que desempeñara.

Green Belts. Reciben una capacitación acerca de herramientas estadísticas como control estadístico del proceso, diagramas de Pareto, desviación estándar, pruebas de hipótesis, diseño factorial fraccionado, diseño de superficies de respuesta, técnicas de análisis, técnicas de definición de proyectos.

Son los líderes o coordinadores de los proyectos, siendo los que están más en contacto con el proceso y entre sus características son: el trabajo en equipo, motivación aplicación de métodos, computación y seguimiento. El tiempo laboral

que utilizan para los proyectos es parcial y tienen un trabajo o puesto formal en la empresa y son soportados y asesorados por Black Belts.

Black Belts. Empleados a certificarse que necesitan un entrenamiento exhaustivo en procesos de Seis Sigma, alrededor de la metodología de mejora DMAIC. Para lograr la certificación el personal debe completar los exámenes orales y escritos, realizar dos o tres proyectos exitosamente con un beneficio económico significativo para la organización, administrar uno o mas proyectos por año con resultados medibles.

Expertos en aplicación de metodologías, encausan y monitorean varios proyectos, sus características son la buena comunicación, el reconocimiento por su experiencia y los conocimientos técnicos. Su trabajo es de tiempo completo como asesor y líder general de varios proyectos.

Una vez terminada la capacitación los black belts serán capaces de desarrollar, asesorar y son líderes de equipos funcionales cruzados, diseminar las herramientas y métodos seis sigma los miembros del equipo, alcanzar beneficios económicos importantes para la empresa.

Master Black Belt. Es aquel que brinda soporte técnico, experto en metodologías y entrenamientos, se ocupa de tiempo completo como asesor de toda la empresa. Presenta grandes habilidades y conocimientos técnicos, estadísticos, liderazgo de proyectos. Existe uno por cada mil empleados de la empresa [17].

Champions. Encargados de iniciar y coordinar Seis Sigma en un área grande. Seleccionan, autorizan y administran proyectos, realizan revisiones líderes, promuevan la aplicación, la aceptación y la evolución de la metodología. Por lo regular son los vicepresidentes o gerentes de área. Existen dos o más en cada empresa.

3.7 Diseño para Seis Sigma (DFSS).

La metodología Seis Sigma principalmente esta enfocada en la optimización de procesos y no en el diseño. Existe una diferencia considerable entre la optimización de procesos y el diseño como actividades. La metodología DMAIC es altamente eficiente. Sin embargo, en ocasiones las etapas de medir, analizar e inclusive la de mejorar son frecuentemente complicadas para aquellas empresas que tienen una falta total de control sobre los procesos, resulta un reto su implementación pero se garantiza un resultado muy satisfactorio.

Por otro lado en la actividad de diseño surge como herramienta DFSS de sus siglas en ingles, utilizada para desarrollar un diseño exacto a las necesidades que se convierta en la base o parte integral de cualquier proceso de diseño comercial. La estructura básica DFSS esta formada por DMADV definir, medir, analizar, diseñar e implementar [18].

- **Definir.** Es una carta de comprensión del proyecto por parte del equipo. Es un trabajo en el cual se establecen las reglas, expectativas y los recursos con los cuales contara el equipo de trabajo. Esta etapa es semejante al Cuestionario de Situación Innovativa donde se hace una completa descripción del caso, se conocen los sistemas, las definiciones de los problemas, se identifican las funciones útiles primarias y las perjudiciales del sistema, se describen los recursos del sistema.

Aquí el despliegue de la función de Calidad (QFD) juega un papel muy importante porque permite traducir las demandas del consumidor en requerimientos técnicos apropiados para la compañía durante cada una de las diferentes etapas del ciclo de desarrollo de un producto. Por lo cual el QFD es una herramienta poderosa para la planificación de proyecto o servicios.

- **Medir.** El objetivo de esta etapa es determinar si el sistema se encuentra bajo control, determinar la capacidad inicial del proceso, establecer un sistema

adecuado de medición, validar el sistema de medición, determinar datos y verificar la normalidad de los datos.

- **Analizar.** El objetivo de esta etapa es determinar las variables de X's vitales que afectan al proceso, reducir la complejidad del sistema al mínimo de variables significativas y modelar un ecuación representativa del proceso.
- **Diseño.** Exactamente como el diseño se realiza en la práctica dependerá de la magnitud del trabajo de diseño y de las habilidades técnicas requeridas. Se pretende solucionar problemas de inventiva y desarrollar detalles de diseño.
- **Validación.** El objetivo en esta etapa es tener un prototipo completamente evaluado y probado listo para ser implementado. Se realiza una reevaluación y los últimos ajustes antes de pasar las etapas y lanzar al mercado el producto o servicio.

Los proyectos DFSS típicamente presentan las siguientes características: son de gran alcance en presupuesto o impacto para la empresa, proyectos que requieren de cambios exponenciales, proyectos de diseño mayor son asumidos, introducción de nuevos productos, servicios, procesos y tecnologías.

Los proyectos seleccionados bajo los criterios anteriores se inician con la creación de un concepto de solución vital el cual puede ser apoyado mediante la realización de un benchmarking a los competidores del producto.

Posteriormente a ello se debe de continuar con el enfoque orientado al cliente identificando las necesidades del mismo alrededor de la solución propuesta. La herramienta idónea a utilizar es la función de despliegue de la calidad total QFD para encontrar los métricos críticos para la calidad. [18]

Seis Sigma como herramienta no se encuentra preparada para la innovación, por lo cual en los momentos que se topa con la barrera de los 4.5 se puede decir que

este proceso ya no puede ser optimizado y requiere de herramientas que permitan cambios en el diseño de los procesos es aquí donde DFSS juega su papel importante ya que introduce herramienta que permiten la innovación en el diseño de los procesos y productos.

Capítulo IV

4. Caso Práctico.

Debido a las limitantes enfrentadas para encontrar una empresa tipo Seis Sigma se utilizaron dos situaciones prácticas de una empresa A que practica la excelencia y utiliza herramientas de calidad muy fuertes por lo cual se puede considerar como una empresa semejante.

A lo largo del capítulo se analizaron dos casos prácticos y en uno de ellos se aplicó la metodología TRIZ por lo requerimientos del problema. De tal forma, se trató de demostrar a los miembros de un departamento de la empresa como TRIZ ayuda a conocer y visualizar problemas de una manera clara y a proponer alternativas de solución. Se utilizó la paquetería TRIZ como ayuda para el establecimiento de las ideas de solución.

4.1. Antecedentes de los problemas

Resultado de las evaluaciones realizadas por una empresa B externa a clientes del mercado internacional sobre aspectos funcionales, tales como:

Los estudios son encuestas realizadas a los clientes sobre diversas características como :

- Aire Acondicionado y Ventilación
- Asientos
- Sistema de sonido.
- Ejecución y desempeño.
- Características y controles.
- Frenos.
- Alineación y balanceo.
- Interiores y exteriores
- Ingeniería.

A continuación se colocan las tablas de evaluación sobre las características de los sistemas de aire acondicionado y ventilación de los modelos medios que se encuentran en el mercado. La letra O es utilizada para indicar los autos de los competidores de diferentes marcas y la letra P indica los modelos competidores de la empresa. Los valores observados son referentes al número de menciones realizadas por los clientes sobre la característica problemática. Un valor alto indica una evaluación negativa y un valor menor indica una calificación buena en la característica evaluada.

HVAC	Modelo Medio						
	O1	O2	O3	O4	P1	P2	O4
Air Cond: NWP	0.00	0.31	0.00	0.68	0.26	0.25	0.00
Air Cond: Noisy	0.39	0.00	0.38	0.68	0.43	0.40	0.00
Air Cond: Not Cold Enough	0.39	0.62	1.15	1.37			1.40
Heater: NWP	0.00	0.00	0.00	0.68	0.43	0.40	0.00
Heater: Dsn't Get Hot Enough	1.16	1.55	1.80	0.34	1.19	1.28	0.00
Fan/Blower: NWP	0.39	0.10	0.00	0.68	0.00	0.00	1.20
Fan/Blower: Noisy	0.00	0.31	1.53	1.37	1.43	1.35	0.00
Front Defroster	0.00	0.10	0.00	0.00	0.26	0.25	0.00
Rear Defroster	0.00	0.10	0.00	0.00	0.17	0.16	0.00
Heater smell	0.39	0.31	0.38	0.34	0.43	0.40	1.20
Windows Fog Up A Lot	1.65	1.65	1.16	3.41	3.18	2.99	1.20
Can't Maintain Desired Temp	0.39	0.93	0.90	1.37	1.53	1.44	0.00
Bad Smell AC		4.10	4.00	4.00			4.00
HVAC Controls	0.78	1.24	0.38	0.34	0.00	0.16	1.20
Other HVAC	0.87	1.03	0.38	1.02	1.19	0.50	1.20
Subtotal Problems	10.61	12.35	12.06				11.40

Tabla 12. Evaluación de autos modelo medio para el sistema de AC

Las características del sistema de AC evaluadas por el cliente son la eficiencia del sistema, el calentamiento del aire, el ruido por compresor o por ventilador, el mal olor entre otras.

Resultado de esta evaluación la empresa externa establece la relación entre la cantidad de personas encuestadas y asigna valores los cuales representan las

cantidad de sub-problemas que presenta el sistema. Es evidente la existencia de tres autos con las calificaciones más altas en cuanto a cantidad de problemas en esta categoría y dentro de ellas se encuentran dos autos de la compañía destacando sus malas calificaciones en el aspecto de mal olor y el enfriamiento del aire no suficiente.

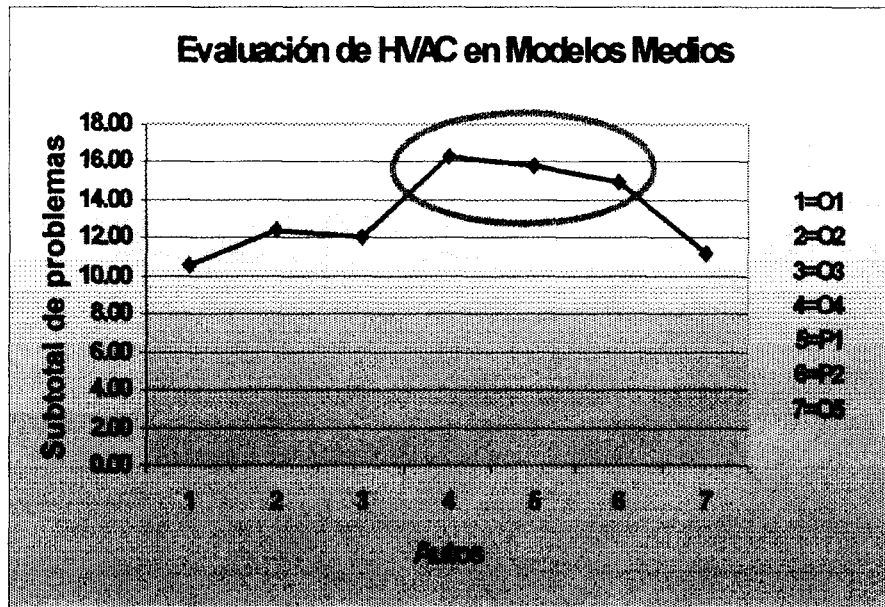


Fig.10 Gráfico de autos vs. Subtotal de problemas categoría modelos medios.

La grafica muestra que los dos autos de la empresa presentan un gran número de problemas en esta categoría.

Por otro lado se colocan las tablas de evaluación sobre las características de los sistema de aire acondicionado y ventilación de los modelos categoría premium compact medios que se encuentran en el mercado. La letra O nuevamente es utilizada para indicar los autos de las competidores de diferentes marcas y la letra P indica los modelos de la empresa.

Modelo Premium Compact									
HVAC	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9
Air Cond: NWP	0.00	0.00	1.07	0.35	0.69	0.17	0.00	0.37	0.00
Air Cond: Noisy	0.00	0.00	0.23	0.35	0.35	0.35	0.00	1.46	0.47
Air Cond: Not Cold Enough	0.49	0.78	0.23	0.70		0.17	0.00	0.73	0.00
Heater: NWP	0.00	0.39	1.30	0.00	0.33	0.21	0.00	0.00	0.47
Heater: Dsn't Get Hot Enough	0.49	1.17	0.85	1.84	0.68	0.95	0.00	0.73	0.00
Fan/Blower: NWP	0.36	0.00	0.62	0.00	0.36	0.00	0.00	0.37	0.00
Fan/Blower: Noisy	0.00	0.78	2.99	1.68	0.46	0.55	1.40	2.92	3.27
Front Defroster	0.00	0.00	0.85	0.43	0.52	0.55	0.00	0.37	0.00
Rear Defroster	0.36	0.00	0.23	1.96	0.71	0.41	0.00	0.00	0.93
Heater smell	0.85	0.00	0.62	0.07	0.66	0.38	0.00	0.73	2.19
Windows Fog Up A Lot	4.60	2.72	1.75	3.61	3.68	1.55	1.40	1.83	4.53
Can't Maintain Desired Temp	1.48	0.78	1.63	0.92	1.37	0.21	0.00	0.00	1.87
Bad Smell AC	3.60	3.50	4.00	3.40	4.10	4.10	3.70	3.50	
HVAC Controls	0.99	0.00	1.24	1.06	0.85	1.34	0.00	1.10	1.26
Other HVAC	0.63	1.17	1.35	0.27	0.63	0.58	2.80	0.73	0.47
Subtotal Problems	13.85	11.29	18.96	16.64	16.71	11.52	9.30	14.84	

Modelo Premium Compact (cont.)											
HVAC	O10	O11	P1	O12	O13	O14	O15	O16	O17	O18	P2
Air Cond: NWP	0.43	0.00	0.00	0.72	0.00	0.34	0.66	0.00	0.00	1.74	0.37
Air Cond: Noisy	0.43	0.00	0.65	0.36	0.36	0.34	0.00	0.63	0.00	1.31	0.37
Air Cond: Not Cold Enough	0.43	0.35	0.32	0.36	1.69	0.69	0.98	1.43	0.81	0.87	0.37
Heater: NWP	0.00	0.00	0.00	0.72	0.36	0.83	0.00	0.32	0.40	0.44	0.00
Heater: Dsn't Get Hot Enough	1.28	1.41	0.00	0.72	0.87	1.17	0.33	0.32	0.00	0.44	2.98
Fan/Blower: NWP	0.43	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.66	0.48	0.00	0.00	0.00
Fan/Blower: Noisy	0.85	1.41	2.23	0.72	1.07	1.72	0.98	1.43	2.02	2.18	1.48
Front Defroster	0.23	0.35	0.32	0.72	0.00	0.34	1.97	0.64	0.81	1.47	0.37
Rear Defroster	0.43	0.70	0.61	0.72	0.36	1.38	0.66	0.48	0.40	0.00	0.00
Heater smell	0.85	0.35	0.61	1.45	0.72	1.72	0.66	0.80	0.40	0.87	1.14
Windows Fog Up A Lot	4.73	2.81	1.22	6.15	2.40	1.72	7.99	3.49	4.95	2.61	2.24
Can't Maintain Desired Temp	0.85	0.70	0.93	0.00	1.07	0.34	1.97	1.59	2.02	0.87	0.74
Bad Smell AC	3.80	3.50		4.00	3.50	5.00		4.00	3.50	3.50	
HVAC Controls	0.00	0.70	0.93	0.00	1.43	0.83	1.31	0.16	0.40	0.00	1.48
Other HVAC	1.71	0.70	0.65	1.81	1.07	1.03	0.66	1.11	0.81	2.77	3.38
Subtotal Problems	16.45	13.33	12.97	18.45	14.90	17.45	23.13	16.88	16.52	19.07	

Tabla 13. Evaluación de autos modelo premium compact para el sistema de AC

Resultado de la evaluaciones de los autos de la empresa, uno de ellos con la segunda calificación más alta en cuanto a la cantidad de problemas presentes

en esta categoría, mientras que el otro se encuentra entre los que presentan menos problemas . Sin embargo, en la característica de mal olor también presentan valores altos y en enfriar suficiente se encuentra por encima de la media.

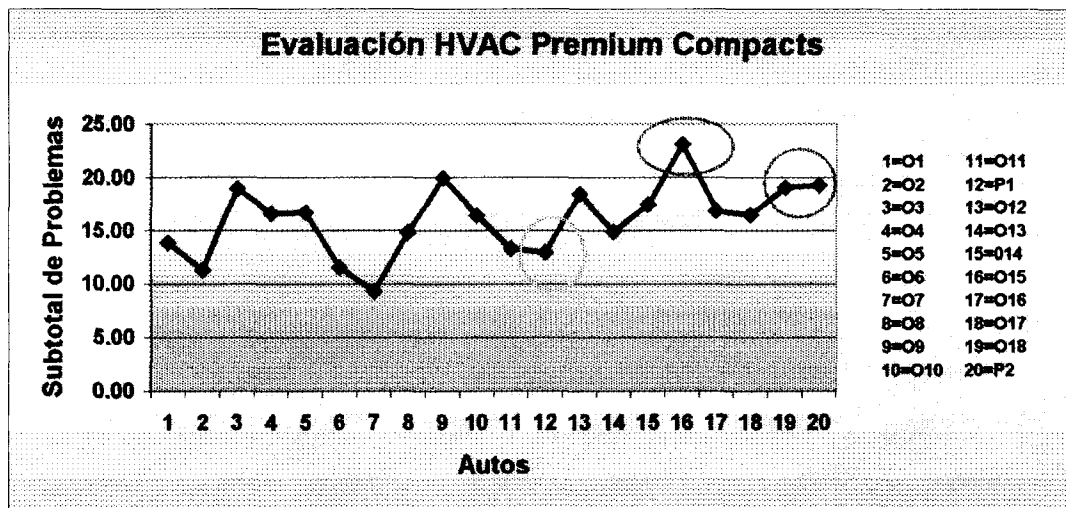


Fig. 11 Gráfico de autos vs. Subtotal de problemas categoría modelos Premium Compacts.

La gráfica remarca cuales son los autos que presentan más problemas en esta categoría y en que posición se encuentra el otro auto de la compañía que se encuentra entre los mejores de la categoría (posición 12 en la gráfica).

Dentro de estas evaluaciones se encontró que de los autos de la compañía solo uno en la categoría modelo Premium Compact esta clasificado entre los mejores mientras que los demás presentan malas calificaciones en las características de no enfriar suficiente, mal olor en los sistemas y en que las ventanas se empañan demasiado.

Debido a esto y la verificación del excesivo gasto por garantías por este aspecto del aire acondicionado, la empresa A sintió la necesidad de implementar

medidas de mejora y establecer si es necesario realizar algún cambio al sistema para la próxima generación de autos.

4.2. Descripción y definición del problema (Caso 1).

En este momento es importante hacer notar que el punto de partida para seleccionar problemas o proyectos son estas evaluaciones anuales y los reportes de gastos por garantías recibidos por parte de los ingenieros residentes para todos los aspectos funcionales que se mencionaron anteriormente. Para los casos analizados se utilizó una metodología semejante al DMAIC, para el primer pasos fue la definición del problema y descripción del problema.

Dentro del desarrollo del problema se establecieron una serie de preguntas acerca de que en realidad podía estar provocando esta deficiencia, el equipo en el que se colaboró estableció como prioridad realizar una inspección a las operaciones realizadas para el llenado de refrigerante dentro del proceso de ensamble del auto con la finalidad de encontrar posibles desviaciones y posteriormente se dio a la tarea de determinar una escala para poder evaluar que tanto es no enfriar suficiente.

Definición. Existe un problema con la característica no enfriar suficiente en lo sistemas de AC de la compañía de acuerdo a las evaluaciones de este, también de acuerdo a los reportes emitidos por los ingenieros residentes se han tenido gran cantidad de pagos por garantía debido al servicio brindado por las concesionarias (información que no se permite su divulgación fuera de la empresa).

Métrico: El métrico principal a medir sería la cuantificación de que tanto es el no enfriar suficiente pero por falta de métodos para la medición de esta variable de respuesta se mide la variable de entrada al sistema que es la cantidad en peso (gm) de refrigerante R-134^a con los que se llena el sistema de AC en la

línea de ensamble y un métrico secundario a medir fue la hermeticidad del sistema mediante una prueba de vacío en el sistema y una verificación de fugas en las uniones y mangueras del sistema. Basados en los reportes emitidos por el departamento de Centro de Pruebas el cual audita 3 autos al día de los diversos modelos, se observó un aumento en la variabilidad del proceso, estas gráficas no son ni cerca un control estadístico del proceso solo son parte de un reporte semanal que se emite a todas las áreas relacionadas con el sistema.

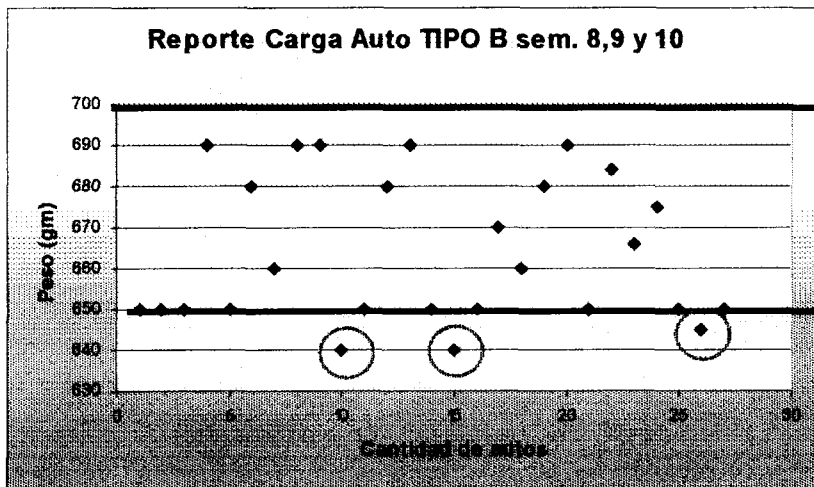
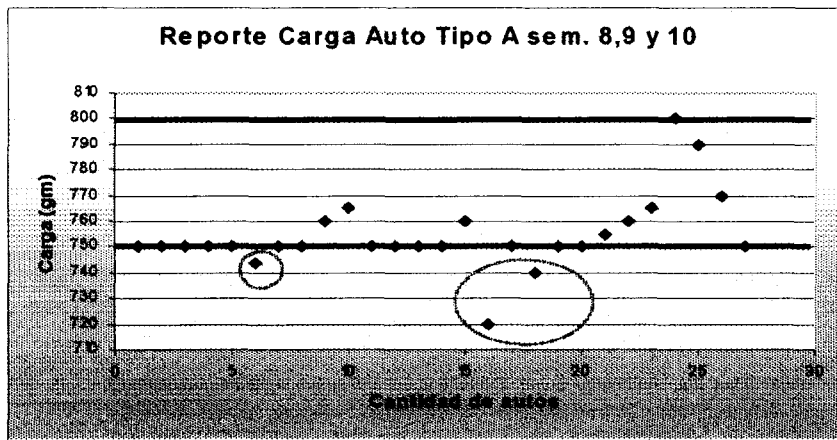


Fig. 12 Reporte Semanal de Pruebas.

Como se observan en las gráficas anteriores se han presentado fallas en el sistema de llenado de ambos autos, además de presentar un alta variabilidad dentro de la especificación por lo cual se han decidido tomar medidas correctivas a estos problemas.

Una vez tomados como base los reportes anteriores se fue a piso y se observó que existía una falta de control en los procesos de llenado y verificación de hermeticidad de los sistemas de aire acondicionado con refrigerante R-134^a en la línea de ensamble del automóvil. El equipo de llenado es semi-automatizado, y solo se utilizan operarios para las acción de conectar o desconectar boquillas de mangueras de llenado.

Una de las primeras medidas de mejora fue en el de crear una prueba que permita establecer un control estadístico del proceso el cual nos permita monitorear la variable deseable.

4.3. Clasificación del problema (Caso 1).

Durante el desarrollo del caso 1 se identificaron las posibles desviaciones que están originando el problema, como la falta de refrigerante, fugas en el sistema y las extremas condiciones ambientales de temperatura y humedad. Al conocer las posibles causas del problema se clasifica al problema como un problema sencillo, en el cual el establecimiento de medidas de control en el proceso arrojará mejoras.

4.3.1. Análisis y Alternativas de solución Caso 1.

Al clasificar el caso 1 en un problema potencialmente resuelto con recursos existentes se estableció que existen dos causas importantes que afectan al rendimiento del sistema: la existencia de fugas en el sistema y la otra es la falta de refrigerante R-134 en el sistema es decir estar fuera de especificaciones.

Detectadas estas deficiencias en el proceso se procedió a corregirlas y observar si esto mejoraba las condiciones de eficiencia del sistema para ello se atacaron los problemas de la siguiente manera:

1. Se compraron detectores de gas refrigerante para monitorear las uniones y mangueras del sistema.
2. Se consulto el manual del equipo y se encontró que en el protocolo del mismo la maquina es capaz de imprimir la cantidad de refrigerante que se inyecta al sistema en el proceso de ensamble. Por lo cual se programo el protocolo para que descargue el dato y se coloque dicho protocolo en la tarjeta viajera del vehículo.
3. Se diseña una prueba para llevar el control estadístico del proceso en cada una de las cuatro alimentadoras de la maquina de llenado.

El equipo de trabajo con el cual se colaboró se concentro en el diseño de la prueba para lo cual se tomaron algunos conceptos básicos de funcionamiento de las máquinas de llenado y vacío usadas en los talleres de la planta.

El principio de funcionamiento es sencillo a continuación se describe: Esta maquina actúa bajo una bomba de vacío que lleva el refrigerante del sistema de AC del auto a un tanque a presión cargado con refrigerante aproximadamente 5 Kg. , este tanque esta colocado sobre una báscula con display digital que registra el peso del tanque antes y después de la extracción.

Así, se sugerimos la compra de recipientes a presión con la capacidad para cargar 750 gm de refrigerante y con entrada para las válvulas de llenado de la máquina. Con la presencia de los tanques se sacaron de secuencia una por una las góndolas encargadas del llenado, el tanque que como se sabe tiene un

peso conocido y después de la carga se vuelve a pesar de tal manera a cada principio de turno se verifican las góndolas y ahora se lleva acabo un gráfico de control para monitoreo del proceso en esta operación.

Se realizó una prueba evaluatoria del tiempo de enfriamiento en contra de dos factores la temperatura y la humedad. Los resultados permiten conocer el tiempo que tarda en bajar la temperatura de la cápsula interior del sistema a una temperatura aproximada de 23° C. Estos datos fueron comparados mediante un benchmarking con los competidores y los resultados alcanzados fueron satisfactorios y muy por arriba de la media de los competidores. Como ayuda para el cliente se pretende anexar en el manual del usuario los tiempos que tardaría su equipo bajo las condiciones mencionadas en enfriar el habitáculo.

Temp(°C)	Humedad	Tiempo (seg)
30	35	240
70	35	390
70	35	372
70	80	438
30	80	270
30	35	192
30	80	180
70	80	450

Tabla.14 Resultado del tiempo bajo condiciones de temperatura y humedad determinadas.

4.4. Definición y descripción del problema Caso 2.

Definición: Como resultado de las evaluaciones los autos fabricados por la empresa tuvieron una calificación baja en la característica de mal olor o presencia de olor a humedad en el sistema , además de que se han presentado reclamos en campo , aunque ligeramente fuera de los periodos de garantía.

Sin embargo la empresa se encuentra preocupada por el grado de insatisfacción del cliente que tienen los clientes que se quejan de un mal olor u

olor a humedad en el interior del auto inmediatamente que conectan el sistema de aire acondicionado después de este periodo de tiempo.

Observando las estadísticas de los reclamos el intervalo de tiempo desde que es nuevo hasta que presenta el mal olor varía en promedio de 2 a 3 meses después del primer año de uso de acuerdo a las condiciones de clima y humedad de la ciudad en la cual radica el cliente.

4.5. Clasificación del problema (Caso 2).

El Caso 2 resulta peculiar ya que primero se decidió que era un problema posible de resolver con los recursos existentes. Sin embargo con el tiempo y al implementar pruebas de control que pretendieron evaluar cuantitativamente los olores en los autos y garantizar que los autos no salen con mal olor, se observó que las calificaciones en las evaluaciones siguientes no mejoraron como se esperaba.

Por lo tanto el problema no ha sido solucionado, aunque sea ha trabajado e invertido dinero y tiempo por distintas instancias, implementando pruebas, desarrollando medidas de control y garantizando que los autos no se venden con mal olor. El problema se encuentra estancado, debido a que no se establecieron las causas reales que originan el problema.

Al invertir tiempo y dinero en vano el problema fue clasificado en los problemas complejos. De tal manera se sugirió de alguna manera comenzar a utilizar la herramienta TRIZ para definir el problema y conocer realmente causas que podrían originar el mal olor mediante la reproducción del problema.

4.5.1. Trabajos anteriores sobre el Caso 2.

La situación mencionada con anterioridad ha representado una calificación no satisfactoria para la empresa en los últimos 4 años por lo cual se está dejando una mala imagen a los clientes. Sin ser un problema principal la empresa está interesada en conocer las posibles causas que originan el problema para establecer las mejoras correspondientes en las siguientes plataformas.

La situación problemática se analizó de diferentes maneras, se conoció el efecto que hace evidente el problema, sin embargo mediante estos trabajos no se había encontrado la causa de origen.

4.5.2 Primera alternativa de solución realizada.

Mejora: En primera instancia se trabajó sobre el establecimiento de una prueba de control que garantizara y permitiera el monitoreo del olor en los autos nuevos. La cual consistió en la exposición al sol de autos nuevos apagados durante un tiempo prolongado, posteriormente se encendía el AC y se evaluaba el olor en los difusores mediante la olfatometría, una prueba utilizada en otras empresas del mismo consorcio para permitir la cuantificación de la percepción del olor mediante el sentido del olfato de los humanos como sensores.

Se establecieron clasificaciones en 5 niveles:

- 1. Sin olor**
- 2. Olor agradable**
- 3. Olor presente**
- 4. Olor molesto**
- 5. No tolerable**

Una vez implementada en proceso a una cierta cantidad de autos por día se estableció que existía la garantía de que los autos no salían con mal olor.

Efectivamente, se estableció una evidencia estadística de carencia de mal olor en autos nuevos. Sin embargo, llegando las evaluaciones nuevamente las calificaciones en esta área resultaron bajas, lo cual hizo que el problema se estacará y no fuera replanteado de la manera correcta.

4.6. Aplicación de TRIZ.

El problema es seleccionado por que ya se encontraba en una especie de letargo debido a que no existe una mejora sustancial en las evaluaciones aunque se han implementado las acciones que pretenden mejorar, se trabajo en el camino erróneo. Lo más importante de la selección de este caso es el tratar de diferenciar el trabajo anterior y el trabajo actual con TRIZ.

Los encargados de este sistema por el área de calidad se encuentran trabajando con la idea de presentar una propuesta de mejora sobre este tema para futuros modelos. Por lo tanto este problema fue abordado con la metodología TRIZ para observar que resultados pueden ser obtenidos.

Mediante el llenado del cuestionario de situación innovativa (ver, Anexo 2) se observo el problema de una manera más clara, se establecieron las funciones benéficas y perjudiciales que ocurren cuando el sistema se encuentra en funcionamiento. Se visualizaron las posibles causas que originan el problema y se estableció una hipótesis de causa del problema .

4.6.1. Hipótesis de Causa y efecto.

Al observar la modelación del sistema, al definir los recursos, la función útil primaria y las posibles funciones perjudiciales se observó un efecto que no se había considerado anteriormente el efecto de la condensación ocurrido en el evaporador. El intercambio de calor entre el aire circundante y el refrigerante que pasa por el interior del evaporador favorece la condensación de la humedad presente en el aire acumulando una cierta cantidad de gotitas de agua en el

interior de la caja de aire la cual es desalojada por gravedad hacia una salida o drene.

Sin embargo, se supone que por adherencia queda pegada una cantidad de agua mínima en las paredes del evaporador y la caja de aire la cual contiene cierta sustancia orgánica. El agua al dejar de estar en funcionamiento el AC queda estancada y eso favorece el crecimiento de sustancias orgánicas presentes en el agua por los efectos de la sudoración y el aire ambiente en el interior de la caja, las cuales al estar en condiciones cerradas y de alta temperatura favorecen el crecimiento y reproducción de microorganismos u hongos que crean colonias más grandes. En el momento que son lo suficientemente grandes al prender el AC desprenden sus esporas y causan un mal olor por instantes.

Para comprobar la hipótesis sobre el origen del problema se utilizó el método de crear o reproducir el problema con los recursos existentes dentro de la planta.

4.6.2. Comprobación de Hipótesis de la posible Causa del Problema.

Mediante el diseño de un experimento de dos niveles con tres factores se pretende comprobar que existe flujo de agua en el interior de la caja de aire y la existencia de un porcentaje de agua con sustancias orgánicas que queda estancada en el interior de la misma.

Los factores que se tomaron en cuenta en el experimento son la temperatura, la humedad relativa y el tiempo de manejo, el experimento se lleva a cabo en una cámara de clima en la cual se controlan los parámetros de temperatura y humedad durante un determinado tiempo de manejo. Para detectar la cantidad de agua que fluye hacia fuera del sistema se colocó un globo en el orificio de desagüe que se encuentra detrás de la pared de fuego que aísla como se observa en el Fig.13 el interior del auto de la zona del compartimiento del motor.

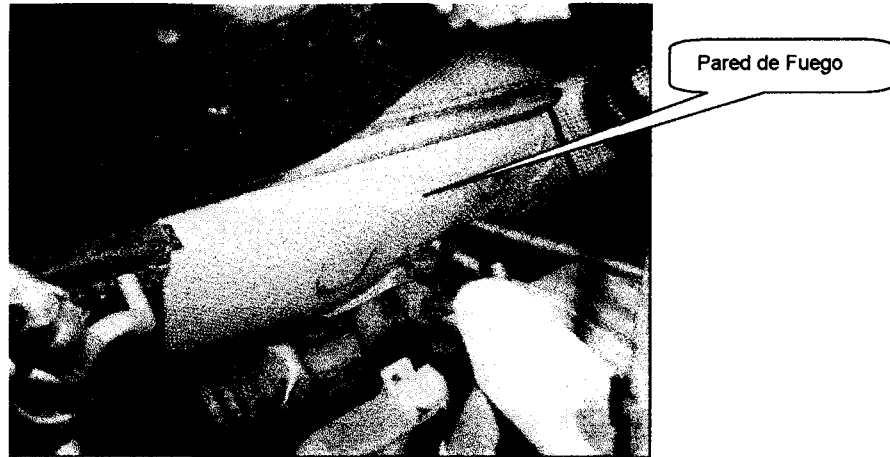


Fig. 13 Pared de fuego.

En la Fig.14 se observa un orificio por el cual se introdujo un globo para captar el agua que arroja el sistema por efecto de la condensación para conocer la cantidad de agua arrojada.

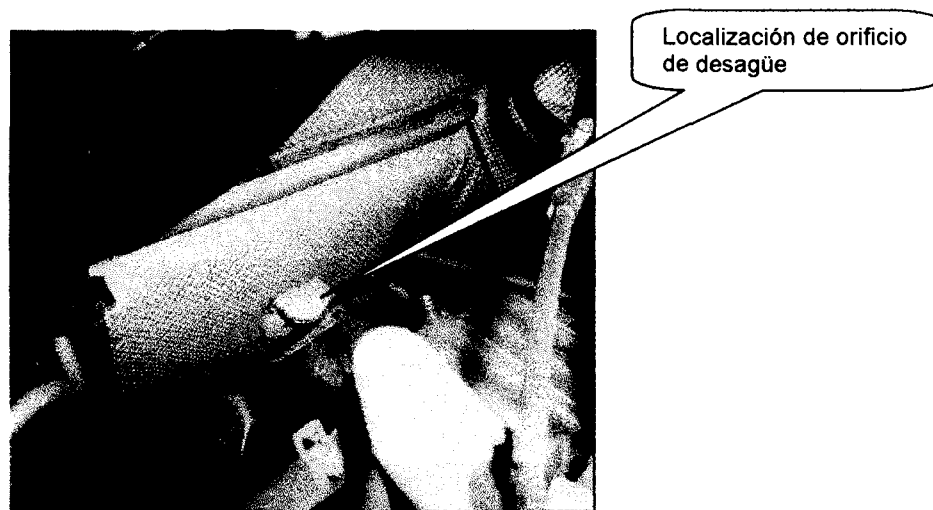


Fig. 14 Localización del desagüe.

Se propuso la realización de un diseño factorial de dos niveles con tres factores 2^3 con dos replicas para comprobar la presencia de agua en el sistema y para obtener una muestra del agua con el objetivo de realizarle un análisis cualitativo de las sustancias presentes. Los factores son elegidos de los reportes que

mencionaban que la temperatura y el % de humedad influían en el mal olor. Los tres factores utilizados en los experimentos fueron el tiempo, la humedad relativa y la temperatura. Los experimentos se realizaron en un cámara climatizada la cual se le puede variar la temperatura y el % de humedad.

Mediante el software estadístico Minitab se realizó el diseño del experimento estableciendo los siguientes niveles en los factores:

- Temperatura, nivel alto 70°C , nivel bajo 30° C
- Humedad relativa, nivel alto 70%, nivel bajo 30%
- Tiempo de manejo, nivel alto 40 min. , nivel bajo 20 min.

En la tabla siguiente se observan el orden de las corridas, lo valores en niveles e los factores y las columnas de la variables de respuesta que son la cantidad de agua captada AC (ml) y la cantidad de agua adherida AD (ml). Esta variable de respuesta fue adquirida mediante la captación del agua por medio de un globo colocado en drene del agua y el agua acumulada por la parte del habitáculo del automóvil se introdujo un papel absorbente para captar el agua que queda pegada en las paredes del evaporador y de la caja de aire.

El olor no fue posible medirlo debido a que las pruebas se realizan a autos nuevos y esta falla se presenta después de un tiempo indeterminado de uso. Recordemos que el mal olor se le atribuye a la presencia crecimiento en la cantidad de hongos y microorganismos dentro de la caja , las cuales al ser lo suficientemente grandes al entrar en funcionamiento el AC sus esporas viajan y arrojan el mal olor.

Los resultados arrojados por el experimento son los siguientes:

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Temperatura	Humedad	Tiempo(min)	AC(ml)	AD(ml)
8	1	1	1	70	70	40	31.2	12.4
5	2	1	1	30	30	40	16	6.5
4	3	1	1	70	70	20	25.5	9.1
11	4	1	1	30	70	20	17.6	7.4
12	5	1	1	70	70	20	22.3	8.5
6	6	1	1	70	30	40	20.5	7
15	7	1	1	30	70	40	23.4	7.5
16	8	1	1	70	70	40	29.2	11.5
14	9	1	1	70	30	40	20.3	7.5
1	10	1	1	30	30	20	11.5	6.5
9	11	1	1	30	30	20	10.5	5.8
2	12	1	1	70	30	20	14.3	7
13	13	1	1	30	30	40	13.5	7.2
3	14	1	1	30	70	20	16.2	8.1
10	15	1	1	70	30	20	12.2	6.2
7	16	1	1	30	70	40	24	8.5

Tabla 14. Experimento y resultados sobre la presencia de agua.

La respuesta al experimento es la cantidad de agua captada por el globo la cual se llamara AC (agua acumulada) mientras que el agua adherida a las paredes del evaporador y de la caja de aire se denomina con AD. Se realiza el análisis del experimento arrojando los siguientes resultados.

Fractional Factorial Fit: AC(ml) versus Temperatura, Humedad, Tiempo
Estimated Effects and Coefficients for AC(ml) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		19.2625	0.3323	57.98	0.000
Temperat	5.3500	2.6750	0.3323	8.05	0.000
Humedad	8.8250	4.4125	0.3323	13.28	0.000
Tiempo	6.0000	3.0000	0.3323	9.03	0.000
Temperat*Humedad	1.4000	0.7000	0.3323	2.11	0.068
Temperat*Tiempo	0.7250	0.3625	0.3323	1.09	0.307
Humedad*Tiempo	0.5500	0.2750	0.3323	0.83	0.432
Temperat*Humedad*Tiempo	-0.9750	-0.4875	0.3323	-1.47	0.180

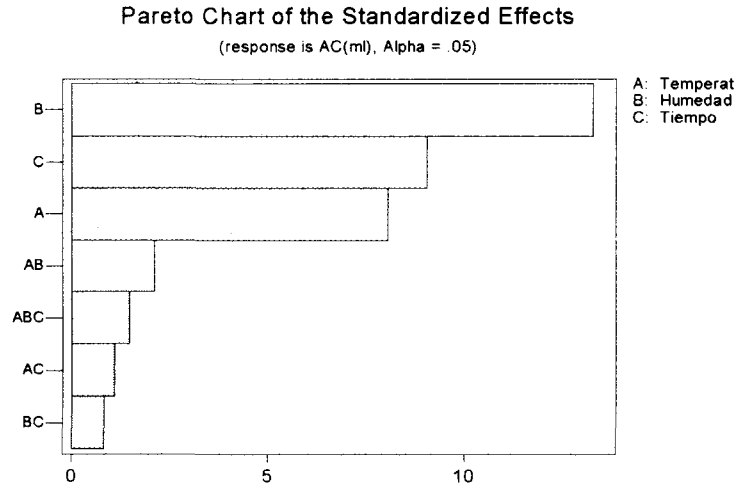


Fig. 15. Gráfica de efectos significativos para el Agua acumulada.

Como se puede observar que existe evidencia estadística que nos indica que los tres efectos principales son significativos en la presencia de agua por condensación en el sistema.

En cuanto al agua adherida los resultados arrojados por el experimento son los siguientes:

Fractional Factorial Fit: AD(ml) versus Temperatura, Humedad, Tiempo

Estimated Effects and Coefficients for AD(ml) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		7.62500	0.1613	47.27	0.000
Temperat	0.95000	0.47500	0.1613	2.94	0.019
Humedad	3.15000	1.57500	0.1613	9.76	0.000
Tiempo	0.77500	0.38750	0.1613	2.40	0.043
Temperat*Humedad	0.25000	0.12500	0.1613	0.77	0.461
Temperat*Tiempo	0.07500	0.03750	0.1613	0.23	0.822
Humedad*Tiempo	0.32500	0.16250	0.1613	1.01	0.343
Temperat*Humedad*Tiempo	0.22500	0.11250	0.1613	0.70	0.505

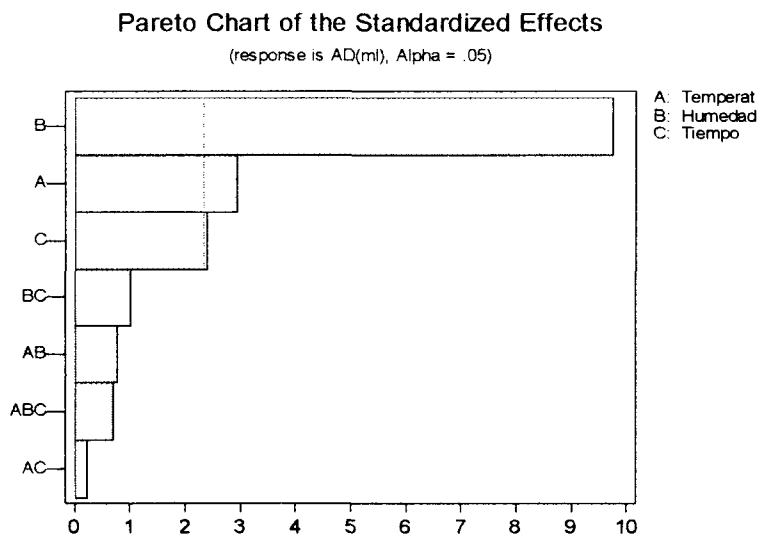


Fig. 16. Gráfica de efectos significativos para agua adherida

También se puede afirmar que existe evidencia estadística de que los efectos principales son significativos para la presencia de agua adherida en el sistema. Posteriormente una vez captada el agua generada por el sistema se almacenó en vasos de precipitado y se llevó a un laboratorio de la empresa para realizar un análisis cualitativo sobre la presencia de elementos orgánicos que favorezcan el crecimiento de colonias de bacterias y hongos que puedan producir mal olor, arrojando los siguientes resultados:

A C (m l)	A D (m l)	A n a . C u a l
31.2	12.4	Si
16	6.5	Si
25.5	9.1	Si
17.6	7.4	Si
22.3	8.5	Si
20.5	7	Si
23.4	7.5	Si
29.2	11.5	Si
20.3	7.5	Si
11.5	6.5	Si
10.5	5.8	Si
14.3	7	Si
13.5	7.2	Si
16.2	8.1	Si
12.2	6.2	Si

Tabla 15. Resultados de presencia de Substancias orgánicas.

Como podemos observar si existen sustancias que favorecen el crecimiento de hongos y bacterias en esta agua estancada, la cantidad de sustancias orgánicas en estas muestras no es lo suficientemente grande en este instante para decir que provocan el mal olor pero si se puede decir que el uso recurrente del clima va a originar en un futuro el crecimiento de las colonias de hongos y microorganismos por lo cual se afirma que se ha comprobado parte de la hipótesis sobre la causa que origina el problema y en adición se conocieron los efectos que influyen en la cantidad de agua formada en el sistema.

Una vez obtenidos los resultados se observa que posiblemente la causa del problema formulada en la hipótesis probablemente sea cierta. Mientras tanto podemos observar que TRIZ puede ayudar a romper la inercia mental y pensar en posibles causas que están originando el problema mediante la reproducción de un posible problema.

Es importante mencionar que el problema aun no esta solucionado pero con base en esta hipótesis se sugiere trabajar en la creación de posibles alternativas de solución con TRIZ. Las alternativas de solución sugeridas deben ser evaluadas por los expertos del sistema.

4.7. Aplicación de Matriz de Contradicciones

Una vez establecida probable causa del problema se procede a analizar el problema mediante la matriz de contradicciones de Altshuller modificada, encontrando las siguientes contradicciones:

Característica degradada / Característica en aumento	42. Manufacturabilidad	32. Adaptabilidad	37. Reparabilidad	31. Efectos secundarios dañinos
26. Cantidad de substancia				3,35,2, 40,26
9. Forma	1. 32. 17. 28	1. 15. 29		
6. Area de un objeto sin movimiento		15. 16.		
47. Complejidad de control			12. 26	

Tabla 16. Matriz de posibles contradicciones en la caja de aire.

Las posibles contradicciones a eliminar en el sistema con los principios de inventiva sugeridos son:

26. Cantidad de substancia vs. 31. Efectos secundarios dañinos: Al pretender disminuir la cantidad de humedad en el sistema se pueden ocasionar efectos dañinos secundarios. Si se seca el aire se esta eliminando la sustancia pero esto causaría irritación en las vías respiratorias del pasajero. Se recomienda utilizar la transformación de los estados físicos y químicos de un objeto, medio ambiente inerte y la calidad local.

En caso de una posible nuevo diseño de la caja las posibles contradicciones a eliminar serian:

9. Forma vs. 42. Manufacturabilidad. Al aumentar la complejidad de la forma para facilitar la salida del agua del interior de la caja de aire se deteriora o se dificulta la manufacturabilidad de la misma.

9. Forma vs. 35. Adaptabilidad. Una mejora en la forma de la caja puede causar un deterioro en la adaptabilidad de la misma al supersistema (auto).

47. Complejidad de control vs. 37. Reparabilidad. La presencia de controles más complejos deterioran la reparabilidad es decir la hacen más difícil.

6. Área de un objeto sin movimiento vs. 32. Adaptabilidad . El aumento o disminución de las dimensiones en el área del objeto sin movimiento (caja de aire) ocasiona el deterioro de la adaptabilidad de la misma al supersistema (auto).

4.8. Modelación del sistema de AC.

Una vez teniendo una probable causa del problema ingenieril presente en el sistema, con la ayuda del paquete Techoptimizer se vacía la descripción obtenida del ISQ (Anexo 2) sobre los datos iniciales, nombre del proyecto, descripción inicial del mismo, objetivos a alcanzar y las limitaciones presentes en el proyecto.

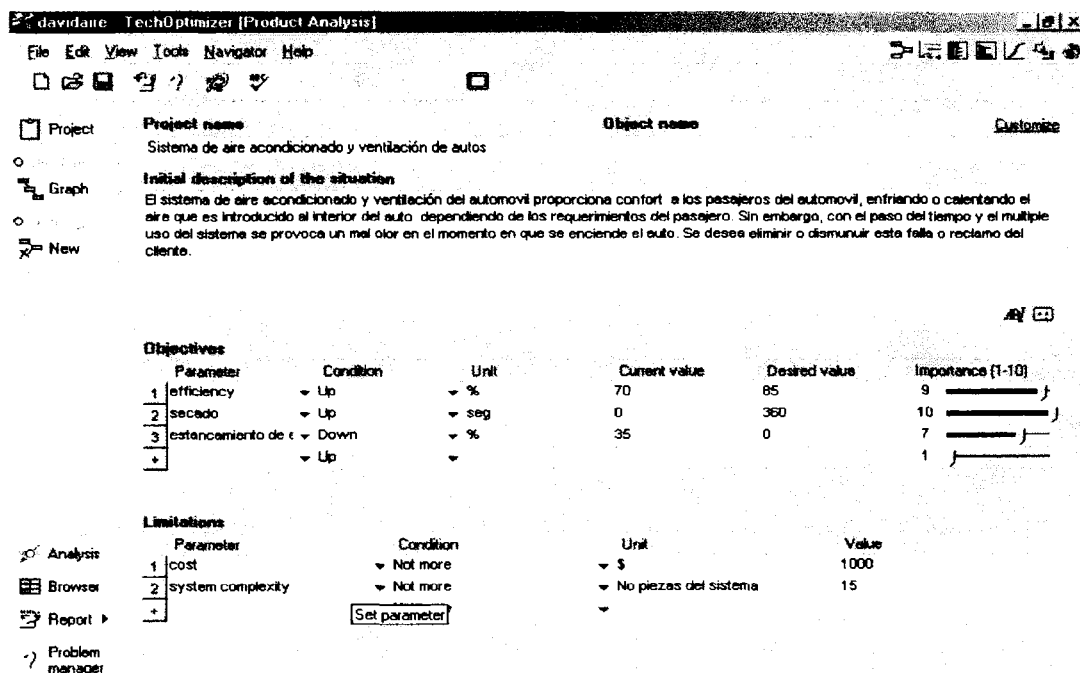


Fig. 17 Descripción y definición del proyecto

Posteriormente se realizó un modelaje funcional en el se describen las funciones existentes entre los elementos del sistema.

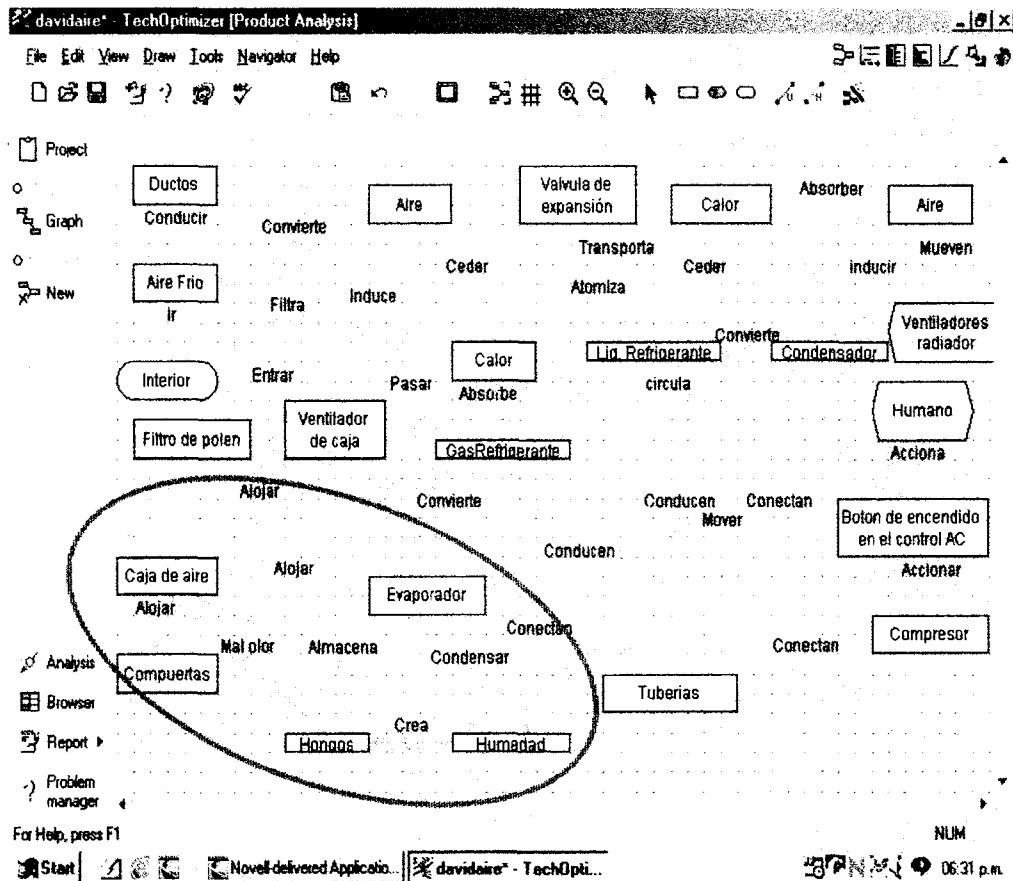


Fig. 18 Modelaje funcional del sistema

En la Fig.18 podemos observar todos los elementos pertenecientes al sistema de ventilación y aire acondicionado, los subsistemas formados por elementos como el compresor, el evaporador, el condensador y la válvula de expansión, la caja de aire, las compuertas, el filtro de aire, etc. ellos se conectan a través de las funciones existentes y con ello se observan cual de ellas causa deterioro o beneficio en el funcionamiento del sistema. Es importante colocar aquí las interacciones que a juicio del analista puedan ser perjudiciales para el funcionamiento del sistema. En nuestro caso fue el efecto de la condensación por lo mencionado en temas anteriores del capítulo.

4.9. Alternativas de solución.

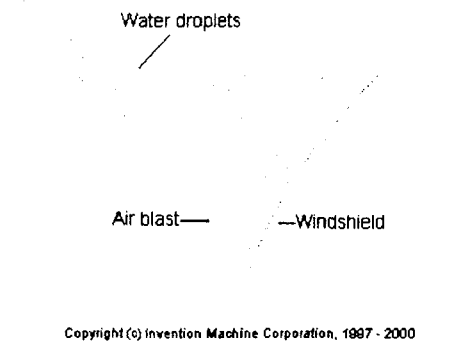
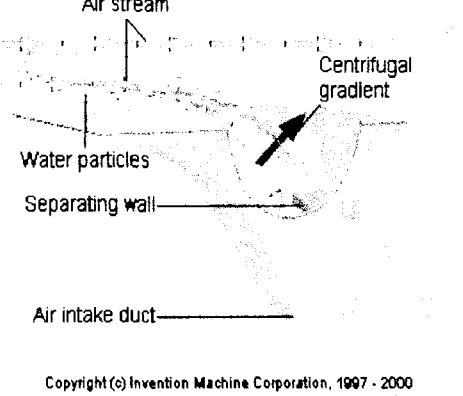
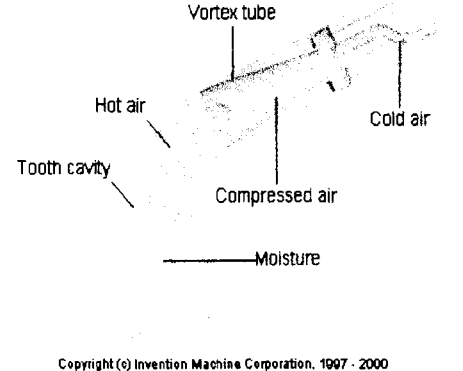
Finalizado el modelaje funcional se comienza con el análisis. Dentro del módulo de efectos del paquete establece relaciones existentes entre los elementos del sistema y sus factores perjudiciales con lo cual se citan los nombres de los posibles problemas a solucionar y su descripción como se observa en la siguiente tabla.

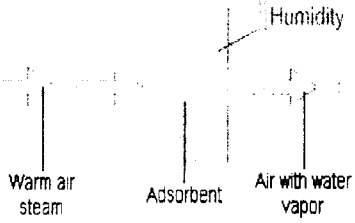
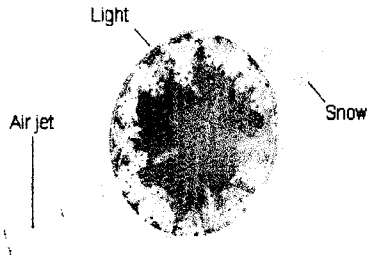
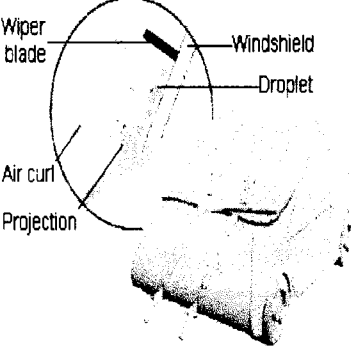
5.1	Problem name: Improvement of remove liquid substances Problem description: How to improve the function remove liquid substances performance?
5.2	Problem name: Improvement of change temperature Problem description: How to improve the function change temperature performance?
5.3	Problem name: Improvement of remove molecular and submolecular particles Problem description: How to improve the function remove molecular and submolecular particles performance?
5.4	Problem name: Improvement of remove particles Problem description: How to improve the function remove particles performance?
5.5	Problem name: Improvement of change humidity Problem description: How to improve the function change humidity performance?
5.6	Problem name: Improvement of dry solid substances Problem description: How to improve the function dry solid substances performance?
5.7	Problem name: Improvement of clean elements of solid substances Problem description: How to improve the function clean elements of solid substances performance?
5.8	Problem name: Improvement of clean chemical compounds Problem description: How to improve the function clean chemical compounds performance?

Tabla 17. Problemas descritos

Definitivamente como se puede observar es muy posible que una de las causas que ocasionan el problema del sistema sea la presencia de agua estancada dentro de la caja de aire del sistema debido al efecto de la condensación. El paquete ayuda a encontrar ciertas alternativas del como limpiar, eliminar, mejorar todos y cada uno de los efectos perjudiciales.

Posteriormente el modulo de efectos sugiere algunas ideas acerca del cómo problemas semejantes prácticos fueron solucionados mediante la aplicación de algún efecto físico, resulta ser muy interesante analizar todos y cada uno de estos efectos y profundizar en los más importantes de los cuales se puede conocer el número de patente para tener un análisis más profundo del concepto

Recomendación	Concepto
<p>5.1 Air blast keeps windshield dry Problem: Improvement of remove liquid substances</p> <p>IM Recommendation: You may solve your problem by analogy of example " Air blast keeps windshield dry ".</p> <p style="text-align: center;">Air blast keeps windshield dry The air blast prevents the water droplets from reaching the windshield</p>	 <p style="text-align: center;">Copyright (c) Invention Machine Corporation, 1997 - 2000</p>
<p>5.2 Centrifugal gradient removes water Problem: Improvement of remove liquid substances</p> <p>IM Recommendation: You may solve your problem by analogy of example " Centrifugal gradient removes water ".</p> <p style="text-align: center;">Centrifugal gradient removes water The centrifugal gradient removes water particles from the curved air stream</p>	 <p style="text-align: center;">Copyright (c) Invention Machine Corporation, 1997 - 2000</p>
<p>5.3 Drying tooth cavities Problem: Improvement of remove liquid substances</p> <p>IM Recommendation: You may solve your problem by analogy of example " Drying tooth cavities ".</p> <p style="text-align: center;">Drying tooth cavities The air heated in a vortex pipe dries tooth channels</p>	 <p style="text-align: center;">Copyright (c) Invention Machine Corporation, 1997 - 2000</p>

<p>5.9 Warm air dries adsorbent</p> <p>Problem: Improvement of dry solid substances</p> <p>IM Recommendation: You may solve your problem by analogy of example " Warm air dries adsorbent ".</p> <p style="text-align: center;">Warm air dries adsorbent A warm air stream dries the adsorbent</p>	 <p style="text-align: center;">Copyright (c) Invention Machine Corporation, 1997 - 2000</p>
<p>5.14 Air jet cleans snow</p> <p>Problem: Improvement of clean elements of solid substances</p> <p>IM Recommendation: You may solve your problem by analogy of example " Air jet cleans snow ".</p> <p style="text-align: center;">Air jet cleans snow An air jet removes snow from the surface of rear lights</p>	 <p style="text-align: center;">Copyright (c) Invention Machine Corporation, 1997 - 2000</p>
<p>5.15 Air curl removes water droplets from windshield</p> <p>Problem: Improvement of clean elements of solid substances</p> <p>IM Recommendation: You may solve your problem by analogy of example " Air curl removes water droplets from windshield ".</p> <p style="text-align: center;">Air curl removes water droplets from windshield The air curl removes the water droplets from the driver's line of vision</p>	 <p style="text-align: center;">Copyright (c) Invention Machine Corporation, 1997 - 2000</p>

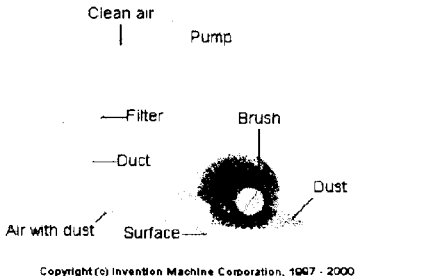
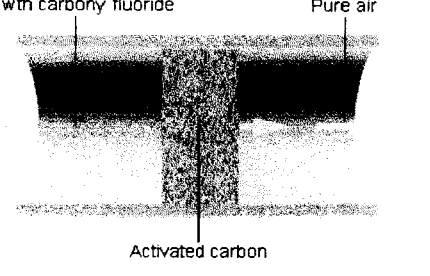
<p>5.16 Air flow removes dust Problem: Improvement of clean elements of solid substances IM Recommendation: You may solve your problem by analogy of example " Air flow removes dust ". Air flow removes dust An air flow removes dust</p>	
<p>5.17 Adsorption of toxic substance from air Problem: Improvement of clean chemical compounds IM Recommendation: You may solve your problem by analogy of example " Adsorption of toxic substance from air ". Adsorption of toxic substance from air Adsorption of carbonyl fluoride from air using activated carbon cleans the toxic substances from air</p>	

Tabla 18. Efectos físicos para posible eliminación del problema

Como se puede observar en la tabla anterior las alternativas más significativas consideradas para eliminar la presencia de agua dentro de un sistema sin secar el aire al momento de estar en funcionamiento el sistema de AC son dos principalmente:

- 1) Incrementar el gradiente o la inclinación de la caja de aire hacia la colocación del orificio de drenado para facilitar el desalojo del agua.
- 2) Aplicar un flujo de aire que permita la expulsión del líquido aun cuando el sistema se apague durante un tiempo determinado.

El problema a eliminar es evitar el estancamiento de agua, es decir tratar de desalojarla lo más rápido posible de la caja para evitar la formación de microorganismo dentro de la caja por lo cual estas medidas tienen alta probabilidad de éxito, sin embargo seria necesario realizar el modelo de la nueva caja y realizar los experimento respectivos.

Por otro lado módulo de Techoptimizer (Internet Assistent), se realizó una búsqueda de algunas patentes y mediante el análisis de los abstractos de las misma y se encontró que existen algunos otros conceptos dentro de los sistemas de AC que ayudan a la solución del problema.

Algunas de las patentes con conceptos interesantes en los cuales vale la pena profundizar se citan a continuación:

Patente US 4,598,006 Sand Julio 1, 1986 Method for impregnating a thermoplastic polymer
Patente US 4,935,232 McIntosh Junio 19, 1990 Microbiocidal composition and method of preparation thereof
Patente US 5,225,167 Wetzel Julio 6, 1993 Room air sterilizer
Patente US 5,474,739 Triestram , et al. Diciembre 12, 1995 Microbiocidal composition
Patente US 6,537,678 Putnam , et al. Marzo 25, 2003 Non-carcinogenic corrosion inhibiting additive

Tabla 19. Patentes relacionadas

En estas patentes anteriormente citadas se manejan tres conceptos importantes: (Anexo 2, abstracts de patentes) :

- **La presencia de aditivos inhibidores de corrosión**
- **La esterilización del aire**
- **Mezcla inhibidores de microorganismos dentro de la fabricación de plásticos.**

En la parte final de este análisis se proponen tres aspectos de mejora importantes para la eliminación del problema:

- La principal modificación que se debe realizar no es al sistema de AC en si no al diseño de la caja de aire para lo cual se sugiere realizar un diseño en el cual se aumente el gradiente de inclinación y termine en forma de cono hacia una salida o drene.
- **La inclusión de inhibidores de bacterias en aerosol o barniz en la parte donde se encuentra el evaporador , o bien colocando aditivos inhibidores de bacterias a la materia prima con que se fabrica la caja de aire. Su duración es entre 2 y 2.5 años para colocarle una nueva aplicación en el caso del barniz por el lado de los aditivos su promedio de duración es hasta de 4 años. Para esta idea se han contactado a dos proveedores especialistas en aditivos y micro-inhibidores de microorganismos. El departamento realizará un análisis de costos para evaluar si es factible esta idea.**
- Ocupando un recurso ya existente dentro del sistema como lo es el ventilador centrífugo que se encuentra dentro de la caja de aire se sugiere un flujo de aire continuo que ayuda a expulsar el agua estancada durante un periodo de tiempo determinado después de que el automóvil deje de funcionar, similar a los ventiladores del radiador que continúan funcionando después de apagado el auto.

Las alternativas se están preparando para su presentación ante los niveles gerenciales del departamento en el cual se trabajó para esta propuesta de solución. Se sabe también que en este momento no se harán modificaciones debido a que la plataforma actual se encuentra en su periodo final por lo cual cualquier modificación se realizará para los futuros modelos.

Capítulo V. Introducción de TRIZ a empresas tipo Seis Sigma o que buscan la excelencia.

5. Introducción de TRIZ a empresas que buscan la excelencia.

Basándose en los casos prácticos seleccionados se presenta una vía y/o método sugerido para integrar TRIZ.

Esta vía y/o método trata de ser una ayuda para la identificación de áreas de oportunidad en las cuales TRIZ pueda ser aplicado, pretende ser una guía básica para su integración e institucionalización dentro de la empresa como una herramienta útil y efectiva que complemente a las herramientas utilizadas por la organización.

Los conceptos de TRIZ pueden romper con la inercia mental y desarrollar ideas innovadoras que permitan al ingeniero en cuestión abrir la mente a proponer soluciones innovadoras a sus problemas en productos o procesos.

A su vez, se pretende demostrar que TRIZ es útil para encontrar causas de los problemas, definir correctamente los problemas, buscar su eliminación y proponer alternativas de solución a dichos problemas.

5.1. Base para la Integración.

En México, al ser un país tradicionalmente dedicado a la maquila de productos diseñados y desarrollados en países de primer mundo ha resultado difícil el reconocimiento de la necesidad de innovar y desarrollar productos propios. Sin embargo, escuelas innovadoras y con un alto nivel de enseñanza como el Tecnológico de Monterrey se ha preocupado desde hace años por preparar profesionistas capaces de desarrollar y diseñar productos para estos nuevos retos del mundo globalizado [19].

TRIZ como herramienta de solución a problemas de inventiva en la etapa de desarrollo y diseño de productos fue introducida y aplicada por primera vez en México por el Instituto Tecnológico de Monterrey en 1994 y hasta la fecha es uno de los principales impulsores de la herramienta que en la actualidad ya es mucho más conocida.

A pesar de que las empresas se han ido concientizando de la necesidad de innovar para poder competir, se necesita aun despertar un mayor interés para que la innovación juegue un papel vital dentro de las empresas establecidas en México y las propias ya que muchas de ellas todavía no tienen ni sienten la necesidad de conocer este tipo de herramientas para despuntar a un lugar preponderante.

De tal manera, en el principal punto para la integración de TRIZ a las empresas tipo Seis Sigma o que practican técnicas de excelencia es que dichas empresas reconozcan la necesidad de innovación para ser mejores. Esto permitirá sugerir a TRIZ como una herramienta para desarrollar alternativas de solución innovadoras en sus procesos y productos. Para ello es necesario en ocasiones demostrar lo útil que puede ser la herramienta mediante la ejemplificación de algunos casos prácticos.

Una vez reconociendo la necesidad de innovar es necesario capacitar a personal en TRIZ principalmente a aquellos que se enfrentan a problemas técnicos, tales como: personas relacionadas con las áreas de calidad, diseño y manufactura, o bien green belts y black belts en empresas Seis Sigma.

Sin embargo, aunque la innovación surge como una necesidad, la introducción TRIZ no será una tarea fácil y se presentará algunas barreras identificadas al tratar de proponer esta introducción a algunas empresas, las cuales son de carácter principalmente humano, como son:

5.2. Obstáculos para la introducción.

- Se cree que un problema en el cual se utiliza TRIZ consume mucho tiempo y por lo regular no se dispone de él. Sin embargo, se ha observado que se pierde mucho más tiempo en solventar problemas del momento, en lugar de aplicar nuevos métodos para prevenir la presencia de problemas que surgen de repente.
- Falta de interés para la aplicación de la metodología.
- Las sospechas de que la metodología no funciona, creer que otros métodos son mejores porque venden las ideas de satisfacción del cliente y establecer los productos rápidamente en el mercado.
- La utilización única de sistemas tradicionales de administración de proyectos sobre todo si los resultados obtenidos han sido exitosos.
- La no utilización de la herramienta, se capacita a los miembros de la organización, pero ellos en ocasiones no encuentran la visión de aplicación a los problemas de la organización.
- La falta de formas de integración.
- No se da proyección a la metodología a altos rangos de la organización.
- Existe la creencia de que la metodología es difícil y que no aporta soluciones particulares.

Una capacitación práctica ayuda a adquirir experiencia en aplicación TRIZ a problemas reales y obtener resultados inmediatos que permitan convencer a la organización de la importancia de esta herramienta. Por supuesto, algunas organizaciones no tienen la estructura orientada para la integración de TRIZ, lo cual aleja la posibilidad de tener resultados de inmediato.

5.3. Características que permiten la integración de TRIZ.

La herramienta TRIZ y las metodologías de calidad practicadas en empresas tipo Seis Sigma u otras que practican la excelencia presentan características que facilitan su integración. Por lo cual a continuación se mencionan aquellas que fueron identificadas durante el proceso de desarrollo del caso práctico y la revisión bibliográfica.

- Seis Sigma o herramientas semejantes tienen la facilidad de identificar problemas, situaciones incómodas o definir proyectos.
- Técnicas como encuestas, benchmarking, despliegue de la función de calidad (QFD) y evaluaciones funcionales por parte del cliente permiten conocer la situación de los productos y /o servicios en el mercado, así como identificar áreas de mejora y/o situaciones problemáticas. Tratan de llevar la opinión del cliente a parámetros técnicos que permitan las mejora de la situaciones problemáticas.
- TRIZ presenta una alta versatilidad puede ser utilizado para la identificación de posibles causas del problema mediante un análisis de todas las funciones y cada una de las partes del sistema, permite reproducir la falla y luego de ello ofrecer alternativas de solución .
- TRIZ sugiere alternativas de solución que en ocasiones no son pensadas debido a la inercia mental.
- La creación de experimentos permite optimizar procesos, sugerir situaciones para la maximización, o minimización de la variable de respuesta, o bien la disminución de la variabilidad en un proceso. Sin embargo también pueden ser utilizados para comprobar hipótesis de causas.
- En las etapas de medición TRIZ ayuda a crear alternativas de solución para la creación de nuevos métodos o instrumentos de medición de variables.
- TRIZ se proyecta como una herramienta sistemática para la creación de ideas de solución a problemas donde la optimización no fue suficiente.

- Facilita la descripción de los sistemas en operación, define las funciones perjudiciales y benéficas existentes entre cada uno de los elementos del sistema.
- Proporciona ideas de solución para mejorar acciones benéficas, eliminar o disminuir factores perjudiciales.
- Estimula el proceso de inventiva en los miembros de la organización.
- Las herramientas Seis Sigma permiten optimizar las alternativas de solución elegidas después de la aplicación de TRIZ .
- Permite analizar patrones de evolución de los productos o elementos de un sistema.
- La metodología DMAIC y TRIZ presentan semejanzas por ejemplo las fases de definición y medición son equivalentes al Cuestionario de Situación Innovativa en TRIZ porque son los puntos de partida para documentar un problema o proyecto y porque permite conocer una completa descripción del caso. Mientras que las fases de análisis, mejora y control son equivalentes a la implementación de TRIZ en su etapa de herramientas analíticas como la modelación de problemas, contradicciones técnicas y análisis de campo-substancia entre otras.
- TRIZ solo se debe aplicar en los casos en que no se encuentran soluciones con los métodos convencionales para no complicar los procesos innecesariamente.

5.4 Vía y/o método para su integración.

Una vez analizado el caso práctico con TRIZ se sugiere una vía y/o método para la introducción de TRIZ a las empresas que practican Seis Sigma. Por lo cual se pretende describir el proceso de aplicación mediante el siguiente diagrama de flujo y realizar una descripción de las etapas.

Este método se encuentra particularizado, quedará como trabajo futuro probarlo en diversos problemas de proceso y diseño en empresas de diferentes

ramos. Puede provocar un cambio cultural en las dinámicas de la organización, siempre y cuando todos los miembros de la organización estén comprometidos y adquieran experiencia en su aplicación.

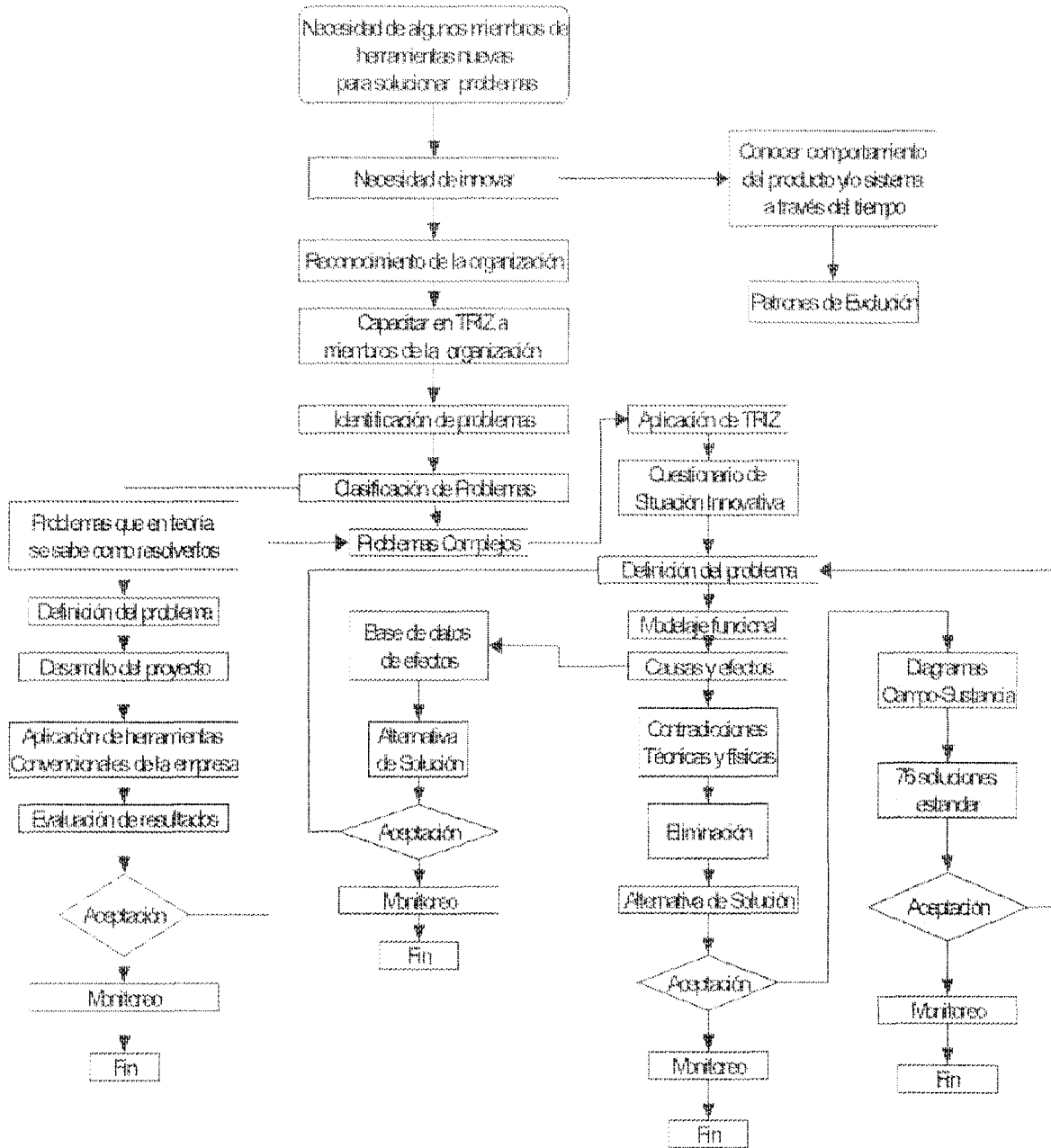


Figura 19. Diagrama de integración

5.4.1. Etapa de selección y definición de problema.

En esta primera etapa las empresas tipo Seis Sigma o que practican la excelencia cuentan con herramientas para la identificación de la percepción que tiene el cliente sobre aspectos funcionales del producto que consume, las opiniones negativas o insatisfacción sobre ciertas características son los puntos de partida para la selección de un proyecto. Existen métodos a utilizar como son la evaluación o encuestas realizadas a los clientes por empresas privadas externas como el caso presentado en el capítulo anterior, existen estudios de mercado, el QFD (despliegue de función de la calidad), los reportes de los ingenieros residentes en otros países y los mismos ingenieros analistas-audidores de producto.

Un problema es definido por aquella situación que ha ido mal, provocando malestar, molestia, o algún grado de insatisfacción y de la cual no se conoce la causa que la origina pero se ha tomado la determinación de hacer algo al respecto como podría ser eliminar la situación o disminuir sus efectos.[13]

Los problemas se hacen evidentes cuando se empiezan a presentar síntomas los cuales requieren de un análisis que permita identificar sus causas verdaderas para poder dar soluciones.

5.4.2. Clasificación de problemas

Una vez identificados los problemas o las situaciones que causan insatisfacción al cliente, se clasifican por su grado de complejidad en:

5.4.2.1 Problemas que en teoría se sabe como resolverlos.

Aquellos que requieren de esfuerzo para obtener soluciones pero que cumplan la eliminación de la insatisfacción.

Los problemas potencialmente solucionables son aquellos en los cuales se conoce realmente el origen del problema, se es capaz de definir el problema correctamente, se entiende el problema, se analiza la información y se generan alternativas de solución que pueden ser evaluadas, implementadas, optimizadas y monitoreadas para darse cuenta que ya no provocan ningún malestar al proceso.

Sin embargo, una vez que se realiza este procedimiento, en ocasiones el juicio falla y aquel problema que en un principio resulto ser catalogado dentro de los problemas potencialmente solucionables destapa la realidad y se observa que este problema es solo un síntoma de problemas aun más escondidos de tal manera que requieren de ser catalogados en problemas complejos.

5.4.2.2 Problemas complejos.

No todos los problemas en los cuales se cree conocer el como resolverlos resultan solucionados en el corto ni en el largo plazo. Los problemas complejos son los que implican un alto esfuerzo individual y colectivo para comprenderlo, analizarlo y encontrar alternativas de solución que se puedan implementar en la organización.

Existen características que permiten suponer que un problema es difícil:

1. No es fácil de ser formulado o definido
2. Se tiene una gran cantidad de explicaciones acerca del mismo problema
3. Cada problema resulta ser un síntoma de otros problemas
4. La solución debe quedar a la primera y no existen segundas oportunidades
5. Cuando aparentemente se ha solucionado el problema, pero esa solución provoca otra serie de problemas en otras partes. Los conflictos no técnicos tales como contradicciones y conflictos de organización o administrativos en diversos niveles.
6. Cuando se ha solucionado el problema pero se presentan nuevos reclamos sobre la misma situación por el cliente.

Por ejemplo: La operación de traslado de los autos a los puntos de venta a nivel nacional o internacional es responsabilidad de empresas externas, a pesar de esto existen reportes de daños en la unidades como rayones, golpes, molduras rotas , espejos rotos, entre otros. Las empresas externas han implementado medidas correctivas, mediante la aplicación de plásticos protectores, recubrimientos y cambiar partes, esto soluciona aparentemente el problema, sin embargo se continua presentando en menor escala los daños que causan a la organización el gasto excesivo en pago de refacciones para cambiar esas partes dañadas.

5.5. Aplicación de TRIZ a problemas seleccionados.

Al finalizar la clasificación, los problemas complejos son situaciones potenciales para la aplicación de TRIZ. Como primer paso se sugiere el llenado del Cuestionario de Situación Innovativa (ISQ). Esto permitirá documentar cualquier caso práctico o problema e identificar los elementos fundamentales del mismo(ver Anexo 2).

5.5.1 Llenado de Cuestionario de Situación Innovativa (ISQ).

Este cuestionario permite conocer los sistemas ingenieriles que se desean sintetizar, las definiciones de los problemas a resolver relacionadas con el sistema mencionado, permite documentar sistemas afines que se hayan resuelto de alguna manera, se identifican las funciones útiles primarias que son llevadas a cabo por lo sistemas, se describe la estructura del sistema mediante dibujos relacionados, se conocen los sistemas, subsistemas, detalles, conexiones, medio ambiente que rodea al sistema, supersistemas o sistemas de mas alto grado, sistemas interactuantes.(ver Anexo 2)

Por otro lado permitirá identificar los recursos disponibles del sistema (tiempo, sustancia, campo, espacio, tiempo, información), permite preguntarse si es

posible cambiar algunos de estos recursos existentes para solucionar los problemas, asignar nuevas funciones a recursos ya existentes, mostrar cómo funciona el sistema, o sea, cómo trabaja cuando lleva a cabo la Función Útil Primaria, cómo interactúan entre sí sus elementos y subsistemas. También se identifican los efectos negativos o inconvenientes que representan la esencia del problema, lo que no se quiera en el sistema, las relaciones entre los inconvenientes con la Función Útil Primaria y a otras funciones útiles del sistema.

Una vez definidas estas relaciones definirá si es necesario reducir o eliminar la función perjudicial, o bien incrementar la función útil, también se identifican las limitantes que no pueden ser cambiadas como son los costos, materiales, formas, etc. El objetivo principal visualizar un resultado ideal al cual se pretende llegar [10].

Este Cuestionario de Situación Innovativa nos abre la gran oportunidad de conocer a fondo la situación y describirla a detalle de una manera resumida y concisa los problemas o puntos a atacar.

5.5.2. Definición del problema en contradicciones y modelaje funcional.

TRIZ surge también como una metodología que ayuda a romper paradigmas e inercia mental permitiendo al ingeniero en cuestión abrir la mente a soluciones no imaginadas con anterioridad que impliquen cambios substanciales en sus procesos o productos y que revolucionen las tendencias actuales.

Por lo cual una vez llenado el ISQ se procede a aplicar las herramientas de TRIZ

- 1) Se plantea el problema en términos de contradicciones técnicas y/o físicas. Como se recordará, para ello debe existir un parámetro que cuando es mejorado degrada a otro, o bien uno parámetro debe presentar valores auto-opuestos.

- 2) Se realiza la Matriz de Contradicciones y se verifican los principios de Inventiva que pueden ayudar a la solución de la contradicción.
- 3) Se establecen los principios de separación en caso de contradicciones físicas
- 4) Al mismo tiempo se puede realizar un modelaje funcional de los elementos de un sistema, supersistema o sistema contiguo, su interacción y marcar cuales son los posibles efectos perjudiciales o benéficos para el funcionamiento del sistema. Esto se puede realizar con la ayuda de paquetería especializada como Techoptimizer.
- 5) Analizar los problemas definidos por el paquete en modulo de Process Design para posteriormente obtener los efectos físicos utilizados en otros casos para la solución de problemas semejantes.

5.5.3. Aplicación de diagramas campo- sustancia.

Si con los principios de inventiva y el modelaje funcional no se desprenden ideas de solución acerca del problema, se sugiere aplicar los diagramas de campo-sustancia con el fin de modelar los problemas relacionados con los sistemas tecnológicos. Los diagramas campo-sustancia permiten ubicar los puntos importantes a reforzar o eliminar dentro de los sistemas tecnológicos. Existen ideas sugeridas en estos casos mediante la herramienta de las 76 soluciones estándar de TRIZ.

5.6. Evaluación de alternativas de solución.

La evaluación de las alternativas de solución se deben tomar en cuenta las limitantes de manufactura, costos y procesos de fabricación. Es decir es necesario definir si el proceso debe de sufrir los menos cambios posibles, o es posible invertir en una nueva tecnología.

En cuanto al contenido se evalúa la desaparición de funciones perjudiciales, la retención de los aspectos benéficos, si aparecen funciones perjudiciales nuevas,

si aumenta la complejidad del sistema, si se han eliminado las contradicciones o al menos disminuido su efecto, si con la nueva solución no se afectan otros sistemas de alrededor. .

En un primera instancia se deben definir los atributos como pueden ser: Costo por unidad, costo de componentes comprados, costos, suministro, reconstrucción y herramental, Confiabilidad y durabilidad, desgaste por uso en ciclos o durabilidad, Ruido, Peso, Empaque, Resistencia, Desempeño, precisión, facilidad de instalación, pronósticos de vida útil.

Una vez definidos los atributos se escalan para poder evaluarlos. Para ello se determina el rango de aceptabilidad de cada atributo, con su valor más bajo de aceptabilidad y el valor más alto con el objetivo de crear escalas cuantitativas que permitan la evaluación. La elección de una de las alternativas de solución depende de lo que más le convenga a la organización.

Una vez aplicado TRIZ con éxito es necesario el compromiso de las personas involucradas el presentar los resultados ante los niveles gerenciales de sus departamentos plantear la necesidad de una herramienta como TRIZ para la solución de problemas. Para convencer a los altos niveles de la organización es necesario demostrar que la herramienta es aplicable y proporciona resultados.

En este caso en particular se sugiere la capacitación en TRIZ por parte de asesores externos a los ingenieros analistas de fallas e ingenieros de desarrollo. Una vez llevada la capacitación con enfoque práctico ellos serán los responsables de difundir la capacitación a otros miembros de la organización con el objetivo de que la metodología sea instituida y popularizada.

Capítulo VI. Capacitación TRIZ.

6. Capacitación TRIZ.

TRIZ se ha popularizado en los últimos años por lo cual existen una diversidad de cursos ofrecidos en el mercado, los cuales manejan diversas variantes de TRIZ y temas complementarios acerca de otras metodologías y su relación.

De tal forma los cursos de TRIZ que actualmente se ofrecen, en ocasiones se dirigen a miembros de las empresas relacionados con las áreas de diseño y manufactura, líderes de proyectos, diseñadores, ejecutivos técnicos o bien en caso de empresas Seis Sigma a black belts, green belts o champions..

Durante el desarrollo de este capítulo se pretende realizar un estudio comparativo de los temarios, características generales y particulares, la duración y la relación de los temas con aspectos prácticos para poder sugerir una propuesta de capacitación.

6.1. Búsqueda y análisis de los temarios de los Cursos.

Durante la búsqueda realizada en la red se encontraron cursos con las siguientes características:

1. Orientados a público en general con orientaciones hacia la ingeniería, ejecutivos técnicos, diseñadores y líderes de proyectos.
2. Orientados a miembros de una organización Seis Sigma (Green Belts, Black Belts y Champions).

Para el análisis de estos cursos se tomaron en cuenta los temarios, la duración y objetivos. Los cursos específicos impartidos sobre TRIZ fueron:

- BMG Group TRIZ para Black Belts
- AMSUP-ASI TRIZ para Black Belts, Green Belts, ingenieros y diseñadores.

- Technical Innovation System TRIZ para ingenieros, diseñadores y ejecutivos.
 - Insytec capacitación sobre TRIZ
 - C2C Solutions taller sobre innovación
 - TRIZ por Triz Consulting.
 - Ideation TRIZ en CD.
- El de BMG como se puede observa en la tabla siguiente presenta un curso con duración de 5 días en el cual se tocan explican los temas clásicos de TRIZ y posteriormente se aplican en casos prácticos. Trata temas que interrelacionan las herramientas, manejan un enfoque practico, prestan mucha atención a temas como: las soluciones estándares, ARIZ, diagramas de campo substancia, las curvas S y las leyes de evolución de los sistemas tecnológicos.

Grupo BMG Entrenamiento TRIZ para Black Belts				
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Temas	Temas	Temas	Temas	Temas
¿Por qué TRIZ?	Introducción al Algoritmo de Problemas de Inventiva	Estándares para el desarrollo de detección y sistemas de medición	Curvas de asistencia Tecnológica	Evolución guiada tecnológicamente
Entendiendo TRIZ	Aplicación de ARIZ	La interacción entre los estándares y ARIZ	Leyes de evolución de sistemas tecnológicos	Aplicación combinada de conceptos TRIZ y herramientas de ingeniería para la resolución de problemas
Concepto de Solución Ideal y grado de idealidad	Análisis de Campo - Substancia Modelación Tecnológica de sistemas y sus transformaciones	Aplicaciones Combinadas de Estándares y ARIZ	Aplicación de análisis de campo-substancia y estándares para el desarrollo de la siguiente generación de productos y procesos de manufactura	Análisis de problemas en productos y/o sistemas de manufactura mediante TRIZ por los participantes
Concepto de Contradicciones físicas	Resolución de problemas Estándar	Curvas S para la evolución de sistemas tecnológicos		
Resolución Problemas interactivos	Estándares para la eliminación de efectos dañinos	Niveles de Invención		
	Aplicación interactiva de estándares			

Tabla 20. Entrenamiento BMG group

- El American Suppliers AMSUP-ASI, el cual tienen una duración de tres días y en los cuales se enfoca a explicar y aplicar los conceptos básicos de TRIZ, presenta ARIZ, las soluciones estándar y al software de Invention Machine como herramientas importantes para la solución de problemas de inventiva. Aplica las leyes de evolución de los sistemas tecnológicos en el desarrollo de generaciones futuras de proyectos. (Ver, Anexo 3)

AMSUP-ASI TRIZ para Black belts, Green belts, diseñadores, líderes de proyectos		
Día 1	Día 2	Día 3
¿Por qué se necesita la teoría de invención?	ARIZ, herramientas analíticas de TRIZ	Leyes de evolución de los sistemas tecnológicos
Importancia del diseño conceptual	Entrenamiento en aplicaciones de ARIZ para la solución de problemas	Aplicación de estándares y leyes de evolución de los sistemas Tecnológicos en el desarrollo de conceptos de la nueva generación de productos y procesos
Métodos Convencionales Prueba y error e inercia mental	Aplicación combinada de ARIZ y software Invention Machine para la solución de problemas	Aplicación Interactiva de ARIZ, Soluciones Estándar y Invention Machine software en problemas de los participantes
TRIZ- sistemático	Entrenamiento interactivo sobre la aplicación de estándares a la solución de problemas	Experiencias en la implementación de TRIZ en la industria Norteamericana
Sistema Tecnológico Ideal y solución ideal	Interacción de estándares con ARIZ	Discusión
Conflictos en sistemas, matriz de conflictos	Resolución de problemas por los participantes	
Aplicación de Software Invention Machine para resolver conflictos del sistema		
Contradicciones físicas y métodos para resolverlas		
Resolución Interactiva de problemas utilizando los conceptos básicos de TRIZ		
Análisis de Campo- Substancia modelando sistemas tecnológicos y sus transformaciones		
Soluciones estándares a problemas de inventiva		
Entrenamiento interactivo en el uso Estándares para la resolución de problemas de ingeniería		
Análisis de problemas de los participantes.		

Tabla 21. Entrenamiento AMSUP

Como se puede observar en los dos cursos los temas ofrecidos en sus catálogos por estas empresas son muy similares, sin embargo existen diferencias en la duración de los cursos, AMSUP-ASI toca un tema sobre la aplicación de una herramienta computacional para la solución de problemas de inventiva y busca de manera práctica una integración del software con las demás herramientas de TRIZ, mientras que BMG group relaciona TRIZ con otras herramientas de ingeniería para la solución de problemas.

Por otro lado se encuentran los cursos orientados a profesionistas relacionados con la solución de problemas, ejecutivos, diseñadores, ingenieros en general. Para ello se utiliza un sistema de tablas que organiza los contenidos por sus días de duración.

TRIZ training from Technical Innovation Center	
Dia 1	Dia 2
Conceptos básicos de TRIZ	Revisión de la mayoría de las herramientas de TRIZ
Herramientas básicas de TRIZ	Soluciones estandares
Concepto de idealidad	Diagramas Campo-Substancia
Contradicciones	ARIZ
Recursos	Casos practicos
Patrones de evolución de sistemas tecnológicos	
Ejemplos de problemas	

Tabla 21. Curso del Technical Innovation Center

INSYTEC training TRIZ	
Día 1	Día 2
Conceptos básicos	Colección de efectos físicos para un diseño sistemático innovador estructurado de acuerdo al uso de efectos en la tecnología
Historia y conocimientos acerca de TRIZ	76 Patrones genéricos de inventiva para la solución de problemas y producción de pronósticos de la futura evolución de producto en términos de diseño.
Conocimientos base para la innovación	Introducción al TechOptimizer
Resultado Ideal Final	Solución a problemas prácticos
Teoría de evolución tecnológica	Practica con casos prácticos educacionales
Técnicas Analíticas	Aplicación a problemas reales de los participantes
Análisis de Contradicciones: Encontrar y formular contradicciones	Vistazo a TRIZ para la resolución de problemas de negocios y administrativos (transaccionales)
Análisis de interacciones: Representar problemas en terminos de componentes físicos y sus interacciones	
Funciones: Formulación de problemas sobre la base de la modelación funcional de diseño de productos	
40 principios de inventiva para la eliminación de contradicciones	

Tabla 22. Entrenamiento INSYTEC

C2C solutions		
Día 1	Día 2	Día 3 opcional
Introducción	Software relacionado con TRIZ	Grupo de trabajo en proyectos reales
8 barreras que matan la innovación	Techoptimizer: Análisis de producto, Análisis de procesos, Característica transferida, efectos, predicción y principios, asistente de internet	Trabajo en proyectos reales con el software
Técnicas para romper barreras para la innovación	Casos de estudio	Presentaciones finales
Uso de recursos	Conocimiento del software Knowledge Mining para análisis y búsqueda de patentes	Discusión
5 categorías de recursos	Análisis de semántica	
Definición y resolución de contradicciones	14 métodos de innovación, generación de conceptos y resolución de problemas	
39 parámetros de Altshuller	Claves del éxito para fostering innovation	
40 principios de inventiva	7 claves para el éxito en la innovación	
Ejercicios de grupo	Integración de la innovación con otras metodologías como DFSS	
Resolución de Contradicciones físicas		
Análisis de funciones		
Modelación funcional por metas y pasos		
Modelación funcional por elementos		
Técnicas de Trimming (técnicas de reducción de complejidad y costo)		
Patrones de evolución tecnológica		

Tabla 23. Curso C2C Solutions.

TRIZ CONSULTING Curso de TRIZ				
Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Temas	Temas	Temas	Temas	Temas
Introducción	Algoritmo de solución de problemas de inventiva (ARIZ)	Técnicas Estándares de TRIZ	Técnicas especiales para el desarrollo de sistemas de medición	Pronósticos Tecnológicos
¿Por qué TRIZ?	Modelación del problema	Seis técnicas para la eliminación directa de acciones dañinas o perjudiciales.	Desarrollo de una nueva generación de productos y procesos	Pronósticos Tecnológicos usando TRIZ
TRIZ vs. Tormenta de ideas	Análisis de recursos disponibles	Siete técnicas de eliminación indirecta de acciones perjudiciales o indeseables	Casos de estudio	Casos de estudio
Conceptos básicos de TRIZ	Contradicciones físicas	Tres técnicas de eliminación de las consecuencias de una acción dañina	ARIZ	Evaluación de conceptos
Evolución de sistemas	Resultado ideal final	Técnicas para cambiar una acciónm dañina en una acción útil	Casos de estudio	Aplicación combinada de métodos de TRIZ
Conflictos y Contradicciones	5 técnicas para contradicciones físicas-separación	Desarrollo de una nueva generación de productos y procesos	Aplicación de TRIZ a problemas de los participantes	Discusión
Sistema Ideal	Casos de estudio	Casos de estudio		
Métodos de TRIZ	Técnicas estándares de TRIZ	Algoritmo de Solución a Problemas de inventiva		
Análisis del sistema	Modelos suficientes de Campos- substancia	Aplicación de TRIZ a casos de los participantes		
Análisis de la estructura	Casos de estudio			
Análisis Funcional	Desarrollo de nuevas generaciones de productos y procesos			
¿Qué es un análisis de Campos - Substancia?	Casos de estudio			
Diagrama de funciones principales del sistema	Aplicación TRIZ a problemas de los participantes			
Casos de estudio				
Caminos ideales(las mejores direcciones de diseño para el producto ideal)				
Principios de inventiva				
Aplicación de TRIZ a problemas de los participantes				

Tabla 24. Curso TRIZ- Consulting

BASIC TRIZ E-LEARNING CD IDEATION TRIZ			
Modulo1	Modulo 2	Modulo 3	Modulo 4
Introducción al origen y evolución de TRIZ y I-TRIZ	Idealidad, Recursos y efectos	Contradicciones físicas y técnicas, tabla de contradicciones (incluido software) y principios de separación	Métodos sistemático para modificar problemas

Tabla 25. Curso Básico TRIZ en CD.

Ahora estudiaremos los contenidos de las diferentes variantes de cursos sobre TRIZ ofrecidos en el mercado, con el objetivo de conocer sus características, semejanzas y diferencias.

- Conceptos básicos sobre TRIZ como contradicciones físicas y técnicas, diagramas de campo-sustancia, 40 principios de inventiva, 39 parámetros de Altshuller, matriz de contradicciones, principios de separación, patrones de evolución, concepto de idealidad, eliminación de contradicciones mediante la aplicación de los 40 principios o los principios de separación según sea el tipo de contradicción, ARIZ, Soluciones estándar a sistemas tecnológicos.
- Tópicos selectos sobre TRIZ como la introducción al uso de paquetería de ayuda para la innovación (Techoptimizer), análisis y búsqueda de patentes, modelaje funcional, reducción de efectos perjudiciales, aumento de efectos benéficos, benchmarking, TRIZ orientado a problemas transaccionales, estimulación del pensamiento innovativo, introducción a diseño para Seis Sigma, técnicas para detectar problemas, principios físicos, análisis de funciones, trimming, técnicas especiales para el desarrollo de sistemas de medición, técnicas para reducir costos y disminuir la complejidad, descomposición

funcional, conocer las barreras que impiden la aplicación de la innovación y técnicas para la estimulación de los procesos de innovación.

- El curso C2C Solutions maneja el concepto de personalización de los contenidos, es decir se ofrece un curso opcional de dos o tres días y el cliente tiene la capacidad de escoger los temas que le interesen y tomar el curso completo con todos los temas que se observan en la tabla 23. Otro aspecto importante es que no es únicamente un curso de TRIZ sino que es un curso sobre innovación y TRIZ, razón por la cual tiene una mayor cantidad de temas tratados que los demás cursos.
- Otra variante interesante es la ofrecida por Ideation es su curso básico E-learning TRIZ ofrecido en CD dividido en cuatro módulos que tocan los conceptos básicos de TRIZ.

6.2. Propuesta sobre temas para Capacitación.

Analizando los temas en los cursos o talleres ofrecidos por diferentes institutos y observando las necesidades que se tuvieron para la aplicación de TRIZ en la realización del caso práctico y conociendo las características de las actividades desarrolladas por los green belts, black belts e ingenieros se sugieren los temas que debe tener una capacitación básica sobre TRIZ dirigida a green belts, black belts, ingenieros relacionados con las áreas de calidad y manufactura y diseñadores.

Con base en la duración de los cursos que se evaluaron se sugiere una duración del curso en tres días y con el objetivo general del curso de conocer y aplicar la herramienta TRIZ para el desarrollo de alternativas de solución a problemas reales de los participantes.

El temario sugerido es el siguiente:

Capacitación Propuesta		
Día 1	Día 2	Día 3
Antecedentes de TRIZ	Contradicciones Físicas	Vías y métodos de integración de TRIZ
Niveles de solución	Principios de Separación	Efectos físicos
Definición de recursos	Diagramas de Campo-Substancia	Análisis y búsqueda de patentes
Cuestionario de Situación Innovativa	Soluciones Estándar	Introducción a paquetería TRIZ
Definición y clasificación de problemas	Introducción a paquetería TRIZ	Diagramas SUH
Concepto de idealidad	Modulo de análisis de producto	Direcciones de innovación
Contradicciones Técnicas	Análisis funcional y modelación de sistemas ingeniriles	Técnicas para la identificación de problemas
40 Principios de inventiva	Trimming (características transmitidas)	Alternativas de solución
39 Parámetros generales de ingeniería	Modulo de efectos físicos y ejemplos aplicados	Métodos de Evaluación de alternativas de solución
Matriz de Contradicciones	Patrones de Evolución	Aplicación a casos practicos de los participantes
Nueva matriz de contradicciones	Gráficas de patrones de evolución	
Aplicación a casos practicos de los participantes	Aplicación a casos practicos de los participantes	

Tabla 26 Temario de curso propuesto.

Para los gerentes, ejecutivos o champions es necesario incluir los temas orientados al desarrollo de pronósticos tecnológicos con TRIZ para realizar análisis de evolución de los productos.

Capítulo VII.

7.Conclusiones

7.1. Conclusiones Generales

Basados en casos prácticos de una industria que utiliza herramientas que buscan la excelencia semejante a Seis Sigma, se identificaron características que facilitan la integración de TRIZ con las herramientas que practican en la organización.

Se observó que la utilización de TRIZ y otras herramientas tales de Seis Sigma como diseño de experimentos permitieron encaminar los esfuerzos hacia propuestas de solución a un problema estancado en un tiempo menor al ocupado anteriormente.

Se observó que TRIZ es una herramienta versátil capaz de definir problemas, reproducirlos y proporcionar alternativas de solución que debido a la rutina, inercia mental o ceguera de taller no eran tomadas en cuenta.

Dentro del desarrollo de la tesis no se aplicó TRIZ a casos en las empresas Seis Sigma debido a que no fue posible que las empresas seleccionadas dispusieran del tiempo necesario para la revisión de este proyecto en el tiempo requerido. Por esta razón se trabajó en casos prácticos dentro de una empresa que busca la excelencia en sus productos y que utiliza herramientas muy afines a las utilizadas por Seis Sigma .

Entre las características de semejanza entre las herramientas en las empresas Seis Sigma y que buscan la excelencia es su visión orientada hacia satisfacción del cliente. En la etapa de conocer los requerimientos del cliente utilizan herramientas similares como el QFD, encuestas a clientes, evaluación aspectos funcionales, encuestas a clientes, benchmarking.

Forman equipos interdisciplinarios con personas de diferentes áreas relacionadas con el problema buscando facilitar la búsqueda de la solución, tienen líderes de proyectos que son capaces de coordinar varios proyectos de distintos aspectos funcionales del proceso o producto. Se utilizan herramientas estadísticas similares para la obtención, análisis, mejoramiento y control de las variables del proceso,

Se identificó que una de las etapas más crítica es la etapa de definición de un problema porque en ocasiones se dirigen los esfuerzos hacia caminos equivocados debido a la mala definición del problema.

TRIZ y las herramientas utilizadas para la resolución de problemas siguen un proceso de definición, análisis, una etapa de propuesta y evaluación de soluciones semejante.

TRIZ estimula el proceso de inventiva para la solución de problemas y con las herramientas Seis Sigma o semejantes se pueden optimizar las alternativas de solución elegidas.

Mediante la utilización de herramientas como el Cuestionario de Situación Innovativa y la modelación del sistema se pueden describir de una manera más clara los sistemas y las funciones perjudiciales y benéficas existentes entre cada uno de los elementos del sistema.

La metodología DMAIC o herramientas afines y TRIZ presentan semejanzas. Por ejemplo las fases de definición y medición son equivalentes al Cuestionario de Situación Innovativa en TRIZ porque son los puntos de partida para documentar un problema o proyecto y porque permiten conocer una completa descripción del caso.

La diferencia existe entre estas etapas es que en la definición del proyecto se establece los métricos críticos y secundarios a medir, los miembros del equipo de trabajo y el ahorro en gastos que proporcionara la eliminación de una insatisfacción. A su vez, la etapa de medir permite obtener los datos sobre el proyecto y analizarlo mediante las herramientas estadísticas.

Por otro lado las fases de análisis, mejora y control son equivalentes a la implementación de TRIZ en su etapa de herramientas analíticas como la modelación de problemas, contradicciones técnicas y análisis de campo-substancia entre otras.

Basándose en los temarios sobre cursos de TRIZ ofrecidos en la red se detectaron los temas que se tocan de manera general en todos los cursos y aquellos tópicos que los diferencian; se conoció la duración de los cursos y la orientación práctica que tiene cada uno de ellos.

Mediante este análisis se sugirió un modelo de curso que permite conocer las herramientas y conceptos básicos de TRIZ, la paquetería TRIZ, el análisis de bases de datos y la búsqueda y análisis de patentes herramientas mediante las cuales se puede optimizar el proceso de generación de ideas de la empresa.

7.2. Recomendaciones generales.

Mediante la realización de esta tesis se trabajo en un caso practico, la metodología TRIZ para proponer una vía y/o método de integración de la herramienta a las empresas que practican la excelencia semejantes a las tipo Seis Sigma, por lo cual se sugiere en trabajos posteriores aplicar este método a casos en empresas Seis Sigma .

Debido a los obstáculos presentados a lo largo del desarrollo de este trabajo la vía y/o método sugerido quedó particularizado a este caso práctico. Sin

embargo, en el caso de esta empresa en particular se ha despertado el interés por parte de dos departamentos sobre el conocimiento e integración de TRIZ a sus métodos de análisis de problemas y generación de alternativas de solución.

Por otro lado, se sugiere aplicar el uso de TRIZ solo en los casos en que no se encuentran soluciones con los métodos convencionales para no complicar los procesos innecesariamente.

ANEXO 1 Resúmenes de Patentes.

United States Patent 4,598,006

Sand July 1, 1986

Method for impregnating a thermoplastic polymer

Abstract

Disclosed is a method for impregnating a thermoplastic polymer with an impregnation material such as a fragrance or pest control agent or pharmaceutical composition. A thermoplastic polymer is impregnated by (1) dissolving an impregnation material such as a fragrance or pest control agent or pharmaceutical composition material in a volatile swelling agent maintained at or near supercritical conditions for the volatile swelling agent, (2) swelling the thermoplastic polymer by contacting it at or near supercritical conditions for the volatile swelling agent with the impregnation material-laden volatile swelling agent and then (3) reducing the pressure so that the volatile swelling agent diffuses out of the thus impregnated thermoplastic polymer.

United States Patent 4,935,232

McIntosh June 19, 1990

Microbiocidal composition and method of preparation thereof

Abstract

The present invention relates to microbiocidal compositions and methods for the preparation and use of such compositions. Properly used in accordance with the present invention, these microbiocidal compositions are effective in killing or inhibiting a wide variety of harmful, destructive or offensive microorganisms including viruses, bacteria, yeasts, algae and molds. The microbiocidal compositions of the present invention are suitable for use with conventional detergents to provide microbiocidal cleansing agents. The microbiocidal compositions can also be mixed with a liquid to provide an effective disinfectant. The microbiocidal additive can be incorporated into plastic materials and various synthetic fibers thereby imparting microbiocidal activity to the plastic materials or fibers. In addition, the microbiocidal compositions of the present invention can be incorporated into a wide variety of permanent and nonpermanent coating materials including, but not limited to, paints, varnishes, epoxy coatings and waxes. The microbiocidal compositions can also be used as preservative for protecting wood and wood products from damage by microorganisms or insects. The microbiocidal compositions of the present invention can also be used to kill or repel insects.

United States Patent 6,368,207

McLaughlin , et al. April 9, 2002

Automotive heating, ventilating and air conditioning module with improved air mixing

Abstract

An HVAC housing includes a novel structure to aid the mixing of hot and cold air downstream of the evaporator and heater core. A series of space, parallel, C shaped channels running transverse to the cold air stream and generally in line with the hot air stream act to smoothly constrict the cold air stream in the gaps between the outer surfaces of the channels, while hot air concurrently runs through the inside of the channels. As the cold air passes over the edges of the channel walls, hot air is drawn out and thoroughly mixed.

United States Patent 6,494,778

Kossak , et al. December 17, 2002

Aroma dispensing unit in a HVAC system of an automobile

Abstract

The present invention provides for an aroma-dispersing unit in the HVAC system of an automobile. The aroma-dispersing unit includes a passageway and an aroma cartridge housed in an aroma cartridge housing. The passageway includes a first portion, a low-pressure zone and a second portion. The low-pressure zone defines an opening. The aroma cartridge is in communication with the low-pressure zone. The aroma cartridge also defines an opening at the top of the aroma cartridge. The opening of the low-pressure zone and the opening of the aroma cartridge are alignable such that air passing through the low-pressure zone can extract aroma from the aroma cartridge. The aroma mixed air enters the second portion of the passageway where it is dispersed into the interior of the automobile. The amount of aroma extracted from the aroma cartridge can be varied by adjusting the proximity of the opening of the aroma cartridge relative to the opening of the low-pressure zone.

ANEXO 2. Cuestionario de Situación Innovativa del caso práctico.

1a.- Mencione el sistema ingenieril (ej. producto o proceso) que le gustaría mejorar o sintetizar. Use el nombre estándar del sistema (si existe). Mencione la industria a la cual pertenece.

1b.- Mencione el problema que le gustaría resolver, relacionado con el sistema seleccionado.

1c.- Mencione otros sistemas en los cuales ha existido un problema similar. ¿Ha sido resuelto?, ¿Es posible aplicar tal solución a su problema?, ¿Es imposible? ¿Por qué?.

a) El sistema de aire acondicionado y calefacción de los autos plataforma tipo B.

b) Eliminar el olor a humedad o mal olor en los sistemas de Aire acondicionado, los cuales al entrar en funcionamiento emiten un olor molesto al cliente por unos segundos.

c) Automóviles semejantes tienen el problema y no se ha resuelto.

2a.- Identifique la Función Útil Primaria (FUP) que lleva a cabo el sistema, es decir, la función para la cual el sistema fue diseñado.

2b.- Indique el propósito de llevar a cabo esta función.

2c.- Indique otras funciones adicionales del sistema (funciones preliminares, correctivas, protectoras, de recubrimiento, etc.).

El sistema fue diseñado para enfriar o calentar el aire inducido al interior del auto mediante el uso de la refrigeración.

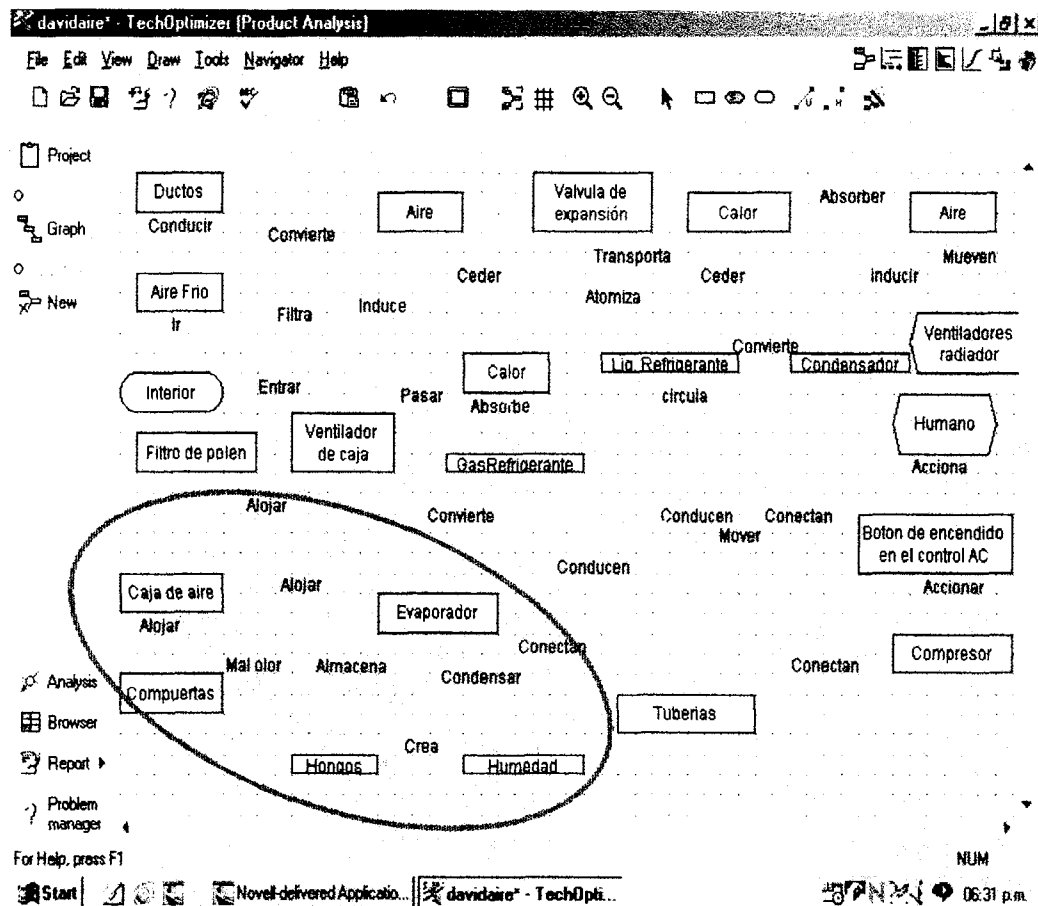
Proporcionar confort a los pasajeros dentro del automóvil.

Introducir aire al habitáculo.

Dirigir y controlar el flujo de aire a las posiciones requeridas.

3.- Describa la estructura del sistema, desarrollando una descripción con dibujos relacionados al sistema. La estructura deberá describirse en su estado estático (Cuando el sistema no esté funcionando). Se deberán indicar secuencialmente todos los sub-sistemas, detalles y conexiones entre ellos.

4.- Describa el medio ambiente del sistema. Otros sistemas con el cual el sistema interactúa (benéfica o perjudicialmente), supersistemas medio ambiente.



NOTA. No pertenece al ISQ pero se toma como la modelación del sistema.

5.Describa los recursos del sistema.A.- Liste los recursos disponibles en el sistema. (Recursos de sustancia, de campo, de espacio, de tiempo, de información y funcionales).

Subsistemas: Sistema de aire acondicionado, sistema de calefacción y cámara de aire

Recursos disponibles: SAC compresor, evaporador, condensador y válvula de expansión, condensación, rejillas , evaporador.

Sistema de calefacción: Serpentín, refrigerante, resistencias eléctricas.

Caja de aire: Ductos, compuertas, aislantes, evaporadores, ventilador de caja aire, drene.

Subsistema de control, botones de encendido, de dirección de flujo de aire, dirección de compuertas, botones de encendido de AC, control de velocidades del ventilador.

6.- Describa cómo funciona el sistema, o sea, cómo trabaja cuando lleva a cabo la Función Útil Primaria, y cómo interactúan entre sí sus elementos y sub-sistemas.

El sistema comienza su funcionamiento de la siguiente manera:

- 1) Cuando el pasajero pulsa el botón de encendido de aire luego entonces mediante la señal eléctrica el sensor activa el clutch magnético que tiene acopla el compresor a la banda de distribución.
- 2) El compresor una vez activado hace circular el refrigerante dentro del sistema, por lo tanto su función es mover el refrigerante que al salir del compresor se encuentra en estado gaseoso con una alta presión y una alta temperatura .
- 3) El refrigerante pasa a través del condensador donde cambia de fase a estado líquido cediendo su calor al aire que es inducido por un ventilador a pasar entre las paredes del condensador.
- 4) Una vez que el refrigerante se encuentra en estado líquido y alta presión pasa a través de la válvula de expansión cuya función básicamente es atomizar el líquido refrigerante todas . Es importante mencionar que el condensador, el compresor y la válvula de expansión se encuentran dentro del compartimiento del motor.
- 5) El refrigerante pasa a través del evaporador que se encuentra dentro de la caja de aire en el interior del habitáculo y detrás de la guantera. En el evaporador es donde ocurre el cambio de estado del refrigerante absorbiendo calor del aire inducido a pasar por las paredes del evaporador. De tal manera el aire se enfría y es llevado al interior del auto.
- 6) El ventilador centrífugo que activado inmediatamente que el AC, la ventilación o la calefacción es encendida introduce el aire dentro de la caja de aire y lo lleva al interior del automóvil.
- 7) De tal manera el aire pierde calor y baja su temperatura, el ventilador centrífugo además de inducir el aire para que pase a través del evaporador también dirige el aire mediante las compuertas de la caja de aire hacia los ductos que salen de la caja de aire al interior del habitáculo en diferentes ubicaciones.
- 8) La caja de aire es donde se ubica el evaporador, otro intercambiador de calor encargado de la calefacción y el ventilador centrífugo que induce el aire al interior del auto, también contiene los chicotes que permiten el movimiento de las compuertas internas de la caja.
- 9) El flujo de aire es controlado por el pasajero mediante una perilla que contiene un mecanismo con chicotes que mueve las compuertas del interior de la caja para dejar pasar el aire a las diferentes posiciones.

- 10) La perilla de aire frío o caliente simplemente regula la posición de la compuerta que divide el flujo del aire por el sector donde está el evaporador o por donde está el intercambiador de calor.
- 11) Este intercambiador de calor no es parte del sistema de AC, si no del sistema de enfriamiento del auto y permite el paso del líquido refrigerante que viene del motor a alta temperatura como ya se sabe el refrigerante cede el calor al medio y el aire por tanto se calienta.

7.- Indique el efecto negativo o inconveniente (y su tipo) que representa la esencia del problema, algo que no se quiera en el sistema. Indique cómo se relaciona este inconveniente a la Función Útil Primaria y a otras funciones útiles del sistema. Describa el mecanismo que causa el efecto negativo si está identificado.

El problema es la generación de mal olor en el interior de la caja cuando se enciende el AC, por lo cual el primer flujo de aire inducido al interior del vehículo presenta un olor desagradable.

Al existir un descenso en la temperatura del aire debido al intercambio de calor existe una condensación en forma de gotitas de agua por la humedad presente en el aire del cual se sospecha.

Esta agua es desalojada por una salida que tiene hacia el exterior de la caja, sin embargo se cree que existe cierta cantidad de agua que queda estancada en el interior y al ser sustancia orgánica favorece la formación de hongos y bacterias que van formando colonias más grandes hasta que sus esporas viajan por el aire y ellas son las que despiden el mal olor.

8.- Describa los efectos que desearía eliminar, su visión del resultado ideal y si existen restricciones .

Eliminar el efecto de agua estancada dentro de la caja de aire , reducir la posibilidad de formación de microorganismos en el interior de la caja, permitir rápidamente el desalojo del agua de la caja de aire

Si es cierto que el agua estancada ocasiona el problema el deseo es encontrar un diseño de caja que permita la completa eliminación de agua estancada después de que se apaga el auto.

Existe la restricción de que para estos modelos se encuentra es su etapa final y no se piensa invertir en ellos, pero para las próximas plataformas se está abierto a analizar el costo de la mejora.

ANEXO 3. Contenidos de los Cursos ofrecidos en el mercado.

BMG TRIZ TRAINING CURRICULUM for Black Belts

Day One:

- Why TRIZ?
- Understanding TRIZ
- Understanding the ideal solution and the “degree of ideality”
- Understanding physical contradictions
- Resolving physical contradictions
- Interactive problem solving exercises

Day Two:

- Introduction to the Algorithm for Inventive Problem Solving (ARIZ)
- Application of ARIZ
- Substance-field analysis: modeling technological systems and their transformations
- Standards for solving problems
- Standards for elimination of harmful actions
- Interactive application of standards

Day Three:

- Standards for development of detection and measurement systems
- The interaction between Standards and ARIZ
- Combined application of Standards and ARIZ
- The S-curve of technological systems evolution
- Levels of invention

Day Four :

- Technology assessment curves
- Laws of technological system evolution
- Application of the substance-field analysis and standards to development of next-generation products and manufacturing processes

Day Five:

- Guided technology evolution
- Combined application of TRIZ concepts and tools for engineering problem solving
- TRIZ analysis of product and/or manufacturing process design problems brought in by the participants

The American Supplier Institute ASI

(3-Day Workshop) About the Program:

This workshop will provide a practical method for enhancing engineering creativity. The method is based on the Theory of Inventive-Problem Solving (TRIZ in its Russian acronym), developed after thorough analysis of some 2.5 million

Who should attend?

Anyone who is involved with the development of new technology – engineering and R&D executives, project leaders, designers, researchers, engineering consultants, black belts, green belts, inventors, patent lawyers – can benefit from learning this methodology.

Day One

8:00 a.m. – Noon

- Why we need a theory of invention. Demands of global competition. Importance of conceptual design. Conventional approaches – Trail-and-Error Method, Psychological Inertia.
- TRIZ – systematic, logical approach to solving complex engineering problems.
- Ideal Technological System, Ideal Solution.
- System Conflicts. Conflict Matrix. Application of Invention Machine[®] Lab[®] software to resolving System Conflicts.
- Physical Contradictions. Methods for Resolving Physical Contradictions.
- Interactive solving of real-life problems by using basic concepts of TRIZ

1:00 p.m. – 5:00 p.m.

- Interactive solving of real-life problems by using basic concepts of TRIZ (continuation).
- Substance-Filled Analysis – a means for modeling technological systems and their transformations.
- Standard Approaches to Inventive Problems (Standards) – a powerful set of tools for the most effective transformations of technological systems.
- Interactive training in using Standards for solving engineering problems
- Analysis of the problems brought by the participants.

Day Two

8:00 a.m. – Noon

- ARIZ – Algorithm for Inventive Problem Solving, main analytical and solution tool of TRIZ
- Training in application of ARIZ to solving problems
- Combined application of ARIZ and Invention Machine[®] Lab[®] software to solving problems.

1:00 p.m. – 5:00 p.m.

- Continuation of interactive training in application of Standards to solving problems
- Interaction of the Standards and ARIZ
- Training in combined application of ARIZ and Standards to solving problems
- Solving of problems brought in by the participants.

Day Three

8:00 a.m. – Noon

- Knowledgebase of Engineering Application of Physical, Chemical, and Geometric Effects. Application of Invention Machine[®] Lab[®] software to solving problems by using the Knowledgebase.
- Laws of Technological System Evolution
- Technological Forecasting
- Application of the Standards and the Laws of Technological System Evolution to conceptual development of next generation products and processes
- Application of the Laws of Technological Evolution to patent fencing and circumventing competitors' patents

1:00 p.m. – 5:00 p.m.

- Interactive application of ARIZ, Standards, and Invention Machine Lab software to the participants' problems
- Experience in implementation of TRIZ in the US industry. Optimal TRIZ deployment system for corporations and small businesses.
- Discussion

C2C Solutions

Objetivos

The Innovation for Engineers Workshop is designed to greatly enhance the attendees' creativity and innovation skills. Attendees will be able to generate twice as many quality ideas in less than half the time. This workshop is very interactive with many

- Understand the 8 leading Barriers to Innovation
- Learn how to overcome the leading Barriers to Innovation
- Learn some of the most powerful "tools" in the TRIZ Methodology
- Learn 5 Strategies to address Engineering Conflicts, which surface in multiple aspects of Product Development.
- Discover how a technique called "Function Modeling" can help to redefine the problem and achieve a new and simpler perspective on difficult situations.
- Learn special Algorithms for Cost and Complexity Reduction.
- Experience State of the Art Software for Innovation and Knowledge Mining.
- Learn how to use the Patent Offices to generate ideas.
- Learn how 19 Technology Trends can help solve technical problems.
- Learn over 14 Psychological Methods to "spark and inspire" new ideas.
- Learn how other "Tools" compliment and integrate with the Innovation Process. (DFSS, FMEA, Pugh, Taguchi's Methods, FTA, VA/VE, Robust Decision Making, SPC, etc.)

Agenda del curso

C2C will customize this course agenda to fit the client's objectives. The following represents a rough outline for a 2-Day Innovation and TRIZ for Engineers Workshop. An optional 3rd day can be added to continue working on real projects.

- Introductions / Course Objectives
- o Opening Comments, Introductions, Logistics, etc.
- 8 Deadly Barriers to Innovation – Learn what can keep people from maximizing their creative potential. Discussion on typical strategies for Innovation and how to break common barriers to ensure the best solutions to technical problems.
 - o Risk (Real and Perceived)
 - o Psychological Inertia (Paradigm Paralysis)
 - o Project Constraints
 - o Lack of Knowledge
 - o Conflicts or Contradictions
 - o Large Ego's
 - o Unpredictable Future
 - o Solving the "Wrong Problems"
- Overcoming Barriers to Innovation
 - o Several techniques/enablers to overcome most of the Barriers to Innovation
- "Ideality" and The Ideal System
 - o Definition
 - o Strategies to approach the Ideal System
 - o Examples
 - o Group Exercise/Workshop (Optional)

- Using Resources- Utilization of “free” or inexpensive resources in the system or super-system area to improve the Ideality of the system and/or speed up the next generation development.
 - o The 5 Resource Categories
 - o Examples
 - o Group Exercise/Workshop (Optional)
 - Resolving Technical Contradictions
 - o Definition
 - o How Engineers typically deal with Technical Conflicts
 - o Altshuller’s Contradiction Table – A method for dealing with over 1200 common “Technical Conflicts”
 - § Altshuller’s 39 Parameters
 - § Altshuller’s 40 Inventive Principles
 - § Algorithm for using the Table
 - o Examples
 - o Group Exercise/Workshop (Optional)
 - Resolving Physical (or Logical) Contradictions
 - o Definition
 - o How Engineers typically deal with Physical Conflicts
 - o The transformation of Technical Conflicts into Physical Conflicts and vice-versa
 - o The 4 Separation Principles
 - o Examples
 - o Group Exercise/Workshop (Optional)
 - Function Analysis – A structured method of formulating “Engineering Situations” for optimum solvability.
 - o Function Modeling Goals and Steps
 - o Function Modeling Elements
 - o The “Trimming Technique” – Complexity and Cost Reduction techniques.
 - o Group Exercise/Workshop (Optional)
 - Trends of Technology Evolution – Historical Technology Trends are useful to extrapolate likely future evolutions. Learn numerous technology “Trends and Patterns” that can be useful in solving engineering problems, as well as, “predicting” when
 - o Description of the 8 “Classic” Technology Trends
 - o 19 additional Trends that can be useful in solving engineering problems as well as “predicting” where your technology is heading.
 - o Group Exercise/Workshop (Optional)
 - TRIZ Related Software – Demonstration, explanation, Case Study, and “Hands on” interactive activities using TRIZ related software.
 - o Introduction to TechOptimizer 3.5 - This software has its roots in TRIZ. TechOptimizer is a suite of 7 software modules that are directed at solving engineering problems and developing conceptual solutions.
 - § Product Analysis - Automates the Function Analysis & Modeling of Engineering Systems, Sub-systems, or components. Helps to model & analyzes a product/system by defining component functions, evaluating “functional” interactions, & proposing ways
 - § Process Analysis - Automates the Function Analysis & Modeling of a Manufacturing Process. Models & analyzes a manufacturing or technological process. As in Product Analysis, this module incorporates value, cost, and function analysis to effect
 - § Feature Transfer - Improves technological systems by transferring desirable features from one engineering system to another.
 - § Effects - An impressive cross-industry and cross-disciplined list of over 8,000 animated Scientific Effects and Engineering Examples organized by function.
 - § Prediction - Leverage Technology Trends to accelerate the advancement of your Engineering Systems.

§ Principles - Access to Altshuller's 40 Inventive Principles used to address Engineering Contradictions and conflicts.

§ Internet Assistant - Direct access to the patents from the worlds largest Patent Offices (United States, Japanese, European, Ireland, United Kingdom and the World International Property Organization)

o Case Study Examples (Optional)

· Advanced Patent Analysis

o How to get easy access to the Worlds major Patent Offices

o Basic Searches

o Advanced Knowledge Extraction

· Knowledge Mining Software

o Introduction to Knowledge Mining Software - This Software uses patented Semantic Processing software to read, understand, and extract the essence of any electronic-text English document. This software "reads" the documents looking for topics, pr

§ Semantic Analysis

§ Patent Knowledge Extraction

§ Internet and Intranet Knowledge Extraction

C2C can cost-effectively perform searches and Knowledge Extraction on the Internet, over 2,000 industry-specific "Deep Web" sources, your Corporate Intranet, or any files you can provide: (pdf, html, doc, txt, rtf, etc.) (See "Deliverables" below for ex

How does it work? In simple language, up to 60 leading Search Engines simultaneously search and find relevant source documents throughout the Web and over 2,000 industry-specific "Deep Web" sources. Once source documents that meet your search criteria ar

· 14+ Psychological Methods for Innovation, Concept Generation, and Problem Solving

1. Scope Expansion

2. Enliven the 6 Senses

3. "Painstorming"

4. Having the "Right" People

5. Getting Lucky

6. DeBono's 6 Hats

7. If you can't fix it, Feature it!

8. Blue-Sky Brainstorming

9. Industry Trend Analysis

10. Modification Analysis

11. Sales Point Scrutiny

12. Anomalous Analysis

13. Lateral Benchmarking

14. Super Lateral Benchmarking

15. More . . .

· Keys to Success for fostering Innovation

o 7 Keys to successful "Innovation"

· Integrating Innovation with other Leading DFSS Methods

o Learn an integrated DFSS (Design for Six Sigma) approach to developing world class Products and Services (The C2C Process)

· Custom Group Workshops on "Real" Projects (Optional)

o If time permits, or is designed into the Course Agenda, Attendees may break up into teams to work on real projects. (Optional)

o Innovation Software may be temporarily loaded to individuals' workstations for group projects.

o Group Presentations of progress. (Optional)

· Wrap-up and Adjourn

Target Audience:

- Product and Process Engineers
- Program Managers
- Scientists
- Quality Assurance
- R&D Specialists
- Patent Attorneys
- Intellectual Property Managers
- Anyone responsible for Problem Solving, Research, of the development of Next Generation Products.

Empresa TRIZ consulting. Inc

Temas cubiertos

Analysis of a Situation and Problem Formulation

Ideal Ways (the best directions to design the ideal product or process)

Solving a class of problems called an Insufficient Function

Solving a class of problems called a Conflict

Solving a class of problems called a Harmful or Unwanted Function

Solving a class of problems called Measurement

Solving a class of problems Revealing the Causes of a Failure

Accelerated development of the new generation of products and processes by applying

Technological Forecast

Combined application of TRIZ Methods

Solving participants' real-life problems

Implementation of TRIZ

Day One

Introduction

Why the Theory of Inventive Problem Solving?

TRIZ vs. brainstorming

Basic Concepts of TRIZ

The evolution of systems

Conflicts and contradictions

Ideal system

TRIZ methods

Analysis of a System

Analysis of the structure

Functional analysis

What is Substance-Field Analysis

TOP function diagram of a system

Problems that are worth solving

Case studies

Ideal Ways (the best directions to design the ideal product)

Inventive Principles

Applying TRIZ to Problems Brought by the Participants

Day Two

Algorithm for Inventive Problem Solving

Analysis of a conflict

Model of the problem

Analysis of the available resources

Physical contradictions
Ideal final result
Five techniques for physical contradiction -separation
Case studies
TRIZ Standard Techniques
Sufficient substance-field models
Development of the new generation of products and processes
Case studies

Applying TRIZ to Problems Brought by the Participants

Day Three

TRIZ Standard Techniques
Six techniques for direct elimination of a harmful or unwanted action
Seven techniques for indirect elimination of a harmful or unwanted action
Three techniques for elimination of the consequences of a harmful action
Techniques to turn a harmful action into a useful action
Development of the new generation of products and processes
Case studies
Algorithm for Inventive Problem Solving
Applying TRIZ to Problems Brought by the Participants

Day Four

TRIZ Standard Techniques
Special techniques for development of measurement systems
Development of the new generation of products and processes
Case studies
TRIZ Standard Techniques
Techniques to reveal the cause of a failure using TRIZ
Case studies
Algorithm for Inventive Problem Solving
Case studies
Applying TRIZ to Problems Brought by the Participants

Day Five

Technological Forecast
Accelerated development of the new generation of products and processes
Technological forecast using TRIZ
Case studies
Concept Evaluation
Combined application of TRIZ Methods
Group Discussion

Introductory TRIZ TRAINING 2002-03

from Technical Innovation Center, Inc.
(maximum class size is 20 trainees)

1 - Day TRIZ Overview Overview of major TRIZ tools and concepts including Ideality, Contradictions, Resources, and Evolution of systems. We will then spend time exercising the new concepts by working through sample problems.

2 - Day Same as 1 Day. 2nd day, review of major TRIZ tools and concepts including Ideality, Contradictions, Resources, and Evolution of systems. In addition, we will look at Standards, ARIZ. We will solve sample problems and further investigate Evolution.
Overview & Introductory Problem Solving

INSYTEC Training TRIZ

Basics History, philosophy and theoretical background of TRIZ and Knowledge-Based Innovation; Ideal Final Result, the Theory of Technology Evolution.

Analytical techniques Contradiction Analysis: finding and formulating contradictions that arise when solving design problems.

Interaction Analysis: representing problems in terms of physical components and interactions.

Function-based redesign: formulating problems on the basis of functional models of design products.

Problem Solving Techniques 40 basic inventive principles for eliminating technical contradictions.

Collection of physical effects for systematic innovative design structured accordingly the use of the effects in the technology.

76 generic inventive patterns for solving problems and producing a forecast of future evolution of a selected product in design terms. Overview of TRIZ for solving business and management problems.

Computer-Aided Innovative Design Introduction to TechOptimizer™ software package. Introduction to TRIZ Explorer™ software package.

Practical problem solving Practice with educational problems: every technique is explained by previous case studies and by solving a number of real problems by the course participants. Practice with real problems brought by the participants. Using the learned techniques and the course materials by the participants to find novel solution concepts to their problems.

Course Materials

Guide to the TRIZ-based innovative problem solving.

The book of Yuri Salamatov "TRIZ: The Right Solution at the Right Time: A Guide to Innovative Problem Solving" – the most comprehensive English-language textbook on TRIZ.

TRIZ Explorer: software package which contains TRIZ knowledge bases and provides knowledge resource management.

Reference materials: Altshuller's matrix of inventive principles; collection of inventive standard solutions; pointers to effects.

Language

The course language is technical English.

Price

Euro 1000,- per person.

All prices are excluding VAT/BTW (if applicable)

Payment has to be done prior to the training course.

Prices include all course materials, lunches, and refreshments.

Due to intensity and interactivity of the course the number of participants is limited. If the course is oversubscribed, applications will be dealt with on a first come, first served basis.

ANEXO 4. 50 Parámetros Ingenieriles Actualizados.

	New	Old	Comments
green	Weight of Moving Object	Weight of moving object	Understand the grouping for geometrical properties.
	Weight of Stationary Object	Weight of stationary object	
	Length/Angle of Moving Object	Length of moving object	
	Length/Angle of Stationary Object	Length of stationary object	
	Area of Moving Object	Area of moving object	
	Area of Stationary Object	Area of stationary object	
	Volume of Moving Object	Volume of moving object	
	Volume of Stationary Object	Volume of stationary object	
	Shape	Shape	
	Amount of Substance	Quantity of substance/ matter	
green	Amount of Information	Information	
	Duration of Action of Moving Object	Duration of action of moving object	Here definitely a time related parameter - no 'durability' as in some translations of the classical Matrix
Duration of Action of Stationary Object	Duration of action by stationary object	same	
purple	Speed	Speed	Includes velocity and process time
	Force/Torque	Force (Intensiv)	
	Energy Used by Moving Object	Use of energy by moving object	Relates to performance and 'amount' and specifically not efficiency or 'loss'
	Energy Used by Stationary Object	Use of energy by stationary object	
	Power	Power	
	Stress/Pressure	Stress or pressure	
	Strength	Strength	
	Stability	Stability of the object's composition	
	Temperature	Temperature	
	Illumination Intensity	Illumination Intensity	
purple	Function Efficiency		intended to help focus on function of whatever form
	Loss of Substance	Loss of substance	
yellow	Loss of Time	Loss of Time	
	Loss of Energy	Loss of Energy	
	Loss of Information	Loss of Information	
	Noise		
	Harmful Emissions		
	Other Harmful Effects Generated by System	Object-generated harmful factors	
yellow	Adaptability/Versatility	Adaptability or versatility	
	Compatibility/Connectability		
blue	Transportability		
	Trainability/Operability/Controllability	Ease of operation	
	Reliability/Robustness	Reliability	Anything to do with security
	Repairability	Ease of repair	
	Security		An emerging parameter - still not too many examples
	Safety/Vulnerability		
blue	Aesthetics/Appearance		Anything harmful not specifically covered in the preceding parameters in this category
	Other Harmful Effects Acting on System	Object-affected harmful factors	
grey	Manufacturability	Ease of manufacture	
	Manufacture	Manufacturing precision	
	Precision/Consistency		
	Automation	Extent of automation	
	Productivity	Productivity	
	System Complexity	Device complexity	
grey	Control Complexity		
	Ability to Detect/Measure	Difficulty of detecting and measuring	
pink	Measurement Precision	Measurement accuracy	new title includes 'accuracy'

Referencias.

- [1] Tennant, Geoff, **Six Sigma**, Edit. Panorama, 2001.
- [2] Terninko, J., Zusman, A., Zlotin, B., **Systematic innovation : an introduction to TRIZ**, Innovation, 1998.
- [3] Verduyn David, **Integration Innovation into design for Six Sigma**, C2Csolutions, Febrero 2002
- [4] Altshuller, G.S; **Creativity as an Exact Science**, Garbon and Breach, NY 1984.
- [5] Kaplan, Stan, **An introduction to TRIZ, the Russian Theory of inventive problem Solving**, Ideation International, 1994
- [6] Toru Nakagawa, **Essence of TRIZ in fifty words**, Osaka Gakuin University, May 2001
- [7] Don P. Clausing, **The Role of TRIZ in Technology Development** , Massachussets Institute of Technology, Dic 2002
- [8] John Hising, **Conflict Resolution Using TRIZ and Design of Experiment (DOE)**, TRIZ.journal Marzo 2001
- [9] Ellen Domb, Ph.D., **Increase Creativity to Improve Quality**, <http://www.triz-journal.com>, 1998
- [10] Rantanen Kalevi and Ellen Domb, **Simplified TRIZ**, St. Lucie Press, 2002
- [11] James F. Kowalick, **Technology forescating with TRIZ**, Institute Center of TRIZ Development ,2000 .
- [12] Yang Kai and Hongwei Zhang, **A Comparison of TRIZ and Axiomatic Design** , TRIZ- Journal , Sept 2000
- [13] D.H. Stamatis, **Six Sigma and Beyond**, St. Lucie Press, 2002.
- [14] Rawlinson, Graham, **TRIZ in 7 Simple Steps**, Next Step Associates, TRIZ-journal 2001.
- [15] Mann, Darell and Dewulf Simon, **Updating the contradiction Matriz**, Creax, Jan 2003.
- [16] Gutiérrez Garza Gustavo, **Aterrizando Seis Sigma**, Edit. Castillo2002
- [17] De Feo, Joseph A., **What you need to know about Six Sigma quality?**, Juran Institute.
- [18] Tennant, Geoff, **Design for Six Sigma : launching new products and services without**; 2002.
- [19] León Rovira Noel, **Ejemplo de enseñanza basada en proyectos con una novedosa metodología de diseño de productos en el marco de un curso rediseñado de nivel maestría**, Triz Journal 1998.

