



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**“INNOVACIÓN Y CREATIVIDAD:
METODOLOGÍA TRIZ”**

T e s i s

Que para obtener
el Grado de Maestro en Ingeniería
con especialidad en
Investigación de Operaciones

P r e s e n t a:

ANALaura ROJAS HUERTA

Director de Tesis: Dr. Sergio Fuentes Maya



México, D.F. Ciudad Universitaria,

Mayo, 2006

INNOVACIÓN Y CREATIVIDAD: METODOLOGÍA TRIZ

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. TÉCNICAS DE CREATIVIDAD	4
CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DE TRIZ	12
CAPÍTULO III. LOS 40 PRINCIPIOS	17
CAPÍTULO IV. LAS 76 SOLUCIONES ESTÁNDAR	38
CAPÍTULO V. ALGORITMO DEL TRIZ	49
CAPÍTULO VI. EJEMPLOS PRÁCTICOS	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	79

INTRODUCCIÓN

En 1946 un ingeniero y científico ruso llamado Genrich Altshuller descubrió que la evolución de un sistema cualquiera no se da al azar sino que esta gobernado por ciertas leyes objetivas; éste descubrimiento le permitió entender que la solución a diversos problemas puede realizarse a través de una metodología, de modo que, la solución a cualquier problema podría efectuarse de manera fácil y creativa.

La técnica de creatividad TRIZ (acrónimo en ruso para la Teoría de Solución de Problemas Inventivos) es una metodología de conocimiento-base, que genera nuevos conceptos. La metodología TRIZ se fundamenta en el entendimiento de la evolución de productos exitosos, en la forma de superar las barreras psicológicas y en la generalización de los métodos utilizados para resolver problemas en las invenciones más innovadoras. TRIZ realiza un análisis sistemático del problema, aplicando una serie de normas que generan soluciones alternativas.

Desarrollada en la antes Unión Soviética, la metodología TRIZ surgió del análisis de las invenciones más innovadoras en diferentes industrias tecnológicas y campos de la ingeniería mundial, así como también de las tendencias comunes en la evolución de muchos productos exitosos. En cuanto al planteamiento y resolución de problemas, TRIZ se enfoca en la máxima utilización de los recursos de un producto o proceso, su suprasistema y su ambiente; además clasifica los problemas de acuerdo con su innovación y ofrece métodos de solución para cada tipo.

La base de la Teoría para Resolver Problemas Inventivos (TRIZ) es la comprensión de que las contradicciones pueden ser resueltas metódicamente a través de la aplicación de soluciones innovadoras. De hecho ésta, es una de las tres premisas sobre las cuales se basa la teoría, que son: 1) el diseño ideal es una meta, 2) las contradicciones ayudan a resolver problemas, y 3) el proceso de innovación puede ser estructurado sistemáticamente. Una vez que un problema es estructurado como una contradicción, existen métodos para resolver esta contradicción.

En la actualidad se vive en un mundo vertiginoso debido al gran desarrollo de la ciencia, lo cual demanda competitividad en todas las áreas, además del manejo de información masiva; es por ello que todas las organizaciones hoy en día requieren del uso de tecnologías que resuelvan de manera sencilla y rápida los problemas que enfrentan, y para ello, se requieren individuos que sean portadores de una cierta creatividad e innovación que les permita generar valor agregado y mantener un crecimiento constante en su organización.

Existe una variedad de alternativas que solucionan problemas complejos de forma creativa, pero existe una en especial que desarrolla el potencial de cada individuo

permitiendo formar personas altamente creativas en la resolución de problemas, lo cual estimula la supervivencia y crecimiento de cualquier organización. Esta alternativa es la denominada Metodología TRIZ, creada y desarrollada por Genrich Altshuller, esta enfocada en resolver problemas complejos de cualquier campo de la ingeniería.

De aquí se desprende el objetivo de ésta Tesis, brindarle a cualquier persona la oportunidad de ser más creativo en la solución de problemas técnicos, a través del conocimiento y aprendizaje de la metodología TRIZ; después de todo, debemos recordar que la invención es la necesidad de resolver problemas prácticos.

Asimismo, la idea de esta Tesis es demostrar que la metodología TRIZ es:

- una herramienta de gran ayuda para todas las personas que se desenvuelven en el ámbito de la ingeniería, cuya función es entender, inventar y plantear soluciones a problemas reales.
- ayuda a perfeccionar el conocimiento en la solución de problemas, ya que desarrolla y fortalece el proceso de pensamiento para que éste a su vez se vuelva más creativo.
- permite encontrar soluciones innovadoras e incrementa la efectividad de nuestro trabajo y resultados, ya que para resolver un problema, no es tan importante tener demasiado conocimiento, sino organizar el que ya se tiene.
- es una guía sistemática que mejora la creatividad técnica y la innovación, por tanto facilita la solución de problemas más complejos.

Este trabajo de Tesis se desarrolla de la siguiente manera:

En el primer capítulo se habla sobre las técnicas de creatividad que se han desarrollado para resolver problemas inventivos y cómo éstas han evolucionado en su búsqueda por encontrar un algoritmo cuyo objetivo sea guiarnos de forma simple y clara a la solución de problemas.

En el segundo capítulo se explica que son los sistemas técnicos, los niveles de innovación, las contradicciones técnicas y físicas y la ley de idealidad, ya que todos estos conceptos son la base de la metodología TRIZ.

En el tercer capítulo se da a conocer una de las herramientas de la metodología TRIZ, los 40 Principios y la Matriz de Contradicciones, los cuales son utilizados para eliminar contradicciones técnicas y dar solución a un problema.

En el cuarto capítulo se da a conocer otra de las herramientas de la metodología TRIZ, las 76 Soluciones Estándar y el modelo Campo-Sustancia, los cuales sirven para sintetizar y reconstruir sistemas técnicos, ayudando a determinar que cambios necesita un sistema para mejorarlo, encontrando así la solución a un problema.

En el quinto capítulo se da a conocer otra de las herramientas de la metodología TRIZ, el algoritmo para resolver problemas inventivos (ARIZ), el cual proporciona una secuencia específica de pasos, para desarrollar una solución a problemas complejos.

En el sexto capítulo se da a conocer una sección de ejemplos prácticos que ilustran el uso de la metodología TRIZ.

Finalmente, este trabajo de Tesis pretende describir la metodología TRIZ de una manera sencilla, con la finalidad de poder aplicarla para lograr la innovación de algo conocido o para encontrar la mejor solución a cualquier problema, es decir, inventar, crear.

CAPÍTULO I. TECNICAS DE CREATIVIDAD

En este capítulo, se habla de las técnicas de creatividad, esto es, de los diversos métodos de invención utilizados para resolver problemas inventivos y de como han evolucionado en su necesidad de encontrar un proceso ordenado que les permita eficientar la solución de problemas inventivos hasta llegar al desarrollo de un algoritmo que estimule la intuición cuyo objetivo sea la solución de problemas.

La creatividad técnica, se ha convertido en una poderosa herramienta que ayuda a resolver los problemas técnicos de una manera rápida y eficiente.

Hoy en día, la metodología TRIZ es aceptada en todo el mundo y dentro de las principales ideas que tenía Genrich Altshuller, su creador, se encuentra el Algoritmo de Innovación, cuya base ideal dice que: "El proceso de creatividad puede ser aprendido y conocido de tal forma que se convierta en una herramienta accesible para todo aquel que quiera resolver problemas de una forma creativa". Existe un "algoritmo para la invención su nombre es: ARIZ.

Aunque la metodología TRIZ es conocida como un conjunto de herramientas para resolver problemas de ingeniería, en realidad es mucho más que eso; TRIZ es una nueva forma de pensamiento, pues desarrolla habilidades para lograr un "Pensamiento Fuerte" o también llamado "Pensamiento Independiente Analítico".

Para Altshuller, un individuo creativo es una persona que persigue una meta noble, pues debe estar dispuesto a pensar de manera libre, analítica, holística e independiente. No podemos sobrevivir a menos que desarrollemos y empleemos completamente nuestro poder intelectual para alcanzar metas éticas y materiales que aseguren la continua evolución de la raza humana.

Es por eso, que cualquier teoría de invención debe estudiar la innovación creativamente, con el propósito de desarrollar métodos efectivos para resolver problemas inventivos, pues parte de la creatividad reside en la habilidad para plantear un problema correctamente.

De los diversos métodos de invención utilizados para resolver problemas inventivos de manera tradicional, se puede concluir lo siguiente:

1. Los pensamientos de un inventor se mueven de un concepto conocido a uno desconocido.
2. Un inventor es forzado a elegir un camino completamente diferente hacia la solución correcta.

3. Aunque la solución final sea exitosa, la búsqueda del inventor estuvo lejos de la perfección.

De aquí se entiende que, una metodología de invención es necesaria para:

- Tratar problemas que estén estancados, esperando por soluciones innovadoras por parte de los inventores.
- Resolver problemas inventivos eficientemente.
- Utilizar repetidamente nuevos métodos para resolver otros problemas técnicos, y
- Auxiliar a los inventores en su laboriosa búsqueda por nuevas soluciones.

Inventar es la actividad humana más antigua y aunque existen millones de invenciones, es sorprendente ver que cada vez los problemas inventivos son más complejos y los métodos para resolver estos problemas casi no han mejorado. Como regla los inventores han usando el método de prueba-y-error para alcanzar sus metas.

Por tanto, "sería magnífico que las invenciones fueran el resultado de un proceso lógico y sistemático", dijo en alguna ocasión John Rabinov, inventor norteamericano. Asimismo, un inventor soviético G. Babat, comentó que existía la necesidad de desarrollar algún tipo de proceso ordenado de búsqueda que tuviera reglas. Una ciencia para resolver problemas creativos es la heurística. Pero, la heurística no ha generado un método efectivo para resolver problemas inventivos y esto se debe a que la heurística encuentra reglas universales aplicables a cada área de la actividad humana.

El trabajo de Engelmeyer, científico ruso es notable, ya que ofreció un modelo del proceso creativo consistente en tres acciones:

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1ª acción. Intuición y deseo | Creación de una idea. |
| 2ª acción. Conocimiento y Análisis | Desarrollo de conceptos y planes. |
| 3ª acción. Cómo hacer algo | Implementación ingenieril de la invención. |

En 1931, Rossman, psicólogo norteamericano, publicó un libro en donde no reveló la esencia de la creatividad inventiva, pero hizo modestas conclusiones acerca del proceso creativo, las cuales son:

1. Identificación de necesidades y/o problemas.
2. Análisis de estas necesidades y/o problemas.
3. Revisión de información existente.
4. Formulación de todas las soluciones posibles.
5. Análisis de estas soluciones.
6. Nacimiento de una nueva idea.
7. Experimentación y confirmación de un nuevo concepto.

En 1934, el psicólogo soviético Jacobson publicó el primer volumen de su libro "El Proceso de Creatividad de un Inventor", donde ofreció su propio concepto del proceso creativo consistente en siete pasos:

1. Período de preparación intelectual/creativa.
2. Encontrar una demanda/necesidad.
3. Surgimiento de la tarea y/o idea.
4. Búsqueda de la solución.
5. Creando un concepto inventivo.
6. Transición del concepto a un formato esquemático.
7. Implementación técnica y desarrollo de la idea.

Para entender la técnica del proceso creativo es necesario considerar que la actividad inventiva tiene múltiples niveles durante cada etapa del proceso creativo.

A continuación se presenta una Tabla, de un diagrama estructurado del proceso creativo, en donde los números 1,2,3,4 y 5 representan los niveles del proceso creativo y las letras A,B,C,D,E y F representan las diferentes etapas del proceso creativo.

Definiendo los niveles del proceso creativo, como se muestra a continuación:

Nivel 1: Utilización de un objeto existente sin considerar otros objetos.

Nivel 2: Elegir un objeto de varios objetos.

Nivel 3: Hacer cambios parciales al objeto seleccionado.

Nivel 4: Desarrollo de un nuevo objeto, o la modificación completa de un objeto elegido.

Nivel 5: Desarrollo de nuevos sistemas complejos.

Niveles	Eligiendo la Tarea	Eligiendo un concepto de búsqueda	Recopilación de datos	Buscando una idea	Idea encontrada	Implementación práctica
	A	B	C	D	E	F
1	Utilizar una tarea existente	Utilizar un concepto de búsqueda existente	Utilizar datos existentes	Utilizar una solución existente	Utilizar diseños existentes	Fabricar un diseño existente
2	Elegir una tarea de varias	Elegir un concepto de búsqueda de varios	Recopilar datos de diversas fuentes	Elegir una idea de varias	Elegir un diseño de varios	Hacer una modificación a un diseño existente
3	Cambiar la tarea original	Modificar el concepto de búsqueda adecuado a una nueva tarea	Modificar los datos recopilados de acuerdo a la nueva tarea	Cambiar la solución existente	Cambiar el diseño existente	Fabricar un nuevo diseño
4	Encontrar una nueva tarea	Encontrar un nuevo concepto de búsqueda	Recopilar nuevos datos relativos a la nueva tarea	Encontrar una nueva solución	Desarrollar un nuevo diseño	Utilizar un diseño de una forma nueva
5	Encontrar un nuevo problema	Encontrar un nuevo método	Recopilar nuevos datos relativos al nuevo problema	Encontrar un nuevo concepto (principio)	Desarrollar nuevos conceptos constructivos	Modificar todos los sistemas en donde un nuevo concepto es implementado

Las diferencias cualitativas entre los niveles son más importantes que las diferencias cuantitativas dentro de cada nivel.

Genrich Altshuller analizó 14 clases de invenciones desde 1965 hasta 1969, revelando la siguiente dispersión:

Nivel 1	32.0 %
Nivel 2	45.0 %
Nivel 3	19.0 %
Nivel 4	debajo 4.0 %
Nivel 5	debajo 0.3 %

Por lo tanto, 77% de las invenciones registradas representan sólo nuevos diseños (Niveles 1 y 2). En general, todos los ingenieros deben saber inventar en estos dos niveles; pues aquí no se requiere elegir nuevas tareas o nuevas ideas técnicas. Es suficiente para estos dos niveles el conocimiento y las habilidades que posee cualquier ingeniero para proporcionar soluciones efectivas.

Existen sub-niveles de los cinco niveles y los más altos niveles están involucrados con la utilización de nuevos descubrimientos. Actualmente, la creatividad inventiva se encuentra en un rango desde el Nivel 3 hasta la mitad del Nivel 5.

Las diferencias entre los niveles en la etapa D, pueden ser caracterizados por el número de prueba-y-error realizadas por la ingeniería mientras se buscaba una solución:

Nivel 1	1 a 10
Nivel 2	10 a 100
Nivel 3	100 a 1000
Nivel 4	1,000 a 10,000
Nivel 5	10,000 a 100,000 y más

En los máximos sub-niveles del Nivel 5, la cantidad de pruebas es infinita porque no existen soluciones que puedan resolver la tarea inventiva dada.

El problema del proceso inventivo es que la gente use métodos que sólo son relevantes para bajos niveles, en la solución de problemas de alto nivel.

Cuantitativamente, los problemas de diferentes niveles difieren en la cantidad de prueba-y-error necesarios para encontrar la solución. Y, el análisis comparativo de algunos problemas permitió definir las diferencias cualitativas entre los diferentes niveles.

En el Nivel 1: Un problema de este nivel, implica que la solución está dentro del área de una profesión (una sección específica de una industria).

En el Nivel 2: Un problema de este nivel, implica que la solución está dentro del área de una industria (problemas de construcción de maquinaria resueltos por métodos conocidos dentro de la misma industria, solamente residen en un área diferente de esta industria).

En el Nivel 3: Un problema de este nivel, implica que la solución está dentro del área de una ciencia. (un problema mecánico resuelto por medios mecánicos).

En el Nivel 4: Un problema de este nivel, implica que la solución está fuera de los límites de la ciencia, donde el problema se originó (un problema mecánico resuelto a través de la química).

En altos sub-niveles del Nivel 5: Un problema de este nivel, implica que la solución está fuera de los límites de la ciencia contemporánea. (hacer un nuevo descubrimiento para resolver un problema inventivo).

Dado que, son claras las diferencias entre los problemas de primer y cuarto nivel. El ser humano se ha visto en la necesidad de mejorar los métodos de invención utilizados.

En 1953, un psicólogo norteamericano, A. Osborn, intentó mejorar el método de prueba-y-error. Observó que, algunas personas generan buenas ideas debido a la naturaleza de su mente, pero ellos no pueden analizar estas ideas. Y viceversa: algunas personas tienen mayor facilidad para el análisis crítico de ideas que para la generación de ideas. De modo que, Osborn decidió separar estos dos procesos. Un grupo recibió un problema y solamente generó ideas. Otro grupo solamente analizó las ideas. La "Lluvia de ideas", es el nombre que Osborn le dio a este método.

Las principales reglas de la "Lluvia de ideas", son:

1. Una idea generada por el equipo debe ser comprendida por personas de diferentes campos.
2. Las ideas deben ser generadas de tal forma que cualquiera pueda expresarlas – incluyendo errores, bromas y fantasías – en un tiempo límite (un minuto). Todas las ideas son registradas.
3. No están permitidas las críticas durante la generación de ideas. Los miembros deben mantener una relación de libertad y amistad durante la "Lluvia de ideas".
4. Durante el análisis de todas las ideas, incluso aquellas que parezcan equivocadas o frívolas, todas deben ser atentamente analizadas.

Durante años pasados, el concepto de "Lluvia de ideas" ha sido utilizado para resolver problemas en varios proyectos. Desde un punto de vista externo parecería efectivo y con efectos positivos, pues el problema es resuelto en un día. Pero, este método no puede producir resultados significativos cuando tratamos con problemas más complejos.

Sin embargo, se puede intentar mejorar la “Lluvia de ideas”, de dos formas:

1. Desarrollando un conjunto de métodos.
2. Organizando el proceso de tal forma que el conjunto de métodos sea usado por un grupo de personas especialmente entrenados, quienes poco a poco ganen experiencia en el proceso de solución de problemas.

Probablemente varios inventores han tenido este pensamiento: ¿será posible obtener para cada problema una lista de todas las posibles variantes? Para esto se requeriría un método especial, como el llamado “Análisis Morfológico”, consistente en una metodología que organiza el proceso de pensamiento creativo, desarrollado por el conocido astrónomo norteamericano F. Zvicki en 1942. La esencia de este método consistía en la construcción de tablas multidimensionales en donde los ejes son las principales características de una combinación dada de objetos. Sin embargo, existen defectos en este método, debido a la falta de certeza en la construcción de los ejes.

Para incrementar la eficiencia en la solución de problemas inventivos de alto nivel, se requiere de un algoritmo heurístico que sea capaz de hacer la transición de problemas de quinto nivel con 100,000 pruebas a problemas de primer nivel con solamente 10 pruebas. Para desarrollar un algoritmo heurístico que funcione se requiere lo siguiente:

1. Definir las leyes objetivas del sistema técnico desarrollado.
2. Analizar cantidades masivas de información de patentes.
3. Desarrollar un programa para el proceso de solución, en donde cada paso se desprenda del paso anterior.
4. Seleccionar continuamente y mejorar el programa durante su aplicación práctica.

A partir de 1946, cuando Genrich Altshuller comenzó este trabajo, aunque su meta original era mucho más simple: encontrar principios que lo ayudaran en su práctica inventiva personal. Altshuller utilizó un enfoque sistemático en todas las etapas del proceso de solución; incluyó pasos específicos que eliminan las barreras psicológicas durante el proceso.

Usualmente, un problema inventivo surge o se plantea cuando se requiere crear un sistema técnico para cualquier propósito; o cuando se necesita mejorar un sistema existente para obtener un determinado resultado; o cuando simplemente se necesita mejorar algo. Precisamente cuando intentamos mejorar una característica de un dispositivo técnico sucede que empeoramos otra característica, a esto se le llama Contradicción Técnica. De modo que ahora, la invención consiste en eliminar la Contradicción Técnica. La necesidad de alcanzar un resultado determinado es la mitad del problema, pues el inventor debe ver la otra mitad: alcanzar el resultado, pero sin perder esto o aquello.

De aquí se desprenden dos conceptos básicos que maneja Altshuller, los cuales ayudan a tener un control sobre el proceso de solución de problemas inventivos; y éstos son: 1)

Máquina Ideal.- es la creación de un sistema técnico con cualquier propósito, que nos ayuda a determinar la dirección de búsqueda; y 2) Contradicción Técnica que nos indica el obstáculo que debe ser eliminado.

Para eliminar una contradicción se requiere de una táctica racional que nos lleve a la solución, ARIZ (Algoritmo para Resolver Problemas Inventivos) es un algoritmo que guía al inventor a tomar la dirección correcta hacia la solución. Las primeras dos partes del algoritmo de invención están enfocadas a elegir el problema y a redefinir sus condiciones. La tercera parte del algoritmo comienza con la definición del Resultado Final Ideal, esto es, lo que se desea obtener en el caso ideal, ya que es de suma importancia para todo el proceso creativo definirlo correctamente. Cuando resolvemos diferentes problemas, el mejor método para determinar el Resultado Final Ideal es simplemente cambiar la pregunta contenida dentro del planteamiento del problema, en un planteamiento afirmativo.

Las respuestas a las preguntas que formula el ARIZ son individualistas, y por lo mismo, existe un estilo general en el proceso de pensamiento:

Pensamiento direccional. Ausencia de cambios drásticos.

Constante orientación sobre el Resultado Final Ideal. Deseo de obtener resultados, usando los menos dispositivos posibles.

Habilidad para vencer las barreras psicológicas.

Habilidad en el uso de los Principios para remover las contradicciones técnicas.

ARIZ es un algoritmo creado por Altshuller que estimula la intuición y dirige el pensamiento, pues su diseño considera el proceso de pensamiento humano y la psicología, y su objetivo básico es la solución de problemas prácticos, o sea, la invención.

La intención de Genrich Altshuller (científico, ingeniero y analista de patentes) era facilitar la solución de problemas difíciles, además de poner éste proceso facilitador al alcance de otras personas. Su determinación para mejorar el proceso inventivo lo dirigió a la creación de TRIZ.

Genrich Altshuller buscó que su teoría de invención, cumpliera las siguientes condiciones:

1. ser sistemática, esto es, un procedimiento paso-a-paso.
2. ser una guía a través de un amplio espacio de soluciones que nos dirija a la solución ideal.
3. ser repetitiva y confiable y que no dependa de herramientas psicológicas.
4. ser capaz de acceder al cuerpo de conocimiento inventivo.
5. ser capaz de aportar al cuerpo de conocimiento inventivo.
6. ser lo suficientemente familiar a los inventores para continuar con el enfoque general para resolver problemas.

Altshuller definió un problema inventivo como uno donde la solución al problema genera la aparición de otro problema.

Altshuller estableció una fundación para TRIZ, estudiando miles de certificados de autor de diversos inventos. Elaboró documentos conformados por tres páginas: la portada, una página con un dibujo o esquema y una página con la descripción de la invención. Este simple formato facilitó la identificación de los patrones fundamentales del proceso inventivo. Altshuller y su amigo de la infancia, Ralph Shapiro, identificaron patrones frecuentemente utilizados en la mayoría de las patentes innovadoras. Partiendo de ello definieron cinco niveles de creatividad basados en: qué tan lejos estaba el conocimiento utilizado del concepto de solución del campo del inventor, el número teórico de pruebas para la solución, la distancia de la solución al problema, y qué tan sustancial fue el cambio del diseño original a la solución.

Estos patrones identificados en el desarrollo de un diseño contenían dos componentes principales: regularidades en el diseño de evolución, y principios usados en soluciones innovadoras. Las observaciones de Altshuller lo dirigieron a un descubrimiento adicional; dado que la evolución de los diseños de ingeniería son un proceso gobernado por leyes definidas, éstos podían ser enseñados.

Después de estudiar 200,000 patentes, Altshuller concluyó que hay 1,482 contradicciones técnicas, las cuales pueden resolverse de manera relativamente fácil, si se aplican principios fundamentales. Su trabajo brindó un primer entendimiento de las tendencias o patrones de la evolución de los sistemas técnicos; identificando a su vez 40 Principios utilizados con frecuencia para resolver contradicciones técnicas.

El axioma de TRIZ dice: "La evolución de todos los sistemas técnicos está gobernada por leyes objetivas." Estas leyes revelan que, durante la evolución de un sistema técnico, al mejorar cualquier parte de un sistema ésta alcanza su óptima función, pero genera un conflicto en otra parte (a esto se le llama contradicción técnica). Este conflicto nos lleva a la necesidad de mejorar partes menos evolucionadas. Así, este proceso continúa hasta llevar al sistema cada vez más cerca de su estado ideal.

Cabe mencionar que la metodología TRIZ está fundamentada en: Sistemas Técnicos, Niveles de Innovación, Ley de Idealidad, Contradicciones Técnicas y Físicas y la Evolución de los Sistemas Técnicos. Y sus herramientas prácticas para resolver problemas técnicos de variada complejidad, son: la Matriz de Contradicciones y los 40 Principios, Modelo Campo-Sustancia y las 76 Soluciones Estándar, y el ARIZ (Algoritmo para Resolver Problemas Inventivos).

CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS DE TRIZ

Este capítulo relata los fundamentos de la metodología TRIZ, esto es, explica lo que son los sistemas técnicos y su evolución, los niveles de innovación propuestos por Altshuller después de analizar un gran número de patentes, que son las contradicciones técnicas y físicas, y por último que es la ley de idealidad; todos estos conceptos son la base de dicha metodología.

II.1 SISTEMAS TÉCNICOS Y SU EVOLUCIÓN.

Un sistema técnico es todo aquello que realiza una función. Cualquier sistema técnico se integra de uno o más subsistemas. Cada subsistema también es un sistema técnico que ejecuta su propia función. Los sistemas técnicos se jerarquizan en:

- sistemas de menor complejidad, que cuentan con sólo dos elementos y,
- los de mayor complejidad, donde interactúan muchos elementos.

Cuando un sistema técnico produce funciones inadecuadas o nocivas, necesita mejorarse. Esto requiere la reducción imaginativa del sistema a su estado más simple. En TRIZ, el sistema técnico más simple consta de dos elementos, con una energía viajando de un elemento al otro. Es decir, el modelo de Altshuller de un sistema simple se compone de tres elementos: dos sustancias y un campo.

Cada sistema técnico tiene un sistema "superior" que lo rodea (suprasistema) y un sistema "inferior" (subsistema). Cualquier cambio en la jerarquía del sistema afecta ambos sistemas. Por lo que es necesario considerar no sólo los intereses del sistema que necesita ser mejorado, sino también del subsistema y el suprasistema.

Cabe mencionar que los sistemas técnicos tienen un ciclo biológico – nacen, maduran y mueren – sólo para ser remplazados por nuevos sistemas.

Para formar un nuevo sistema, se deben unir varios objetos de tal forma que aparezca una nueva característica.

Cualquier sistema técnico, se desarrolla dentro de una cierta secuencia. La historia de cualquier sistema técnico comienza con su ausencia. El inventor toma algunos elementos y los une, formando un sistema, de modo que se obtiene un nuevo efecto. Sin embargo, cuando el número de intentos por mejorar un objeto crece rápidamente, y la contradicción que se busca eliminar simplemente es remplazada por otra, entonces es necesario combinar este objeto con otro para formar un nuevo sistema técnico.

El crecimiento de los sistemas, esto es, su desarrollo y complicación, es una ley universal. En el mundo técnico, el desarrollo va de una célula (o elemento) a un sistema. Cuando una célula forma parte de un sistema, dicha célula trabaja más eficientemente y se desarrolla más rápido, pero a su vez depende del sistema y no puede existir sin él.

Altshuller, decía que un sistema técnico es como una orquesta, que sólo es buena si todos los músicos tocan sincronizadamente. De aquí que, el esfuerzo del inventor debe estar enfocado de principio a fin, en encontrar la mejor combinación de las partes del sistema y éste es el Primer Período en la vida de un Sistema la "Selección de Partes del Sistema". El Segundo Período se enfoca en mejorar formas y cómo optimizar la relación entre las partes del Sistema "Perfeccionamiento de Partes". Posteriormente partes que se usaban para estar permanentemente conectadas ahora tienen conexiones flexibles, este es el Tercer Período "Dinamización del Sistema". Finalmente el cambio de espacios puede reorganizarse durante la operación misma del sistema, también llamado Cuarto Período "Autodesarrollo del Sistema". Estos son solamente los primeros pasos en el desarrollo de los sistemas que se adaptan, por sí solos, a los cambios que ocurren en el ambiente.

La evolución de los Sistemas Técnicos, como cualquier otro sistema, está sujeta a las leyes generales de la evolución. El conocimiento de estas leyes nos permite desarrollar métodos y herramientas para resolver tareas inventivas.

Cuando un sistema alcanza sus propios límites, este sistema se une a otro sistema creando un sistema nuevo y más complicado.

Todo sistema debe agotar sus recursos antes de moverse a un micronivel. La transición de los sistemas técnicos a microniveles es una ley.

Usualmente una nueva idea técnica se relaciona solamente con una parte de un sistema básico. Pero, este cambio parcial en el sistema a menudo crea la posibilidad, y en ocasiones, la necesidad de cambiar otras partes, esto es, cualquier objeto que trabaje junto con la parte nueva cambiada. Dando como resultado, en ocasiones, la posibilidad de cambiar la aplicación original para la cual fue creado el objeto.

En cuanto a la Evolución de los Sistemas Técnicos, Altshuller estableció ocho patrones, o líneas de evolución y éstos son:

1. Ciclo de vida.
2. Dinamización.
3. Ciclo de multiplicación (transición a un bisistema o polisistema).
4. Transición de macro a micro nivel.
5. Sincronización.
6. Escalando arriba o abajo.

7. Desarrollo desigual de partes.
8. Reemplazo de humanos (automatización).

El patrón de Dinamización sugiere que cualquier Sistema Técnico, durante su proceso de evolución, hace una transición de una estructura rígida a una flexible.

El patrón de Multiplicación declara que, un Sistema Técnico evoluciona; primero, como un sistema simple y después se multiplica él mismo. Por ejemplo:

- Cuando dos elementos similares se juntan formando un sistema homogéneo, esta combinación producirá una propiedad nueva.
- Cuando dos elementos diferentes se juntan formando un sistema heterogéneo, este sistema brindará más funciones con menor espacio.
- Cuando a un sistema se le agrega una función opuesta, esto da como resultado altos niveles de innovación.

El patrón de Transición de macro a micro nivel declara que, los elementos de un Sistema Técnico durante su ciclo de vida tienden a disminuir su tamaño, debido a que el sistema alcanzó sus propios límites; por tanto el sistema se fragmenta en subsistemas, los cuales se recombinan creando un nuevo sistema.

Por ello, debemos ser conscientes que estamos en contacto permanente con los sistemas, ya sea cuando intentamos resolver un problema (modernizar el sistema existente) o cuando se debe encontrar algo completamente nuevo (un sistema debe ser reemplazado).

II.2 NIVELES DE INNOVACIÓN.

El análisis de un gran número de patentes reveló que las invenciones poseen diferente valor inventivo. Altshuller propuso cinco niveles de innovación:

Nivel 1. Una mejoría simple de un sistema técnico. Este tipo de innovación, requiere del conocimiento disponible en un oficio o profesión relevante en ese sistema.

Nivel 2. Una invención que involucra la solución de una contradicción técnica. Necesita del conocimiento de áreas diferentes dentro de una industria relevante al sistema.

Nivel 3. Una invención que brinda la solución a una contradicción física (en el apartado siguiente se definen las contradicciones técnicas y las físicas). Precisa del conocimiento de otras industrias.

Nivel 4. Desarrollo de una nueva tecnología. Esto implica una solución que requirió del conocimiento de diferentes campos de la ciencia, reemplazando la tecnología original con una nueva tecnología.

Nivel 5. Descubrimiento de un fenómeno nuevo. Esto permite impulsar la tecnología existente a niveles más altos.

Él concluyó que del amplio número de patentes que investigó, el 77% se encuentra en los niveles de innovación 1 y 2. Por lo que, la utilización práctica de la metodología TRIZ puede ayudar a los inventores a elevar sus soluciones a los niveles 3 y 4.

II.3 CONTRADICCIÓN TÉCNICA Y FÍSICA.

Las soluciones más efectivas se alcanzan cuando una persona resuelve un problema técnico que contiene una contradicción. ¿Cuándo y dónde ocurre una contradicción? La contradicción surge cuando intentamos mejorar una característica o parámetro de un sistema técnico y provocamos que se deteriore otra característica o parámetro del sistema.

Un sistema técnico tiene varias características (parámetros): peso, tamaño, color, velocidad, rigidez, etc. Estas características describen el estado físico de un sistema técnico; entonces, la labor del ingeniero es elegir la combinación más favorable de características, porque mientras una parte está ganando otra estará perdiendo. Ahora la necesidad de la invención es: ganar sin perder.

Cabe mencionar que un problema común se convierte en inventivo, cuando existe la necesidad de eliminar una contradicción técnica para resolver el problema. De modo que, ya no sólo es necesario alcanzar tal o cual resultado, sino alcanzar el resultado sin perder esto o aquello.

Cuando se resuelven problemas técnicos, las contradicciones técnicas indican el obstáculo que debe ser eliminado, o sea, lo que genera el problema. Los 40 Principios desarrollados por Altshuller (2002), sirven para resolver las contradicciones técnicas.

Hay otro tipo de contradicción – la contradicción física – ésta aparece cuando se requieren dos propiedades opuestas en el mismo elemento de un sistema técnico o en el sistema en sí mismo. Por ejemplo, que al mismo tiempo sea frío y caliente, o duro y suave. Hay diferentes métodos para resolver las contradicciones físicas (separar los requerimientos contradictorios en el tiempo o en el espacio, cambiar el estado físico de una sustancia, etc.).

Es importante identificar que mientras una contradicción técnica se relaciona con el sistema total o varias partes del mismo, una contradicción física se relaciona solamente con una parte del sistema.

Como la contradicción no desaparece por sí sola, se requiere de una serie de tácticas racionales que nos lleven a la solución del problema y una de estas tácticas es el ARIZ (Algoritmo para Resolver Problemas Inventivos). Y precisamente, la metodología TRIZ comienza con la siguiente declaración: El inventor debe encontrar y eliminar las Contradicciones Técnicas.

Si no existe una contradicción técnica entonces no hay un problema inventivo por resolver. Las contradicciones técnicas y físicas nos ayudan a entender mejor la raíz de un problema, de hecho las contradicciones ayudan a encontrar más rápido la solución exacta a un problema.

II.4 LEY DE IDEALIDAD.

Sabemos que el objetivo de todo sistema técnico es realizar alguna función. La Ley de Idealidad plantea que cualquier sistema técnico, a lo largo de su vida, tiende a ser más confiable, más simple y más efectivo, esto es, más ideal. Cada vez que mejoramos un sistema técnico, en realidad lo estamos llevando a la idealidad. Esto es, cuesta menos, requiere menos espacio, desperdicia menos energía, etc.

La idealidad refleja siempre la utilización máxima de los recursos existentes del sistema, tanto internos como externos.

Para lograr esto, se requiere la habilidad de quitar barreras con el fin de llegar a lo ideal, cuyo objetivo real es: mejorar cualitativamente un sistema técnico; esto, es el arte de inventar.

Existen varias maneras para hacerlo:

- A. Incrementar la cantidad de funciones del sistema.
- B. Transferir tantas funciones como sea posible a ese elemento de trabajo que produce la acción final del sistema.
- C. Trasladar algunas funciones del sistema a un suprasistema o al ámbito exterior.
- D. Utilizar recursos internos y externos que ya existen y están disponibles

Para Altshuller, el concepto de Sistema Ideal era aquel que ejecuta su función, pero no existe, esto significa que el Sistema Ideal ejecuta su función gratis y sin daños.

Desde el punto de vista del diseño, los ingenieros persiguen grandes beneficios, tales como: reducción de costos de trabajo, materiales, tiempo, energía, efectos nocivos, calidad, etc., por lo tanto, su objetivo es alcanzar un sistema ideal.

CAPÍTULO III. LOS 40 PRINCIPIOS

En éste capítulo se explica una de las herramientas de la metodología TRIZ, los 40 Principios y la Matriz de Contradicciones, los cuales son utilizados para ejecutar una acción hacia, y dentro de, un Sistema Técnico con la finalidad de eliminar las contradicciones y dar solución a un problema.

III. LOS 40 PRINCIPIOS Y LA MATRIZ DE CONTRADICCIONES.

Al analizar miles de patentes de los principales campos de la ingeniería a nivel mundial, Altshuller concluyó que hay 1,482 contradicciones técnicas que pueden resolverse de manera relativamente fácil si se aplican principios fundamentales. Altshuller identificó 39 características técnicas estándares que generaban conflictos y éstas fueron llamadas los 39 Parámetros de Ingeniería.

Asimismo, extrajo 40 Principios inventivos, los cuales son herramientas utilizadas para eliminar las contradicciones técnicas. Estos Principios son sugerencias genéricas para ejecutar una acción hacia, y dentro de, un Sistema Técnico; son consejos que ayudan al ingeniero a encontrar una solución al problema.

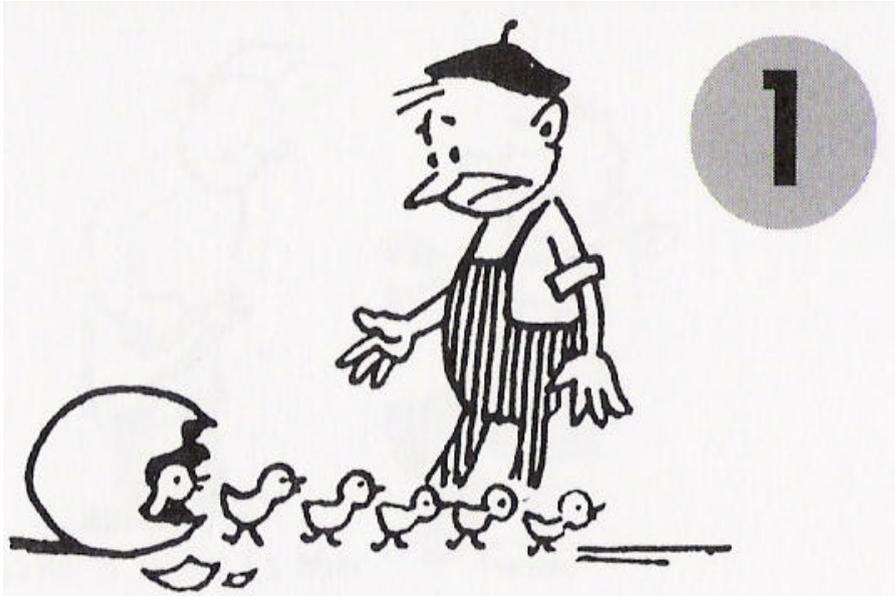
Para identificar qué principios debemos usar, Altshuller creó la Matriz de Contradicciones, dicha Matriz está formada por 39 renglones y 39 columnas. Cada renglón corresponde a una característica o parámetro, e igualmente cada columna, entonces en el eje-X (están los efectos secundarios indeseados) y en el eje-Y (la característica a mejorar). De modo que, en la celda de intersección X-Y, se listan los Principios Inventivos que deben aplicarse para alcanzar la solución.

Entonces, para saber qué Principios se sugiere emplear al resolver un problema, primero se determina la contradicción física, especificando la característica que mejora y la que empeora. Con dichas características, se ubica la celda de intersección correspondiente en la Matriz de Contradicciones. En esta celda puede haber de uno a cuatro Principios. Se prueban éstos uno a uno, para eliminar la contradicción y solucionar el problema.

A continuación se describen a detalle cada uno de los 40 PRINCIPIOS identificados por Genrich Altshuller.

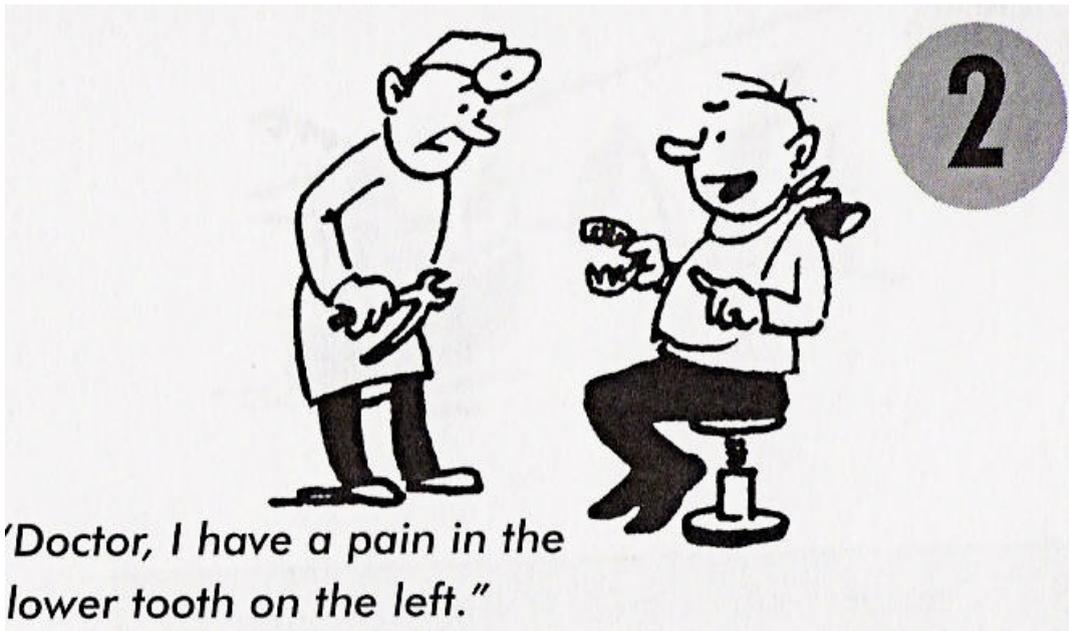
1. SEGMENTACIÓN

- A. Dividir un objeto en partes independientes.
- B. Hacer un objeto seccional, para un fácil ensamble y desensamble.
- C. Incrementar el grado de segmentación de un objeto.



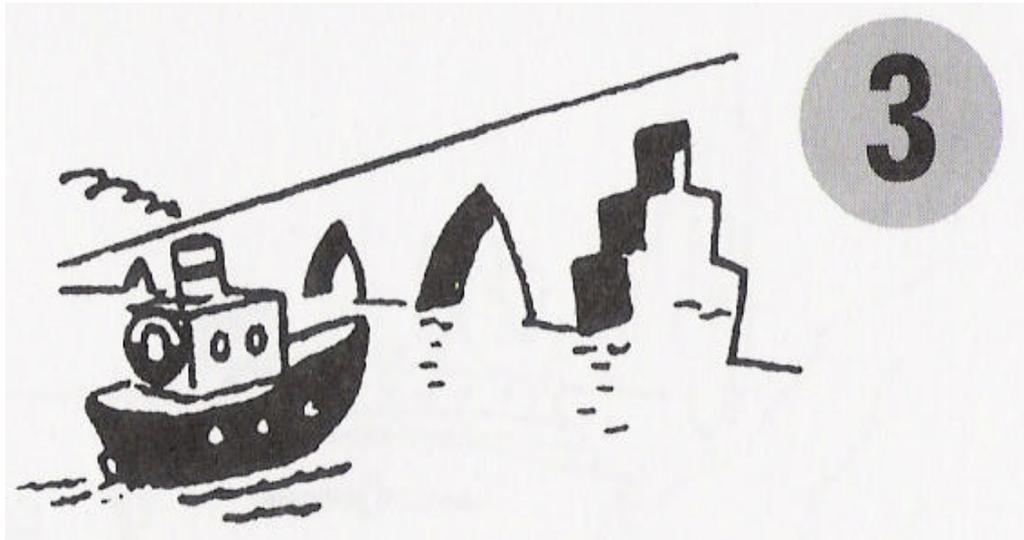
2. EXTRACCIÓN

- A. Extraer la parte o propiedad del objeto que nos está afectando.
- B. Extraer solamente la parte o propiedad necesaria del objeto.



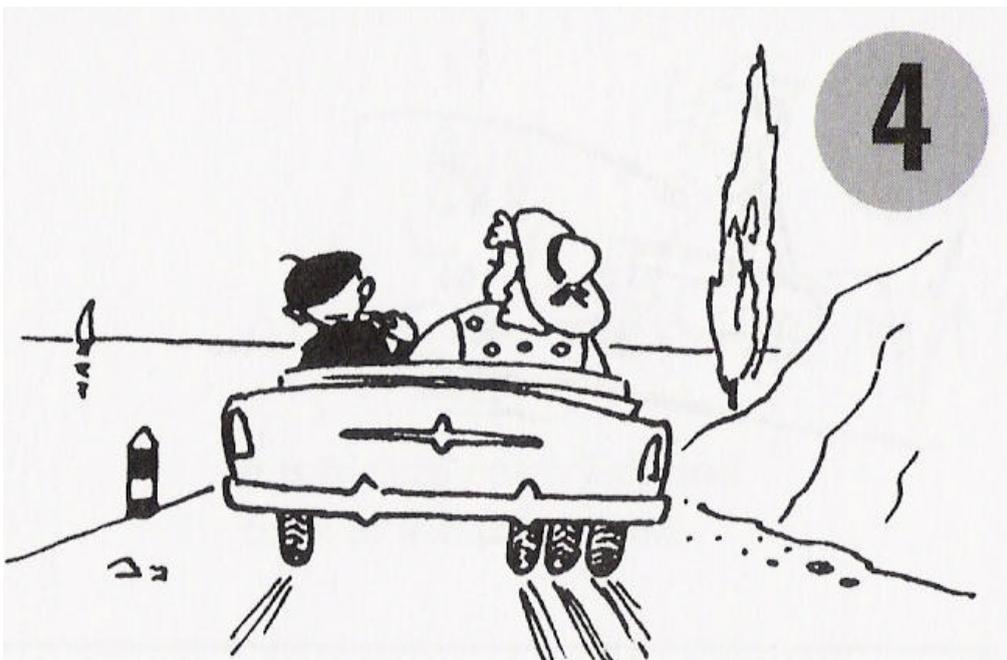
3. CALIDAD LOCAL

- A. Hacer una transición de una estructura homogénea a una heterogénea del objeto o del ambiente externo.
- B. Diferentes partes de un objeto pueden realizar diferentes funciones.
- C. Cada parte de un objeto puede ser colocada en condiciones que faciliten su operación.



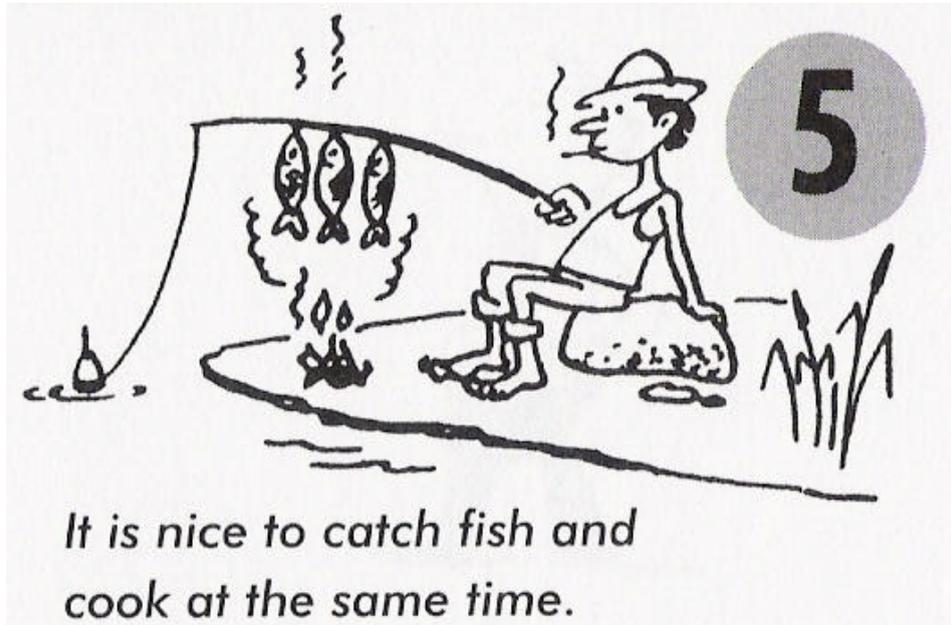
4. ASIMETRÍA

- A. Reemplace formas simétricas con formas asimétricas.
- B. Si un objeto ya es asimétrico, incremente su grado de asimetría.



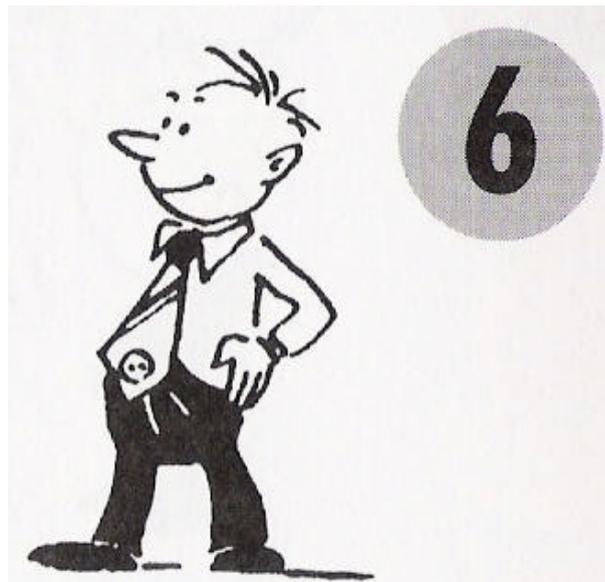
5. CONSOLIDACIÓN

- A. Consolidar en un espacio, objetos homogéneos u objetos destinados para operaciones contiguas.
- B. Consolidar en tiempo, operaciones homogéneas o contiguas.



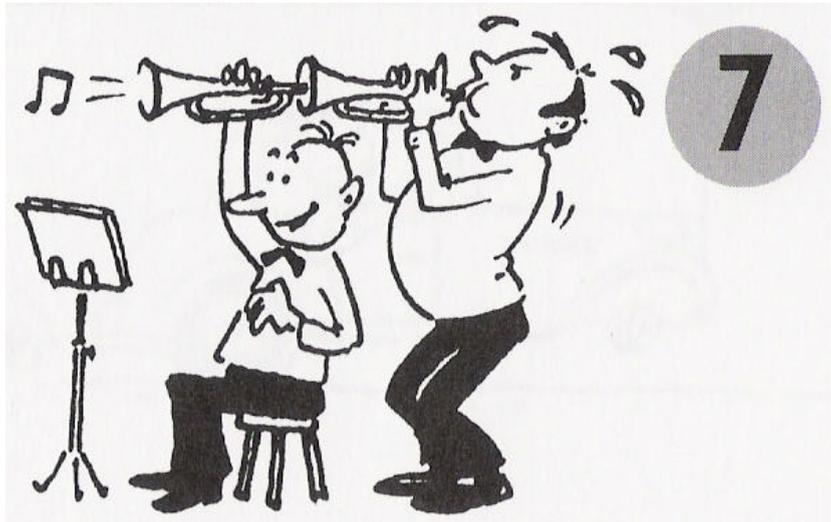
6. UNIVERSALIDAD

- A. Un objeto puede realizar diferentes funciones; por lo tanto, otros elementos pueden ser omitidos.



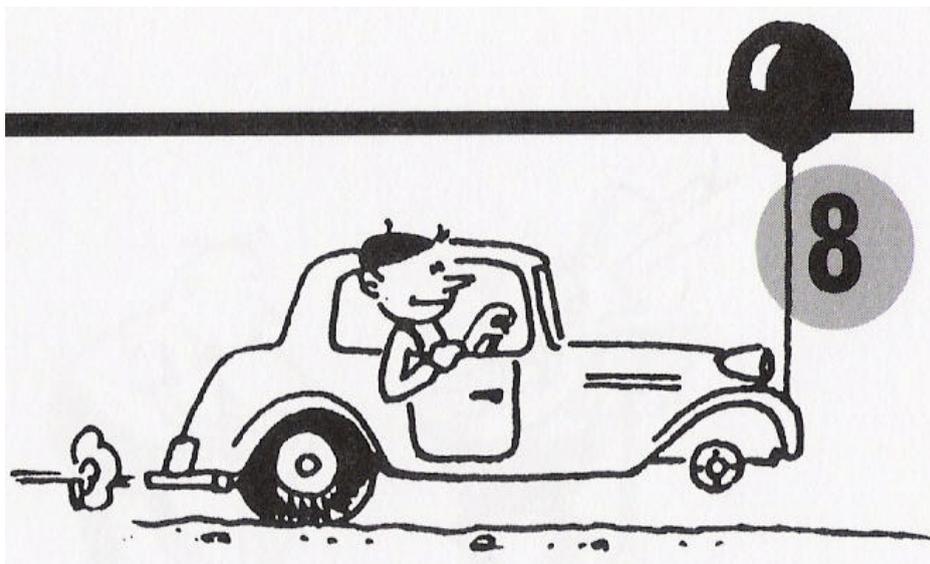
7. ANIDANDO ("MATRIOSHKA")

- A. Un objeto es colocado dentro de otro. Este objeto es colocado dentro de un tercero. Y así sucesivamente...
- B. Un objeto pasa a través de una cavidad en otro objeto.



8. CONTRAPESO

- A. Compensar el peso de un objeto combinando este objeto con otro objeto que proporcione una fuerza que lo eleve.
- B. Compensar el peso de un objeto con fuerzas aerodinámicas o hidrodinámicas influenciadas por el ambiente externo.



9. ACCIÓN DE CONTRARRESTAR

- A. Aplicar tensión a un objeto para compensar el esfuerzo excesivo no deseado.



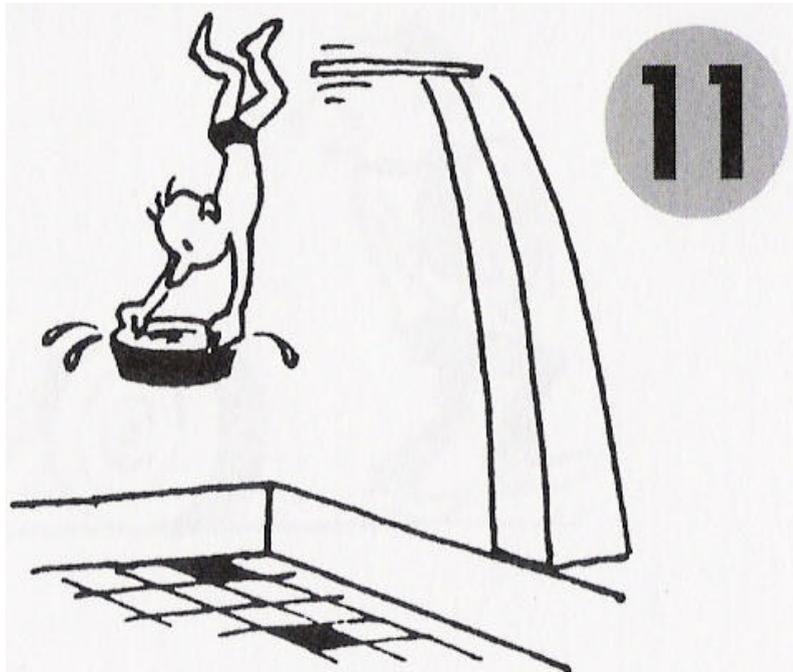
10. ACCIÓN A PRIORI

- A. Efectuar con anterioridad, cambios a un objeto completo o parcialmente armado.
- B. Colocar objetos antes de, para que éstos puedan ir a la acción desde el lugar más conveniente.



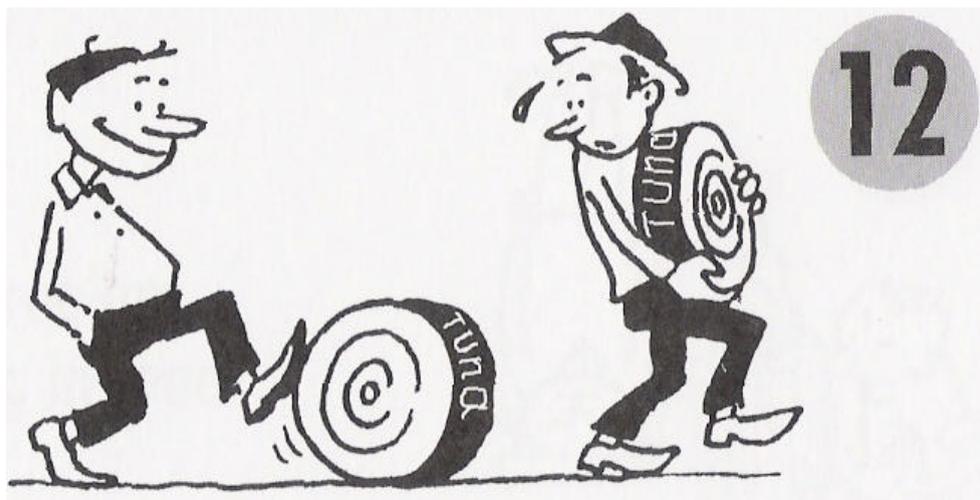
11. PREVENIR ANTES DE

- A. Compensar ante la baja confiabilidad de un objeto con medidas emergentes preparadas con antelación.



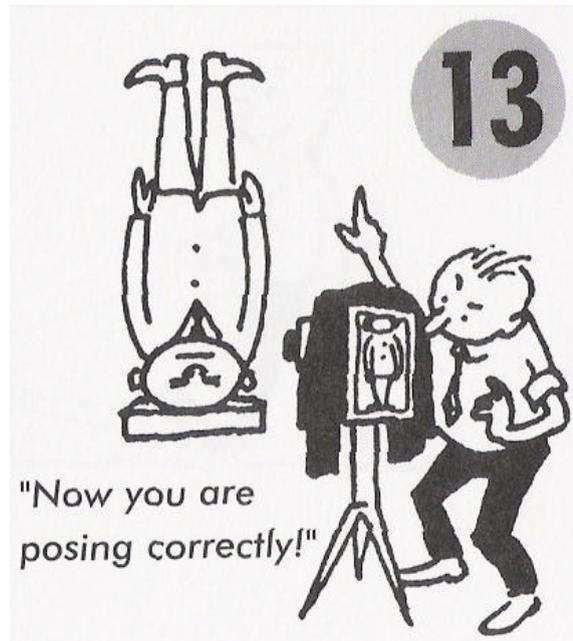
12. EQUIPOTENCIALIDAD

- A. Cambiar las condiciones de trabajo de tal forma que no se requiera levantar o bajar un objeto.



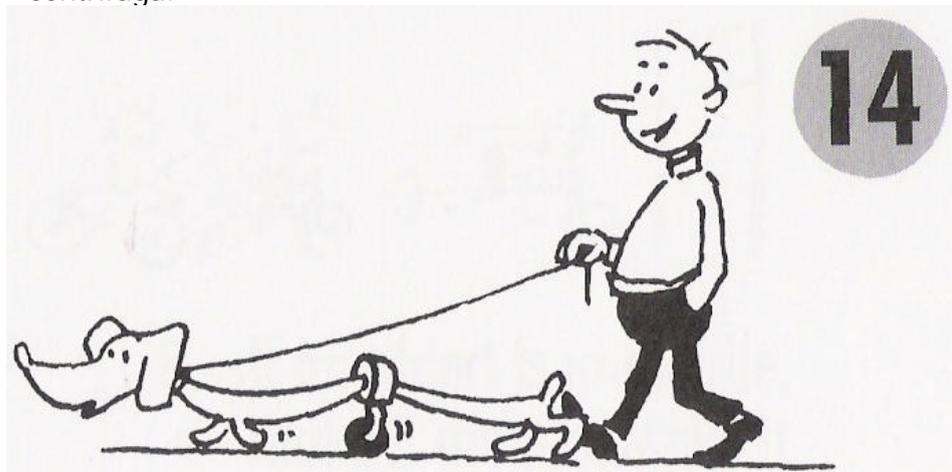
13. HACERLO AL REVÉS

- A. En lugar de la acción directa dictada por un problema, implementar la acción opuesta.
- B. Hacer movable la parte de un objeto, o hacer el ambiente externo estacionario.
- C. Voltrear un objeto de arriba abajo.



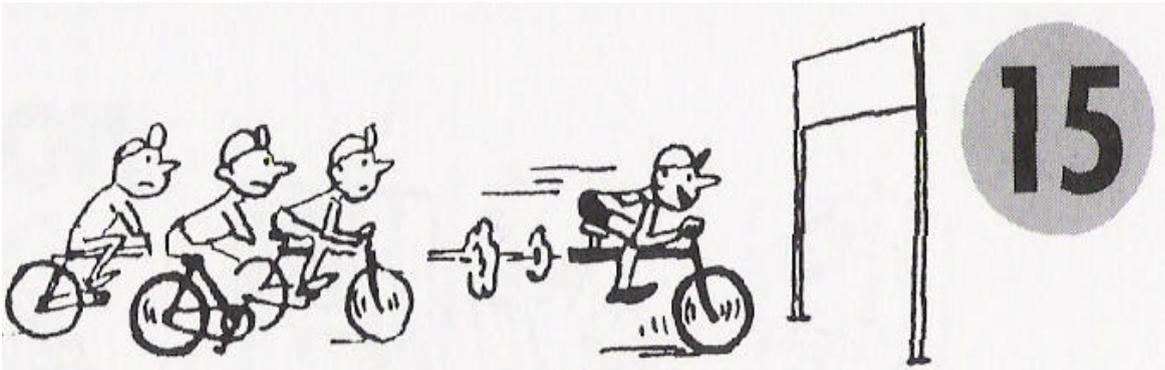
14. ESFEROIDALIDAD

- A. Reemplazar partes lineales con partes curvas, superficies planas con superficies esféricas y formas cúbicas con formas de balón.
- B. Utilizar rodillo, esferas, espirales.
- C. Aplicar movimiento lineal con movimiento rotacional, utilizando la fuerza centrífuga.



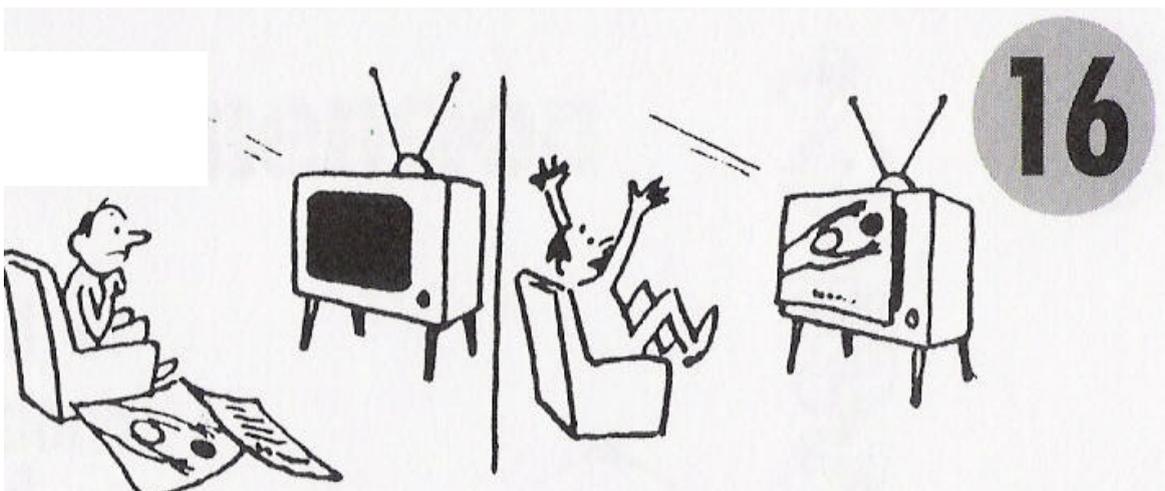
15. DINAMICIDAD

- A. Las características de un objeto o del ambiente externo, deben ser alteradas para proporcionar una óptima ejecución en cada etapa de la operación.
- B. Si un objeto es inamovible, hacerlo movable. Hacerlo intercambiable.
- C. Dividir un objeto en elementos capaces de intercambiar su posición relativa entre ellos.



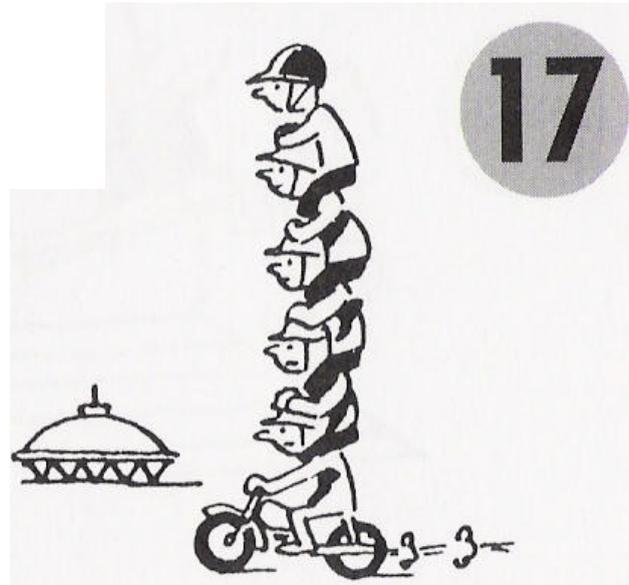
16. ACCIÓN PARCIAL O EXCESIVA

- A. Si es difícil obtener el 100% del efecto deseado, alcanzar más o menos el efecto deseado.



17. TRANSICIÓN A UNA NUEVA DIMENSIÓN

- A. Hacer la transición de un movimiento unidimensional de objetos a bidimensional, de bidimensional a tridimensional, etc.
- B. Utilice una composición multinivel de objetos.
- C. Inclíne un objeto o colóquelo sobre uno de sus lados.
- D. Utilice el lado opuesto de una superficie dada.
- E. Projete líneas ópticas sobre áreas vecinas, o sobre el lado contrario de un objeto.



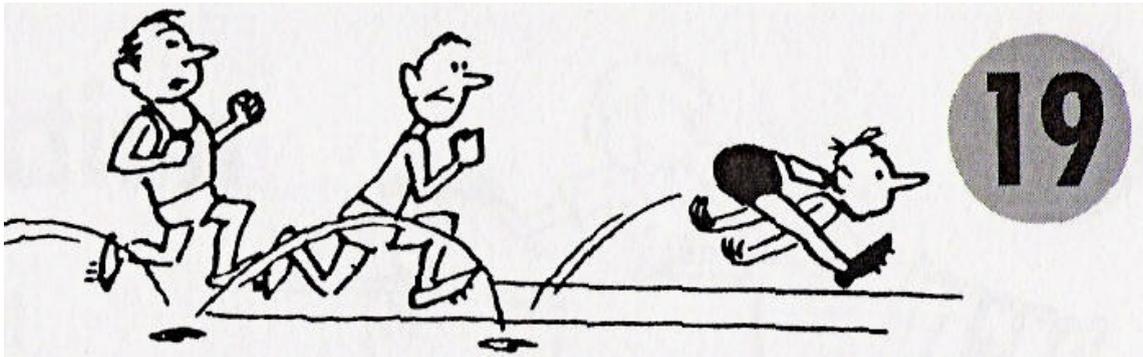
18. VIBRACIÓN MECÁNICA

- A. Utilice oscilación.
- B. Si existe oscilación, incremente esta frecuencia a ultrasónica.
- C. Use la frecuencia de resonancia.
- D. Reemplace vibraciones mecánicas con piezovibraciones.
- E. Use vibraciones ultrasónicas en conjunto con un campo electromagnético.



19. ACCIÓN PERIÓDICA

- A. Reemplace una acción continua con una periódica.
- B. Si la acción ya es periódica, cambie su frecuencia.
- C. Use pausas entre impulsos para crear una acción adicional.



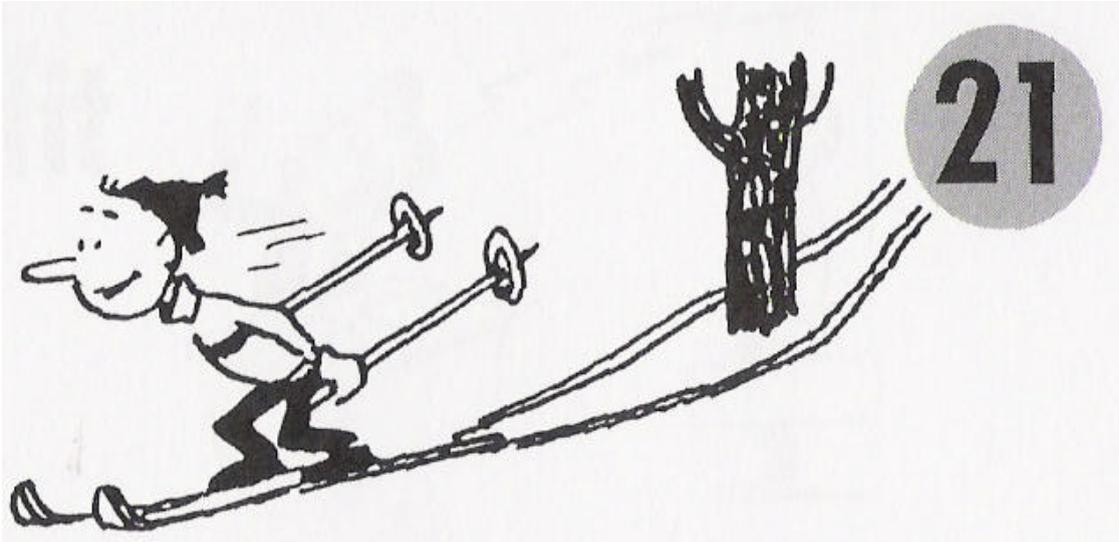
20. CONTINUIDAD DE ACCIONES ÚTILES

- A. Llevar a cabo una acción dentro de un descanso. Todas las partes del objeto pueden operar constantemente a su máxima capacidad.
- B. Quitar lo ocioso e intermediar un movimiento.
- C. Reemplazar un movimiento de "atrás-y-adelante" con uno rotatorio.



21. EJECUTAR DE PRISA

- A. Ejecutar operaciones nocivas y peligrosas a alta velocidad.



22. CONVERTIR ALGO NOCIVO EN BENÉFICO

- A. Utilice factores nocivos – especialmente ambientales – para obtener un efecto positivo.
- B. Quitar un factor nocivo combinando este factor nocivo con otro factor nocivo.
- C. Incrementar el grado de la acción nociva de modo que se extienda hasta que deje de ser nociva.



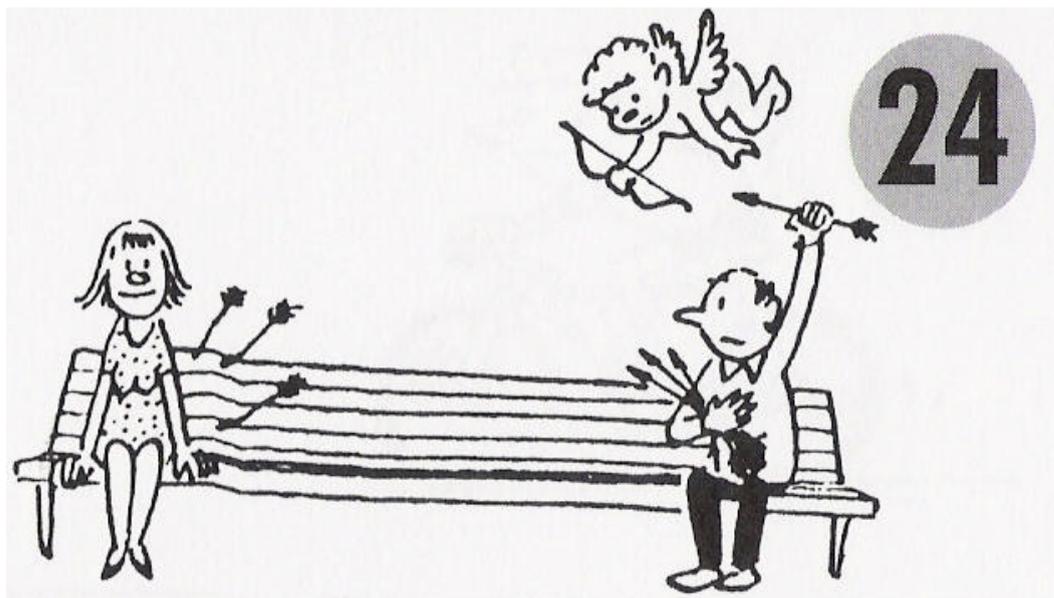
23. RETROALIMENTACIÓN

- A. Introducir retroalimentación.
- B. Si ya existe la retroalimentación, cambiarla.



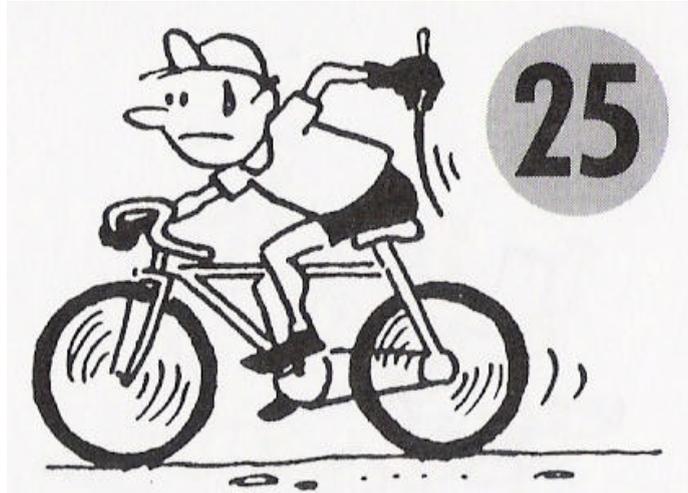
24. MEDIADOR

- A. Use un objeto intermediario para transferir o llevar a cabo la acción.
- B. Conectar temporalmente el objeto original con uno que pueda ser fácilmente removido.



25. AUTOSERVICIO

- A. Un objeto debe ayudarse a sí mismo y realizar, tanto operaciones suplementarias como de reparación.
- B. Hacer uso de material y energía de desperdicio.



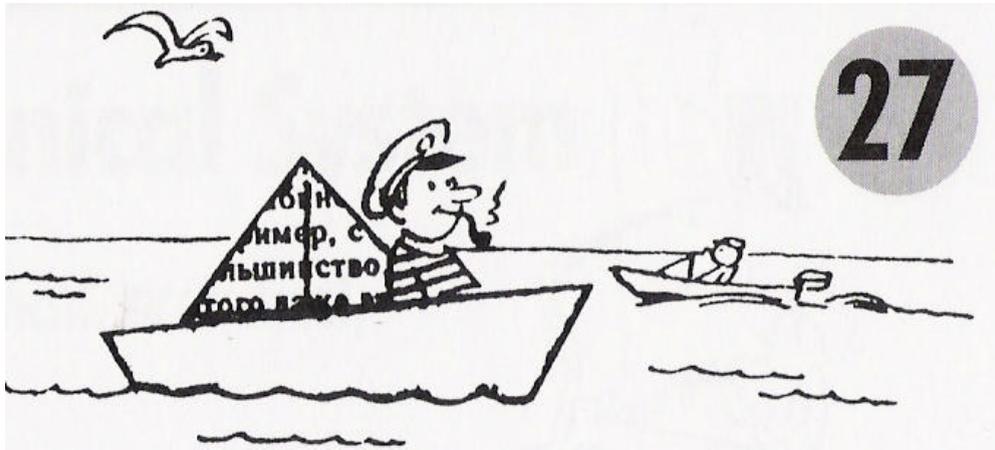
26. COPIANDO

- A. Una copia simplificada y barata puede ser usada en lugar de una original frágil o un objeto que es inconveniente para operar.
- B. Si una copia visible óptica es usada, reemplazarla con una copia infrarroja o ultravioleta.
- C. Reemplazar un objeto (o sistema de objetos) por sus imágenes ópticas. La imagen puede entonces ser reducida o ampliada.



27. ARREGLAR (DISPONER)

- A. Reemplazar un objeto caro por uno barato.



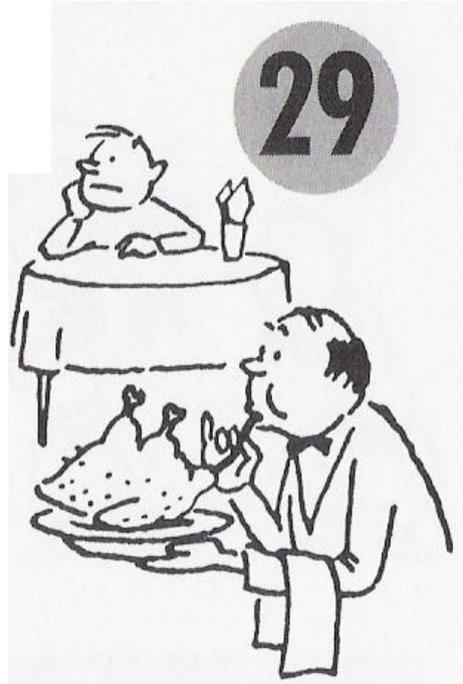
28. REEMPLAZAR EL SISTEMA MECÁNICO

- A. Reemplazar un sistema mecánico con un sistema óptico, acústico, termal u olfativo.
- B. Use un campo eléctrico, magnético o electromagnético para interactuar con un objeto.
- C. Reemplace campos:
 - Estacionario por móvil.
 - Fijo por cambios en el tiempo.
 - Casual con estructurado.
- D. Use campos en conjunto con partículas ferromagnéticas.



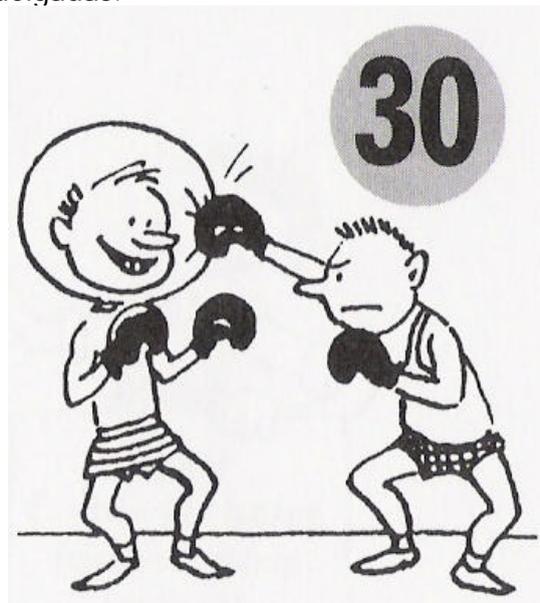
29. CONSTRUCCIÓN NEUMÁTICA O HIDRÁULICA

- A. Reemplace partes sólidas de un objeto con un gas o líquido. Estas partes pueden ahora usar aire o agua para inflarse, o use amortiguadores neumáticos o hidrostáticos.



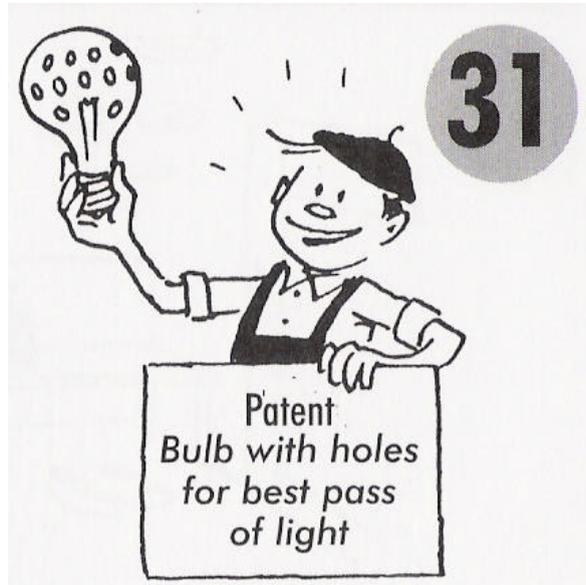
30. MEMBRANAS FLEXIBLES O PELÍCULAS DELGADAS

- A. Reemplace construcciones acostumbradas con membranas flexibles.
- B. Aislar un objeto de su ambiente externo con membranas flexibles o películas delgadas.



31. MATERIAL POROSO

- A. Haga un objeto poroso, o use elementos porosos suplementarios.
- B. Si un objeto ya es poroso, llene con antelación los poros con alguna sustancia.



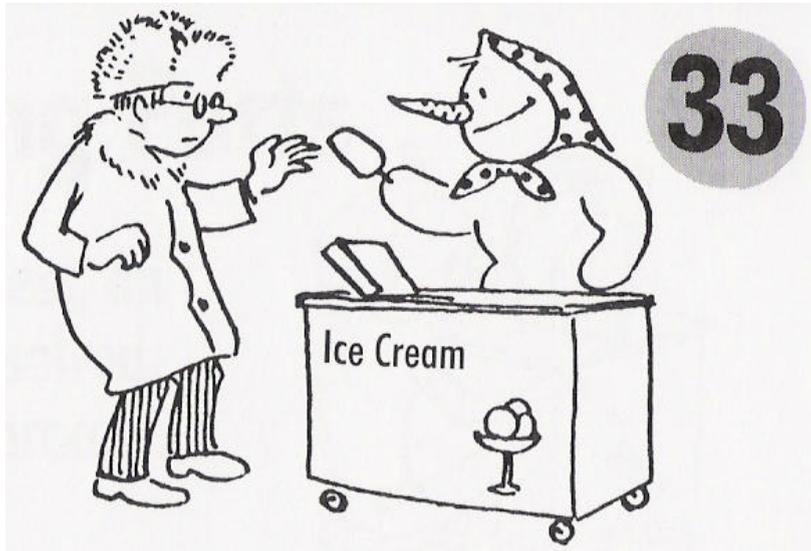
32. CAMBIANDO EL COLOR

- A. Cambie el color de un objeto o de su ambiente.
- B. Cambie el grado de traslucidez de un objeto o su ambiente.
- C. Use colores adicionales para observar un objeto, o proceso, que sea difícil de ver.
- D. Si ya se usan aditivos, emplee señales luminiscentes o atómicas.



33. HOMOGENEIDAD

- A. Los objetos que interactúan con el objeto principal, deben ser hechos del mismo material (o materiales con propiedades similares) que el objeto principal.



34. RECHAZANDO Y REGENERANDO PARTES

- A. Después de completar su función o dejar de ser útil, un elemento del objeto es rechazado o modificado durante su proceso de trabajo.
- B. Las partes consumidas de un objeto deben ser restauradas durante su trabajo.



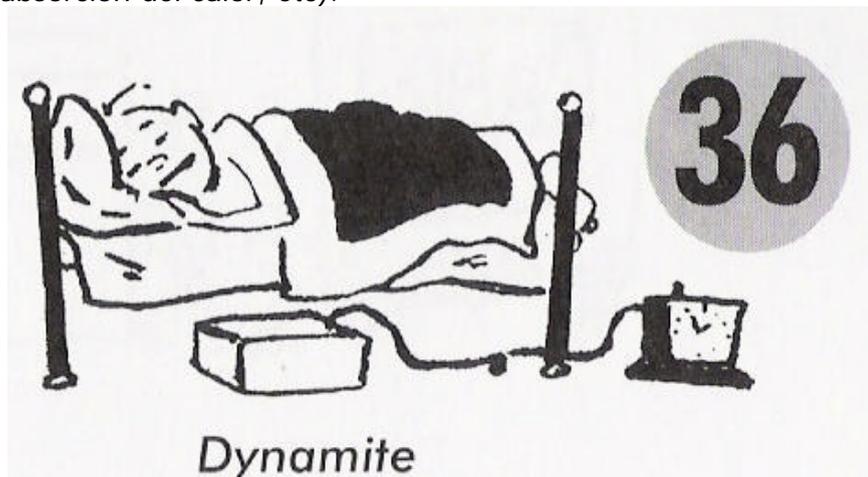
35. TRANSFORMACIÓN DE PROPIEDADES

- A. Cambie el estado físico del sistema.
- B. Cambie la concentración o densidad.
- C. Cambie el grado de flexibilidad.
- D. Cambie la temperatura o el volumen.



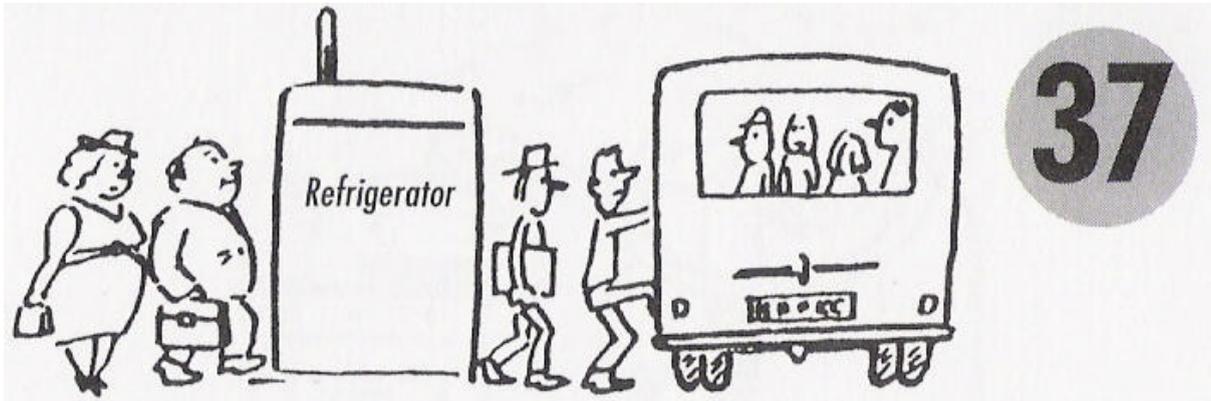
36. FASE DE TRANSICIÓN

- A. Use el fenómeno: cambio de fase (cambio el volumen, la liberación o absorción del calor, etc).



37. EXPANSIÓN TÉRMICA

- A. Use la expansión o contracción del material cambiando su temperatura.
- B. Use varios materiales con diferentes coeficientes de expansión térmica.



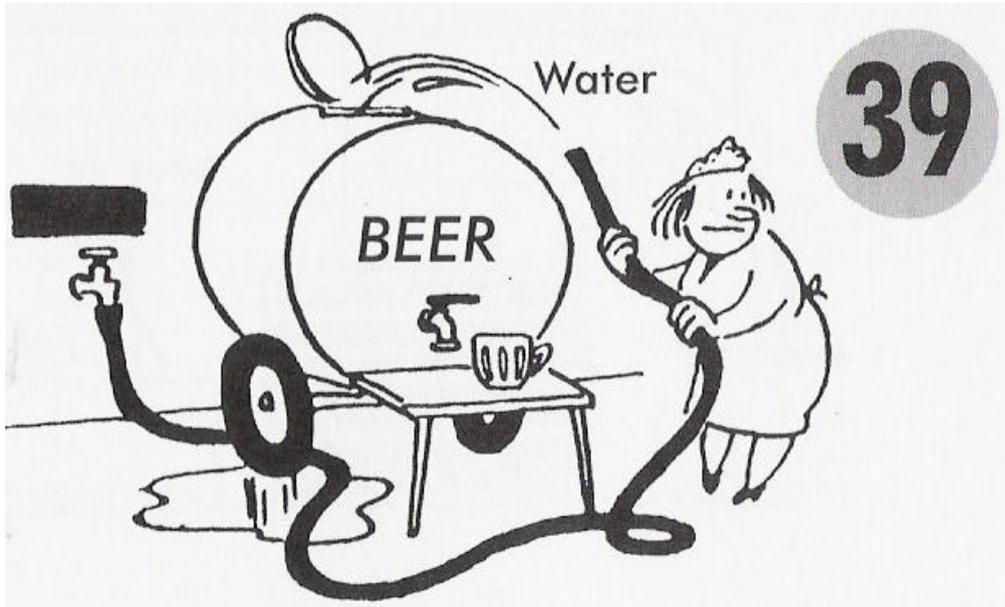
38. OXIDACIÓN ACELERADA

- A. Efectúe la transición de un nivel de oxidación al siguiente nivel:
 1. Aire ambiental para oxígeno.
 2. Oxígeno con oxígeno.
 3. Oxígeno para ionizar el oxígeno.
 4. Oxígeno ionizado para ozonizar oxígeno.
 5. Oxígeno ozonizado para el ozono.
 6. Ozono para oxígeno simple.



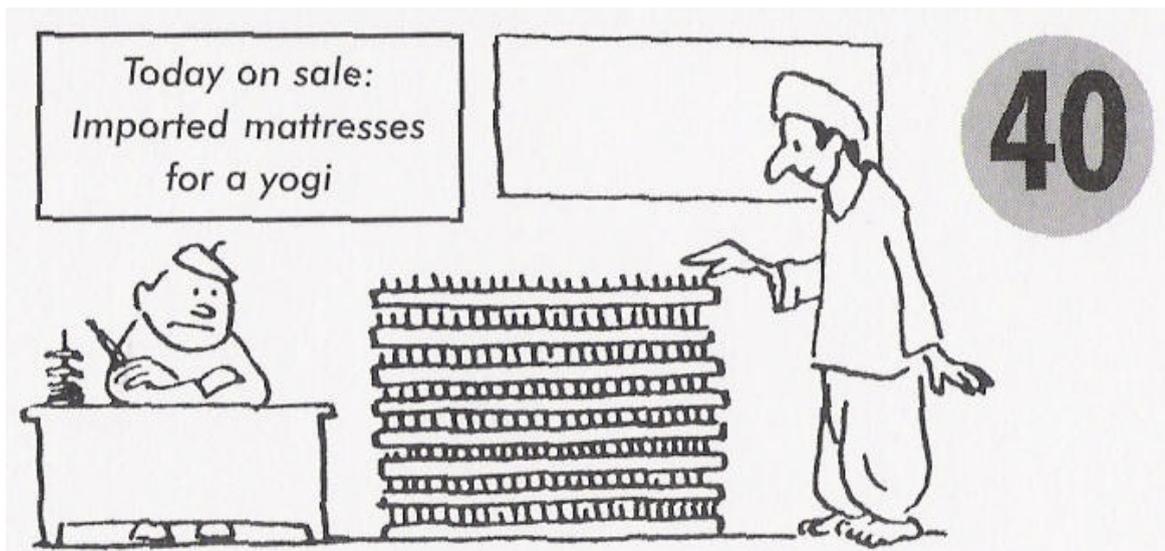
39. AMBIENTE INERTE

- A. Reemplazar el ambiente normal por uno inerte.
- B. Introducir una sustancia neutral o adiccionarla en el objeto.
- C. Ejecutar un proceso en vacío.



40. MATERIALES COMPUESTOS

- A. Reemplazar materiales homogéneos por compuestos.



CAPÍTULO IV. LAS 76 SOLUCIONES ESTÁNDAR

En éste capítulo se explica otra de las herramientas de la metodología TRIZ, las 76 Soluciones Estándar y el modelo Campo – Sustancia, los cuales son utilizados para sintetizar y reconstruir los Sistemas Técnicos con la finalidad de crear un modelo gráfico del problema y poder determinar los cambios necesarios para mejorarlo.

IV. LAS 76 SOLUCIONES ESTÁNDAR Y EL MODELO CAMPO-SUSTANCIA.

Altshuller desarrolló un método y un conjunto de símbolos para describir tipos genéricos de problemas y sus soluciones. El método fue llamado Análisis del modelo Campo-Sustancia. (SFA)

El análisis Campo–Sustancia (Su-field) es una herramienta analítica de la metodología TRIZ para modelar problemas relacionados con sistemas tecnológicos existentes. Cada sistema es creado para ejecutar alguna función. La función deseada es el resultado de un objeto o sustancia (S1), causada por otro objeto (S2) con la ayuda de algún medio (tipos de energía, F). En términos generales, la sustancia ha sido usada en la literatura clásica de TRIZ para referirse a algún objeto. Las sustancias son objetos de cualquier nivel de complejidad. Éstos pueden ser sistemas simples o complejos. La acción o medio que complementa la acción es llamado campo. El análisis del Campo–Sustancia (Su-field) proporciona un modelo rápido y simple, utilizado para considerar diferentes ideas extraídas del conocimiento base.

El análisis Campo–Sustancia se utilizaba originalmente para describir el problema, pero funciona no sólo para plantear los problemas, sino también para desarrollarlos.

El diagrama del Campo-Sustancia de un sistema técnico representa la zona donde ocurre el problema (la contradicción actual). Básicamente, el análisis Campo–Sustancia nos ayuda a determinar los cambios necesarios dentro del Sistema Técnico con la finalidad de mejorarlo; y puede ser aplicado, tanto al sistema como a los diversos niveles de abstracción. En el caso de sistemas complejos hay un modelo Campo–Sustancia para todas las zonas de interés.

De modo que, el análisis del modelo Campo–Sustancia, además de acercarnos a la zona de interés, nos enseña que dos sustancias y un campo son necesarios y suficientes para definir un sistema técnico trabajando.

Existen cuatro modelos básicos de análisis Campo–Sustancia:

1. Sistema completo efectivo.
2. Sistema incompleto (requiere completarse o un nuevo sistema).

3. Sistema completo inefectivo (requiere mejoras para crear el efecto deseado).
4. Sistema completo nocivo (requiere la eliminación del efecto negativo).

Si en un problema se tiene un sistema existente en donde falta cualquiera de los tres elementos, el análisis del Campo–Sustancia nos indica en dónde debe ser completado el modelo y ofrece caminos para el pensamiento innovador.

Si se tiene un problema de innovación y el sistema tiene los tres elementos requeridos, el análisis del Campo–Sustancia sugiere formas para modificar el sistema, de tal modo que mejore su ejecución. Algunas reglas básicas y las 76 Soluciones Estándar permiten una modelación rápida de la estructura simple para el análisis del Campo–Sustancia.

Para generar un modelo Campo-Sustancia, debemos entender que: el campo, es en sí mismo alguna forma de energía, provee alguna energía, fuerza o reacción para garantizar un efecto. El efecto puede ser una sustancia S1 ó la salida de información del campo. El término campo es usado en un amplio sentido, pues incluye los campos de la física (esto es, electromagnético, gravedad e interacciones nucleares, fuertes o débiles). Otros campos pueden ser: térmico, químico, mecánico, acústico, luminoso, etc.

Las dos sustancias pueden ser sistemas enteros, subsistemas o simples objetos. Éstas pueden ser clasificadas como herramientas o partes. El modelo de Altshuller de un sistema simple útil se conforma de un trío: dos sustancias y un campo.

El problema debe ser modelado para mostrar la relación entre las dos sustancias y el campo. De hecho, el modelo Campo-Sustancia describe modelos de sistemas. Los sistemas complejos pueden ser modelados por múltiples modelos Campo–Sustancia conectados entre sí.

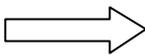
Existen cuatro pasos para crear el modelo Campo–Sustancia:

1. Identificar los elementos. El campo es cualquier acción sobre ambas sustancias o está dentro de la sustancia S2, como un sistema.
2. Construir el modelo. Después de completar estos dos pasos, evaluar qué tan completo y efectivo es el sistema. Si algún elemento falta, tratar de identificar cuál es.
3. Considerar soluciones dentro de las 76 Soluciones Estándar.
4. Desarrollar un concepto para soportar la solución. Utilizar herramientas del conocimiento básico.

La siguiente simbología es utilizada para la creación del modelo Campo-Sustancia:

Efecto no evaluado 

Efecto deseado 

Efecto insuficiente	
Efecto nocivo	
Resultados en	
Modelo cambiado	
Campo tipo	F_{type}
Efecto útil	U
Efecto nocivo	H

Análisis de la Nomenclatura.

La identificación de sustancias (S1 y S2) depende de la aplicación. Una sustancia puede ser un material, herramienta, parte, persona o ambiente. S1 es el recipiente de la acción de los sistemas. S2 es el medio por el cual alguna fuente de energía es aplicada a S1.

La fuente de energía, o campo (F), que actúa sobre las sustancias es, a menudo:

- (Me) – Mecánico
- (Th) – Térmico
- (Ch) – Químico
- (E) – Eléctrico
- (M) – Magnético
- (G) – Gravitacional

El Análisis Campo-Sustancia de Altshuller, permite describir modelos de sistemas para ser mejorados y modelos de sistemas mejorados. Un conjunto de 76 de las más efectivas transiciones genéricas de modelos hacia modelos de sistemas mejorados son las 76 Soluciones Estándar para Problemas Inventivos.

Las 76 Soluciones Estándar son reglas estructuradas para la síntesis y reconstrucción de los sistemas técnicos; y se enseñan junto con los modelos Campo-Sustancia, porque los problemas son resueltos con soluciones estándares que están definidas en términos de modelos Campo-Sustancia.

Las 76 Soluciones Estándar son útiles para resolver problemas inventivos de nivel 3, esto es, las invenciones que mejoran significativamente el sistema existente, y representan el 18% de las patentes a nivel mundial. Cuando se resuelve una contradicción dentro del sistema existente (industria), comúnmente se hace introduciendo algún elemento nuevo. Pero un nivel 3 de innovación nos lleva fuera de las ideas y principios aceptados por el rango de la industria.

Típicamente las 76 Soluciones Estándar son utilizadas como un paso en el algoritmo ARIZ, después de que el modelo Campo-Sustancia (zona de interés en ARIZ) ha sido desarrollado y cualquier limitación (contradicción) en la solución ha sido identificada. El modelo y las limitantes son utilizados para identificar el tipo de solución requerida.

Altshuller ofreció 76 estándares, agrupados en 5 categorías, las cuales son:

Clase # 1. Construir ó destruir un Campo-Sustancia. (13 estándares)

Clase # 2. Desarrollar un Campo-Sustancia. Mejorar el sistema cambiando el sistema. (23 estándares)

Clase # 3. Transición del sistema base a un suprasistema o a un micro-nivel. (6 estándares)

Clase # 4. Medir o detectar cualquier cosa dentro del sistema técnico. (17 estándares)

Clase # 5. Estrategias para simplificar y mejorar el sistema técnico, introduciendo sustancias o campos dentro del mismo. (17 estándares)

A continuación se explican cada uno de los 76 estándares dentro de su respectiva Clase.

Clase # 1. Modificar un sistema de tal manera que se obtenga el resultado deseado o eliminar un resultado indeseado. No hay cambios o pequeños cambios en el sistema. Este grupo incluye las soluciones necesarias para completar un modelo incompleto. En términos del Campo-Sustancia, un modelo incompleto es aquel que no tiene el elemento o sustancia 1 (S_1), elemento o sustancia 2 (S_2) y el campo o fuerza (F) o éste es inadecuado.

Recordemos que los campos son mecánicos, térmicos, químicos, acústicos, eléctricos, magnéticos, gravitacionales, nucleares débiles y nucleares fuertes.

1.1. Mejorar la función de un sistema inadecuado.

1.1.1. Completar o incompletar el modelo. Si hay un solo objeto S_1 , agregar un segundo objeto S_2 y una interacción o campo F.

1.1.2. El sistema no puede ser cambiado, pero un agregado permanente o temporal es aceptado. Incorporar un agregado interno en cualquiera de los dos elementos S_1 ó S_2 .

1.1.3. Como en 1.1.2., pero se usa un agregado permanente o temporal externo S_3 para cambiar a cualquiera de los dos elementos S_1 ó S_2 .

1.1.4. Como en 1.1.2., pero se utiliza un recurso proveniente del ambiente para agregar, ya sea interna o externamente.

1.1.5. Como en 1.1.2., pero modificamos o cambiamos el ambiente del sistema.

- 1.1.6. El control preciso de pequeñas cantidades es difícil de alcanzar. Controlar pequeñas cantidades aplicando y quitando el excedente.
 - 1.1.7. Si un campo moderado es aplicado, pero es insuficiente para lograr el efecto deseado, y un campo mayor dañaría el sistema; el campo de mayor magnitud puede ser aplicado a otro elemento que esté ligado con el original. Del mismo modo, una sustancia que no realiza la acción completa directamente, puede alcanzar el efecto deseado, uniéndose con otra sustancia que pueda ser usada.
 - 1.1.8. Cuando se requiere un modelo que tenga efectos grandes/fuertes y pequeños/débiles. La colocación requerida de pequeños efectos puede ser protegida por una sustancia S_3 .
- 1.2. Eliminar o neutralizar los efectos nocivos.
- 1.2.1. Efectos útiles y nocivos existen en el diseño actual. No es necesario que S_1 y S_2 estén en contacto directo. Quitar el efecto nocivo introduciendo una sustancia S_3 .
 - 1.2.2. Similar a 1.2.1., pero no pueden ser agregadas nuevas sustancias. Quitar el efecto nocivo modificando S_1 ó S_2 . Esta solución incluye agregar "nada", esto es, huecos, hoyos, vacíos, aire, burbujas, espuma, etc., o agregar un campo que actúe como una sustancia adicional.
 - 1.2.3. La acción nociva es causada por el campo. Introducir un elemento S_3 que absorba el efecto nocivo.
 - 1.2.4. Efectos útiles y nocivos existen en un sistema en donde los elementos S_1 y S_2 deben estar en contacto. Contrarrestar el efecto nocivo del campo F_1 teniendo un campo F_2 que neutralice el efecto nocivo o genere un efecto útil adicional.
 - 1.2.5. Un efecto nocivo puede existir debido a una propiedad magnética de un elemento en el sistema. El efecto puede ser eliminado calentando la sustancia magnética por arriba de su punto de Curie, o introduciendo un campo magnético opuesto.

Clase # 2. Desarrollando el Sistema Campo-Sustancia

2.1. Transición a Modelos Campo-Sustancia Complejos.

- 2.1.1. Cadena del modelo Campo-Sustancia: Convertir el modelo simple a un modelo encadenado que contenga una sustancia S_2 con un campo F_1 aplicado a una sustancia S_3 , y esta misma con un campo F_2 aplicado a una sustancia S_1 . La secuencia de los dos modelos puede ser controlada independientemente.
- 2.1.2. Doble modelación del Campo-Sustancia: Un sistema poco controlado necesita ser mejorado pero no se pueden cambiar los elementos del sistema existente. Entonces, un segundo campo puede ser aplicado a la sustancia S_2 .

2.2. Forzando los Modelos Campo-Sustancia.

- 2.2.1. Reemplazar o agregar al campo poco controlado un campo que sea más fácil de controlar. Ir de un campo gravitacional a un campo mecánico que provea un mayor control, así como ir de un medio mecánico a uno eléctrico o de un mecánico a un magnético. Este es uno de los patrones de evolución de los sistemas que van progresando del contacto físico con objetos, con acciones realizadas por los campos.
- 2.2.2. Cambiar la sustancia S_2 de un macro nivel a un micro nivel. Este estándar es actualmente el patrón de evolución de macro a micro nivel.
- 2.2.3. Cambiar la sustancia S_2 a un material poroso o capilar que permitirá el paso de un gas o un líquido.
- 2.2.4. Hacer el sistema más flexible o adaptable; hacerlo más dinámico es otro patrón de evolución. La transición común es de algo sólido a un sistema articulado continuando al sistema flexible.
- 2.2.5. Cambiar un campo no controlado por un campo, con patrones predeterminados que puedan ser permanentes o temporales.
- 2.2.6. Cambiar una sustancia uniforme o una sustancia no controlada por una sustancia no-uniforme con una estructura espacial predeterminada que sea permanente o temporal.

2.3. Controlando la frecuencia para igualar o desigualar la frecuencia natural de uno o ambos elementos con el fin de mejorar la función.

- 2.3.1. Igualar o desigualar la frecuencia del campo F y la sustancia S_1 o S_2 .
- 2.3.2. Igualar los ritmos de los campos F_1 y F_2 .
- 2.3.3. Dos acciones incompatibles o independientes pueden ser realizadas, continuando una durante el tiempo muerto de la otra.

2.4. Integrando material ferromagnético y campos magnéticos como una forma efectiva para mejorar la función de un sistema.

- 2.4.1. Agregar material ferromagnético y/o un campo magnético al sistema.
- 2.4.2. Combinar lo dicho en 2.2.1 (ir hacia campos más controlados) y 2.4.1 (usar material ferromagnético y campos magnéticos).
- 2.4.3. Utilizar un líquido magnético. Los líquidos magnéticos son un caso especial de 2.4.2. Los líquidos magnéticos son partículas ferromagnéticas suspendidas en keroseno, silicón o agua.
- 2.4.4. Use estructuras capilares que contengan partículas magnéticas o líquidas.
- 2.4.5. Use aditivos (como capa) para dar a un objeto no-magnético propiedades magnéticas. Puede ser temporal o permanente.
- 2.4.6. Introduzca materiales ferromagnéticos en el ambiente, si esto no es posible, hacer el objeto magnético.

- 2.4.7. Use fenómenos naturales (tales como alineación de objetos con el campo, o pérdida de ferromagnetismo por encima del punto de Curie).
- 2.4.8. Use un campo magnético dinámico, variable o autoajutable.
- 2.4.9. Modificar la estructura de un material introduciendo partículas ferromagnéticas, entonces aplicar un campo magnético para mover las partículas. Mas específicamente, hacer la transición de un sistema no-estructurado a uno estructurado. O viceversa, dependiendo de la situación.
- 2.4.10. Igualar los ritmos en el modelo Campo-Sustancia ferromagnética. En macro sistemas, se usa la vibración mecánica para realzar el movimiento de las partículas ferromagnéticas. En los niveles moleculares y atómicos, la composición del material puede ser identificada por el espectro de la frecuencia de resonancia de los electrones en respuesta al cambio de frecuencia de un campo magnético.
- 2.4.11. Utilice corriente eléctrica para crear campos magnéticos, además de usar partículas magnéticas.
- 2.4.12. Líquidos que tienen una viscosidad controlada por un campo eléctrico. Pueden ser usados en combinación con cualquiera de los métodos aquí descritos, porque ellos pueden imitar fases de transición líquido/sólido.

Clase # 3. Transiciones del Sistema

3.1. Transición de Bisistemas a Polisistemas.

- 3.1.1. Transición 1a del Sistema: Creación de Bi-Sistemas a Poli-Sistemas.
- 3.1.2. Mejorar la unión entre Bi-Sistemas y Poli-Sistemas.
- 3.1.3. Transición 1b del Sistema: Incrementar las diferencias entre elementos.
- 3.1.4. Simplificación de los Bisistemas y Polisistemas.
- 3.1.5. Transición 1c del Sistema: Características opuestas del todo y las partes.

3.2. Transición a Micro-Nivel.

- 3.2.1. Transición 2 del Sistema: Transición a un Micro-Nivel.

Clase # 4. Detectando y Midiendo. La detección y medición son típicamente para controlar. La detección es binaria (algo puede suceder o no suceder) y la medición tiene algún nivel de cuantificación y precisión.

4.1. Métodos Indirectos.

- 4.1.1. Modificar el sistema en lugar de la detección o medición; así, no hay una gran necesidad de medición.
- 4.1.2. Medir una copia o una imagen, si 4.1.1. no puede ser usado.
- 4.1.3. Usar 2 detecciones en lugar de mediciones continuas, si 4.1.1. ó 4.1.2. no pueden ser usadas.

- 4.2. Crear o sintetizar un sistema de medición. Algunos elementos o campos deben ser agregados al sistema existente.
- 4.2.1. Si un sistema Campo-Sustancia incompleto no puede ser detectado o medido, debe crearse un sistema Campo-Sustancia simple o doble, con un campo como salida. Si el campo existente es inadecuado, cambiar o realzar el campo sin interferir con el sistema original. El nuevo campo debe tener un parámetro fácilmente detectable que correlacione al parámetro que necesitamos conocer.
 - 4.2.2. Medición introduciendo un aditivo. Introducir un aditivo, que reaccione al cambio en el sistema original, entonces se medirán los cambios en el aditivo.
 - 4.2.3. Si nada puede ser agregado al sistema, entonces detectar o medir el efecto del sistema sobre un campo creado por aditivos colocados en el ambiente externo.
 - 4.2.4. Si los aditivos no pueden ser introducidos dentro del ambiente del sistema como en 4.2.3., entonces crear por descomposición o cambios en su estado algunos existentes en el ambiente, y medir el efecto del sistema en estos aditivos creados.
- 4.3. Realzar el Sistema de Medición.
- 4.3.1. Aplicar fenómenos naturales. Use efectos científicos que se sabe ocurrirán en el sistema, y determine el estado del sistema observando cambios en los efectos.
 - 4.3.2. Si los cambios en un sistema no pueden ser determinados directamente o a través de un campo, medir la frecuencia de la resonancia del sistema o de un elemento de acuerdo con los cambios medidos.
 - 4.3.3. Si 4.3.2. no es posible, medir la frecuencia de la resonancia del objeto ligado a otro de propiedades conocidas.
- 4.4. Medir el Campo-Ferromagnético.
- 4.4.1. Agregar o hacer uso de una sustancia ferromagnética y un campo magnético en un sistema para facilitar la medición.
 - 4.4.2. Agregar partículas magnéticas al sistema o cambiar una sustancia por partículas ferromagnéticas para facilitar la medición por detección de los resultados del campo magnético.
 - 4.4.3. Si las partículas ferromagnéticas no pueden ser agregadas directamente al sistema o una sustancia no puede ser reemplazada con partículas ferromagnéticas, construir un sistema complejo poniendo aditivos ferromagnéticos dentro de la sustancia.
 - 4.4.4. Agregar partículas ferromagnéticas al ambiente, si éstas no pueden ser agregadas al sistema.

4.4.5. Medir los efectos de un fenómeno natural asociado con magnetismo tal como el punto de Curie, histéresis, templado de superconductividad el efecto Hall, etc.

4.5. Dirección de la Evolución de los Sistemas de Medición.

4.5.1. Transición de sistemas Bisistemas y Polisistemas. Si una medición simple del sistema no da suficiente seguridad, use dos o más sistemas de medición, o realice múltiples mediciones.

4.5.2. En lugar de la medición directa de un fenómeno, medir la primera y segunda derivadas en tiempo o en espacio.

Clase # 5. Métodos para Simplificar y Mejorar las Soluciones Estándar.

5.1. Introduciendo Sustancias.

5.1.1. Formas indirectas.

5.1.1.1. Use "nada" , esto es agregue aire, vacíos, burbujas, hoyos, poros, huecos, etc.

5.1.1.2. Use un campo en lugar de una sustancia.

5.1.1.3. Use un aditivo externo en lugar de uno interno.

5.1.1.4. Use una pequeña cantidad de un aditivo muy activo.

5.1.1.5. Concentre el aditivo en un lugar específico.

5.1.1.6. Introduzca temporalmente el aditivo.

5.1.1.7. Use una copia o modelo del objeto en el que puedan ser usados los aditivos, en lugar del objeto original, si el aditivo no se permite en el original. Esto puede incluir el uso de simulaciones y copias de los aditivos.

5.1.1.8. Introducir un componente químico que reaccione favorablemente al elemento deseado o componentes, donde la introducción del material deseado pueda ser nocivo.

5.1.1.9. Obtener el aditivo requerido por descomposición del ambiente o del objeto mismo.

5.1.2. Dividir los elementos en unidades más pequeñas.

5.1.3. Aditivos eliminados por sí mismos después de su uso.

5.1.4. Utilizar "nada" si las circunstancias no permiten el uso de grandes cantidades de material.

5.2. Use Campos.

5.2.1. Use un campo para causar la creación de otro campo.

5.2.2. Use campos que estén presentes en el ambiente.

5.2.3. Use sustancias que surjan de campos.

5.3. Fase de Transiciones.

5.3.1. Fase de Transición 1: Sustituyendo las Fases.

5.3.2. Fase de Transición 2: Estado de Fase Binario.

5.3.3. Fase de Transición 3: Utilizar el fenómeno que acompaña la Fase de Cambio.

5.3.4. Fase de Transición 4: Transición del Estado a Dos Fases.

5.3.5. Interacción de las Fases. Incrementar la efectividad del sistema induciendo una interacción entre los elementos del sistema, o las fases del sistema.

5.4. Aplicando los Fenómenos Naturales.

5.4.1. Transiciones Auto-Controladas. Si un objeto debe estar en varios estados diferentes, debe hacer la transición de un estado a otro por sí mismo.

5.4.2. Reforzando la salida del campo donde hay una entrada débil del campo. Generalmente esto se hace trabajando cerca de un punto de fase de transición.

5.5. Generando Formas más Altas o Bajas de Sustancias.

5.5.1. Obtener las partículas de la sustancia (iones, átomos, moléculas, etc.) por descomposición.

5.5.2. Obtener las partículas de la sustancia por asociación.

5.5.3. Aplicar la Solución Estándar 5.5.1. y 5.5.2. Si una sustancia de un nivel estructural alto tiene que ser descompuesta y no puede ser descompuesta, comenzar con la sustancia del siguiente nivel más dto. Igualmente, si una sustancia debe ser formada de materiales de un nivel estructural bajo y esto no es posible, entonces comenzar con el siguiente nivel más alto de la estructura.

Cabe mencionar que las soluciones de las clases 1 a 4, frecuentemente hacen al sistema más complicado, pues la mayoría requieren de la introducción de nuevas sustancias o nuevos campos. Mientras que las soluciones de la clase 5 son métodos que simplifican el sistema, haciéndolo más ideal. De modo que se recomienda que después de utilizar una solución de las clases 1 a 3, para un problema dado, o clase 4 para medir o detectar el problema, se utilice la clase 5, pues simplifica la solución.

Las 76 Soluciones Estándar son una colección de métodos, utilizados para identificar y aplicar guías probadas en la solución de problemas. Ayudan a encontrar conceptos de solución para diversos tipos de problemas y están agrupadas por restricciones, esto facilita y acelera la búsqueda de conceptos de solución adecuados.

Los Estándares pueden ser usados como guías para cualquier problema, ya que proveen una descripción concisa de la situación genérica, que incluye un estado de limitaciones o restricciones de alto nivel.

CAPÍTULO V. ALGORITMO DEL TRIZ

En éste capítulo se explica otra de las herramientas de la metodología TRIZ, el Algoritmo para Resolver Problemas Inventivos (ARIZ), el cual proporciona una secuencia específica de pasos para desarrollar una solución a problemas complejos.

V. ALGORITMO PARA RESOLVER PROBLEMAS INVENTIVOS (ARIZ)

Altshuller desarrolló un método consistente en una secuencia específica de pasos, para desarrollar una solución a problemas complejos. Este método ó algoritmo es el ARIZ, el cual es la herramienta central del TRIZ.

La Historia del desarrollo del ARIZ, nos muestra que la intención original era construir un método para inventar que cumpliera con un conjunto de reglas, tales como: "Resolver un problema, encontrando y resolviendo una contradicción técnica", o "Para cualquier solución dada, utilizar menos material, energía, espacio y tiempo; así esta solución sería la mejor". En este método se incluyeron principios de innovación típicos; y todas las reglas y principios fueron y están basados en investigaciones e información recopilada de importantes invenciones, tales como: análisis de prácticas inventivas personales e información técnica disponible como la historia de la tecnología.

ARIZ-56 consistió en un conjunto de pasos para resolver un problema antes de ser un algoritmo o programa. La parte operacional de ARIZ-56 es la llamada Sinéctica debido a su confianza en el pensamiento analógico. Las fortalezas del ARIZ-56 fueron: a) formular la resolución de un problema a través de el descubrimiento y resolución de una contradicción técnica, y b) que incorporó el concepto de ir más allá de los límites del objeto inmediato.

ARIZ-59 representa el comienzo de un largo viaje hacia un algoritmo, pues estaba basado en un conjunto de herramientas de uso secuencial. Como primer paso surgen una cadena de operaciones, pero como todavía no hay un sistema – los pasos pueden ser intercambiados. Esto es, los "prototipos naturales" son movidos al final de la parte operacional del ARIZ. Un nuevo e importante paso es introducido: la identificación del Resultado Final Ideal (solución). Para finales de los años cincuenta fue obvio que un "método de invención" debía ser incluido además del ARIZ, esto es, los patrones de evolución tecnológicos y el constante crecimiento de conocimiento base. De hecho, lo que fue originalmente propuesto como "método de invención" sería más apropiadamente una *ciencia de invención*.

ARIZ-61 fue una versión mejorada del ARIZ-59, y divide al proceso creativo en tres etapas: analítica, operativa (eliminar una contradicción técnica) y la sintética

(introducción de cambios adicionales). Cada etapa a su vez, se divide en varios pasos secuenciales, como se muestra a continuación:

1. Etapa Analítica

Paso Uno: Formular el problema.

Paso Dos: Imaginar el Resultado Final Ideal (IFR)

Paso Tres: Determinar qué interfiere para alcanzar este resultado (encontrar la contradicción).

Paso Cuatro: Determinar por qué interfiere (encontrar la razón de la contradicción).

Paso Cinco: Determinar bajo qué condiciones no interferiría (encontrar condiciones durante las cuales la contradicción es eliminada).

2. Etapa Operativa

Paso Uno: Explorar la posibilidad de hacer cambios en el objeto (máquina, dispositivo y/o proceso tecnológico)

1. Cambiar el tamaño
2. Cambiar la forma
3. Cambiar el material
4. Cambiar la temperatura
5. Cambiar la presión
6. Cambiar la velocidad
7. Cambiar el color
8. Cambiar la posición relativa de las partes
9. Cambiar las condiciones de trabajo de las partes con el propósito de maximizar su carga de trabajo.

Paso Dos: Explore la posibilidad de dividir un objeto en partes independientes.

1. Aíse la parte débil
2. Aíse la parte necesaria/adecuada
3. Separe un objeto en partes idénticas

Paso Tres: Explore la posibilidad de alterar el ambiente externo (del objeto dado)

1. Cambie los parámetros del ambiente
2. Reemplace el ambiente
3. Separe el ambiente en diversos medios
4. Utilice las características del ambiente para desarrollar funciones útiles.

Paso Cuatro: Explore la posibilidad de hacer cambios en objetos vecinos que interactúan.

1. Defina las relaciones entre los objetos independientes que participan en la ejecución de la misma función.
2. Elimine un objeto transfiriendo su función a otro objeto.
3. Incremente el número de objetos que operan simultáneamente en un área definida, utilizando el espacio libre en su área opuesta.

Paso Cinco: Estudie prototipos de otras industrias (haga esta pregunta: ¿cómo fue resuelta una contradicción similar en otra área tecnológica?).

Paso Seis: Regrese al problema original (en caso de que los pasos anteriores no apliquen o amplíen las condiciones del problema), y haga la transición a un enunciado más general del problema.

3. Etapa Sintética

Paso Uno: Cambie la forma del objeto – una máquina con una función nueva debería tener una forma nueva.

Paso Dos: Cambie otros objetos que interactúan con el que está bajo consideración.

Paso Tres: Introduzca cambios dentro de los medios de funcionalidad del objeto.

Paso Cuatro: Explore la implementación del principio nuevo que ha encontrado, para resolver otros problemas técnicos. Este es el último paso del ARIZ-61.

ARIZ-64 introduce una sección de “Clarificación y verificación del planteamiento del problema”. Esto fue un cambio significativo, ya que le dio una nueva dirección al desarrollo del ARIZ – como la herramienta para obtener poderosas soluciones a problemas difíciles. Las reglas para completar las recomendaciones fueron introducidas en el paso 2.1. Y la primera Tabla de Principios de Innovación fue desarrollada.

En el **ARIZ-65** se introduce la primera Tabla de Contradicciones. La parte operacional todavía contiene el análisis de prototipos naturales. La palabra “algoritmo” se introduce como una indicación del objetivo a largo plazo para el desarrollo del ARIZ.

En el caso del **ARIZ-68**, éste se divide en dos partes: Selección del problema y clarificación del planteamiento del problema. Se introducen nuevos pasos para manejar la inercia psicológica. El conocimiento base se estructura y expande: el análisis sistemático de patentes reveló 35 Principios de Innovación, así como la siguiente versión de la Tabla de Contradicciones.

Con **ARIZ-71** el programa se vuelve más algorítmico. En el proceso de análisis, la zona operacional y sus requerimientos contradictorios son identificados. Se introduce un operador psicológico para modificar Dimensiones, Tiempo y Costo. La Tabla de Contradicciones se completa y se han identificado Principios de Innovación adicionales llegando a 40. Se agregan recomendaciones, notas y ejemplos para su utilización. Las principales operaciones están integradas dentro de un sistema y la unión entre pasos es más rígida. Asimismo, se introduce una sección para evaluar nuevas ideas encontradas. A continuación se detalla el ARIZ-71.

Parte Uno: Eligiendo el problema

Paso 1-1: Determine la meta final de una solución.

- a. ¿Cuál es la meta técnica? (qué característica del objeto debe ser cambiada)

- b. ¿Qué característica del objeto por razones obvias no puede ser cambiada en el proceso de solución del problema?
- c. ¿Cuál es la meta económica de la solución? (qué gasto sería reducido si el problema es resuelto)
- d. ¿Cuál es aproximadamente, el costo aceptable?
- e. ¿Cuál es la principal característica técnica/económica que debe ser mejorada?

Paso 1-2: Investigue un "Enfoque Alternativo". Imagine que el problema, en principio, no puede ser resuelto. ¿Qué otro problema, más general, puede resolverse para alcanzar el resultado final requerido?

Paso 1-3: Determine cuál problema, si el original o el alternativo, tiene más sentido resolver.

- a. Compare el problema original con una tendencia (una dirección de evolución) dentro de la industria dada.
- b. Compare el problema original con una tendencia (una dirección de evolución) dentro de una industria líder.
- c. Compare el problema alternativo con una tendencia (una dirección de evolución) en la industria dada.
- d. Compare el problema alternativo con una tendencia (una dirección de evolución) en una industria líder.
- e. Compare el problema original con el problema alternativo. Elija con cuál continuar.

Paso 1-4: Determine las características cuantitativas requeridas.

Paso 1-5: Modifique las características cuantitativas para un tiempo futuro.

Paso 1-6: Defina los requerimientos para las condiciones específicas en las que funcionará la invención.

- a. Considere las condiciones específicas para fabricar el producto: en particular, el grado aceptable de complejidad.
- b. Considere la escala de aplicaciones futuras.

Parte Dos: Defina el problema con mayor precisión.

Paso 2-1: Defina el problema con más precisión, utilizando información de patentes.

- a. ¿Cómo han resuelto otras patentes problemas parecidos al dado?
- b. ¿Cómo se han resuelto en industrias líderes problemas similares?
- c. ¿Cómo se han resuelto los problemas opuestos?

Paso 2-2: Use el Operador TTC (Tamaño, Tiempo, Costo)

- a. Imagine cambiar las dimensiones de un objeto desde su valor dado, hasta cero (Tamaño \rightarrow 0). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo?

- b. Imagine cambiar las dimensiones de un objeto desde su valor dado, hasta infinito (Tamaño $\rightarrow \infty$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo?
- c. Imagine cambiar el tiempo del proceso (o la velocidad de un objeto) desde su valor dado, hasta cero (Tiempo $\rightarrow 0$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo?
- d. Imagine cambiar el tiempo del proceso (o la velocidad de un objeto) desde su valor dado, hasta infinito (Tiempo $\rightarrow \infty$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo?
- e. Imagine cambiar el costo de un objeto o proceso – sus gastos aceptables – desde el valor dado, hasta cero (Costo $\rightarrow 0$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo?
- f. Imagine cambiar el costo de un objeto o proceso – sus gastos aceptables – desde el valor dado, hasta infinito (Costo $\rightarrow \infty$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo?

Paso 2-3: Describa las condiciones del problema en dos frases (sin usar términos especiales, y sin definir exactamente qué se debe pensar, encontrar o desarrollar) usando el siguiente formato:

- a. “Dado un sistema que consiste de (describa sus elementos).”
- b. “El elemento (establezca el elemento), bajo ciertas condiciones (establezca las condiciones), produce el efecto indeseable (establezca el efecto).”

Paso 2-4: Introduzca los elementos del paso 2-3a en una tabla.

Tipos de Elementos	Elementos
a. Elementos que pueden ser cambiados, rediseñados o afinados (bajo las condiciones de este problema)	
b. Elementos que son difíciles de cambiar (bajo las condiciones de este problema)	

Paso 2-5: Elija del paso 2-4a el elemento más fácil de cambiar, rediseñar o afinar.

Nota:

1. Si todos los elementos en el paso 2-4a tienen la misma facilidad de cambio, comience con un elemento inmóvil (usualmente éstos son más fáciles de cambiar que los móviles).
2. Si hay un elemento en el paso 2-4a que está conectado con un efecto indeseable (usualmente esto está indicado en el paso 2-3b), elíjalo como último recurso.
3. Si el sistema tiene solamente los elementos en el paso 2-4b, tome un elemento del ambiente exterior.

Parte Tres: Etapa Analítica

Paso 3-1: Plantear el Resultado Final Ideal (RFI) usando el siguiente formato:

- a. Seleccione el elemento del paso 2-5.
- b. Establezca su acción.
- c. Establezca cómo ejecuta esta acción (cuando responda esta pregunta, siempre use las palabras "por sí mismo").
- d. Establezca cuándo se ejecutará esta acción.
- e. Establezca bajo qué condiciones (limitaciones, requerimientos, etc.) se ejecutará esta acción.

Paso 3-2: Realice dos dibujos – (1) "Inicial" (la condición antes del Resultado Final Ideal), y (2) "Ideal" (condición después de alcanzar el Resultado Final Ideal).

Nota: Los dibujos pueden ser arbitrarios siempre y cuando reflejen las esencias de "Inicial" e "Ideal". El dibujo "Ideal" debe reflejar el planteamiento escrito del RFI.

Prueba del paso 3-2: Todos los elementos planteados en el paso 2-3a deben estar en el dibujo. Si el ambiente externo es elegido en el paso 2-5, esto debe mostrarse en el dibujo "Ideal".

Paso 3-3: En el dibujo "Ideal", encuentre el elemento indicado en el paso 3-1a y resalte (con un color diferente u otro medio) la parte que no puede realizar la función necesaria bajo las condiciones requeridas.

Paso 3-4: ¿Por qué este elemento no puede realizar la acción requerida?

Preguntas suplementarias:

1. ¿Qué esperamos del área resaltada del objeto?
2. ¿Qué evita que se ejecute la acción por sí misma?
3. ¿Cuál es el conflicto entre "1" y "2" mencionados anteriormente?

Paso 3-5: ¿Bajo qué condiciones puede esta parte proveer la acción requerida (¿Qué parámetros debe poseer esta parte?)

Nota: No considere en este momento si es posible realizarlo o no. Sólo nombre la característica y no se preocupe sobre cómo se conseguirá.

Paso 3-6: ¿Qué se debe hacer para que este elemento alcance la característica descrita en el paso 3-5?

Puntos auxiliares:

1. En su dibujo, indique con flechas las fuerzas que necesitan ser aplicadas a la parte resaltada del objeto, para producir la característica deseada.
2. ¿Cómo pueden ser desarrolladas estas fuerzas? (No considere métodos que contradigan las condiciones del paso 3-1e).

Paso 3-7: Establezca un concepto que pueda ser prácticamente realizado. Si hay varios conceptos, numérelos dándole al más prometedor el número uno. Escriba todos los conceptos.

Paso 3-8: Provea un esquema para realizar el primer concepto.

Preguntas auxiliares:

1. ¿Cuál es el estado "agregado" (partes compuestas) del elemento de trabajo del nuevo mecanismo?
2. ¿Cómo cambia el mecanismo durante un ciclo?
3. ¿Cómo cambia el mecanismo después de muchos ciclos?

Después de crear este concepto, se recomienda regresar al paso 3-7 y considerar otros conceptos.

Parte Cuatro: Análisis preliminar del concepto al que se ha llegado.

Paso 4-1: ¿Qué está mejorando, y qué está empeorando, durante el uso de la idea o concepto nuevo?

Paso 4-2: ¿Es posible prevenir lo que está empeorando, al cambiar el método o mecanismo propuesto?

Paso 4-3: ¿Qué está empeorando ahora (más complicado, más costoso)?

Paso 4-4: Compare pérdidas y ganancias.

- a. ¿Cuál es mayor?
- b. ¿Por qué?

Si la ganancia es mayor que la pérdida (incluso en el futuro), vaya a la Parte Seis, Etapa de Síntesis del ARIZ. Si las pérdidas son mayores que las ganancias, regrese al paso 3-1. Registre, en el mismo documento del análisis original, la secuencia del análisis secundario, así como su resultado, vaya al paso 4-5.

Paso 4-5: Si la ganancia es ahora mayor que cualquier pérdida, vaya a la Parte Seis, Etapa de Síntesis del ARIZ. Si el análisis secundario no produce un nuevo resultado, regrese al paso 2-4 y verifique la Tabla. Tome del paso 2-5 otros elementos del sistema y realice un nuevo análisis. Escriba el segundo análisis y su resultado.

Si no existe una solución satisfactoria después del paso 4-5, vaya a la siguiente parte del ARIZ.

Parte Cinco: Etapa Operativa

Paso 5-1: En la primera columna de la Matriz de Contradicciones, elija la característica que debe ser mejorada.

Paso 5-2:

- a. ¿Cómo podemos mejorar esta característica (del paso 5-1) utilizando cualquier medio conocido (si no se consideran las pérdidas)?
- b. ¿Qué característica se hace inaceptable si se usa un medio conocido?

Paso 5-3: En el primer renglón de la Matriz de Contradicciones, elija la característica correspondiente al paso 5-2b

Paso 5-4: En la Matriz, encuentre los principios que eliminan la contradicción técnica (esto significa, localizar la celda en la intersección de la columna del paso 5-1 y el renglón del paso 5-3).

Paso 5-5: Investigue cómo pueden ser usados estos principios.

Si el problema está resuelto, regrese a la Parte 4 del ARIZ, evalúe la nueva idea y vaya a la Parte 6 del ARIZ. Si el problema no está resuelto, realice los pasos siguientes.

Paso 5-6: Investigue la posibilidad de aplicar fenómenos y efectos físicos.

Paso 5-7: Investigue la posibilidad de cambiar la acción en tiempo/duración.

Preguntas auxiliares:

1. ¿Es posible eliminar una contradicción "aumentando" el tiempo de la acción?
2. ¿Es posible eliminar una contradicción "disminuyendo" el tiempo de la acción?
3. ¿Es posible eliminar una contradicción ejecutando una acción antes de que el objeto empiece a operar?
4. ¿Es posible eliminar una contradicción ejecutando una acción después de que el objeto termine de operar?
5. Si el proceso es continuo, investigue la posibilidad de hacer una transición a una acción periódica.
6. Si el proceso es periódico, investigue la posibilidad de hacer una transición a una acción continua.

Paso 5-8: ¿Cómo son resueltos problemas similares en la naturaleza?

Preguntas auxiliares:

1. ¿Cómo resolvieron este problema las partes inanimadas de la naturaleza?
2. ¿Cómo resolvieron este problema las plantas o animales antiguos?
3. ¿Cómo resuelven este problema los organismos contemporáneos?
4. ¿Qué correcciones deben hacerse considerando los materiales y tecnología nuevos?

Paso 5-9: Investigue la posibilidad de hacer cambios a los objetos que operan en conjunto con el nuestro.

Preguntas auxiliares:

1. ¿A qué suprasistema pertenece nuestro sistema?
2. ¿Cómo podemos resolver este problema si cambiamos el suprasistema?

Si el problema todavía no está resuelto, regrese al paso 1-3. Si ya está resuelto regrese a la Parte 4 del ARIZ – evalúe la idea encontrada – y después vaya a la Parte 6 del ARIZ.

Parte Seis: Etapa de Síntesis

Paso 6-1: Determine cómo debe ser cambiado el suprasistema al cual pertenece nuestro sistema modificado.

Paso 6-2: Explore cómo puede ser usado de manera diferente nuestro sistema modificado.

Paso 6-3: Utilice la idea técnica encontrada (o una idea opuesta a la encontrada) para resolver otros problemas técnicos. Este es el último paso del ARIZ-71.

Este algoritmo de **ARIZ-71** es muy detallado por lo que incrementa la confiabilidad de la solución, además hace muy sencillo el análisis y proporciona mejores resultados al término de la etapa analítica. Con todo esto se ha logrado que el ARIZ sea un algoritmo más flexible y más preciso.

El **ARIZ-75** es una continuación lógica del ARIZ-71, se dan recomendaciones más precisas para cada uno de los pasos y requerimientos estrictos para completarlos. Además el ARIZ-75 es la primera modificación construida como TRIZ y está destinado a trabajar junto con los Patrones de Evolución Tecnológica, las transformaciones Campo-Sustancia y las guías de efectos recopiladas.

El **ARIZ-77** es la terminación lógica de la línea que comenzó con ARIZ-71; se ha construido un programa de tipo algorítmico. Se ha introducido en el paso 4-1 un prototipo de la contradicción física a un micronivel. El análisis del proceso de solución ha sido incluido también, y la Tabla de Contradicciones permanece como unidad auxiliar.

En el **ARIZ-82** (modificaciones A, B, C y D), otras herramientas y aplicaciones de TRIZ se han mejorado, contribuyendo al enriquecimiento del ARIZ. Todos los capítulos del ARIZ (con excepción del primero) son mejorados, especialmente los operadores están haciendo la transición de la contradicción física a los métodos para su eliminación. Se ha introducido una unidad para analizar el modelo del problema. Una definición de "contradicción microfísica" y se ha refinado el "Resultado Final Ideal".

En el **ARIZ-85B** y **C**, se han introducido cambios significativos en la estructura, incluyendo la segunda línea de operaciones y el análisis de recursos Campo-Sustancia.

En la primera mitad del ARIZ, existe una fuerte orientación hacia la idealidad, lo cual está reconocido como el recurso más efectivo del algoritmo. La liga entre el algoritmo, el sistema de soluciones estándar y los patrones de evolución tecnológica se ha hecho más fuerte. La segunda mitad del algoritmo – está dedicada al desarrollo y utilización de ideas que han sido encontradas – también ha sido mejorada. Genrich Altshuller estaba convencido de que el ARIZ-85C era lo suficientemente bueno como última versión del ARIZ.

Varios autores coinciden en que las versiones más actualizadas, 2000 a 2004, provienen fundamentalmente del **ARIZ-85C** (Altshuller, 2002), el cual consta de 9 pasos. Cada paso incluye muchos subpasos. A continuación se describen brevemente estos 9 pasos.

Paso 1. Análisis del Problema. Inicia cuando se hace la transición de enunciados vagos del problema a un enunciado simple (sin jerga o tecnicismos específicos de alguna industria).

Paso 2. Análisis del Modelo del Problema. Se dibuja un diagrama simplificado del conflicto en la zona operativa. Después se evalúan los recursos disponibles.

Paso 3. Formulación del Resultado Final Ideal (RFI). Usualmente, la formulación del Resultado Final Ideal revela requerimientos contradictorios del componente crítico del sistema en la zona operativa, que constituyen la contradicción física.

En muchos casos, el problema está resuelto al final de este paso. Si es así, continúe con los pasos 7, 8 y 9.

Paso 4. Utilización de recursos, sustancias y campos externos. Si el problema no está aún muy claro, se aplica imaginativamente el modelo de “duendes” para comprender mejor el problema.

Paso 5. Utilización de Bancos de Datos. Para resolver el problema, se considera la aplicación de las 76 Soluciones Estándar, junto con una base de datos de efectos físicos.

Paso 6. Cambiar o Reformular el Problema. Si el problema aún no se ha resuelto, ARIZ recomienda regresar al punto de inicio y reformular el problema con respecto al suprasistema. Este proceso puede hacerse varias veces.

Ya que se ha encontrado la solución, se aplican los pasos siguientes:

Paso 7. Análisis del Método que eliminó la Contradicción Física. El objetivo principal de este paso es verificar la calidad de la solución. ¿Se ha hecho de la mejor manera la remoción de la contradicción?

Paso 8. Utilización de la solución encontrada. Este paso analiza los efectos que el nuevo sistema puede tener sobre sistemas adyacentes. También investiga la posibilidad de aplicarlo en otros problemas técnicos.

Paso 9. Análisis de los pasos que llevaron a la solución. Este es un punto de verificación, donde se compara el proceso real utilizado para resolver el problema, con el proceso sugerido por el ARIZ. Se analizan las desviaciones para un uso posible en el futuro.

ARIZ es un proceso de solución muy neutral, pues toma soluciones preconcebidas fuera del problema tratado. Comienza colocándose en una posición donde asumes que la naturaleza de tu problema es desconocido. ARIZ te guía de una manera singular con tu problema permitiendo que lo veas con un par de ojos frescos.

Como se mencionó anteriormente, existen nueve pasos “clásicos” de alto nivel en el ARIZ. El número de subpasos varía según la versión, pero para el **ARIZ-85C**. Los tres nuevos macro procesos con sus respectivas nueve partes “clásicas” son:

I. Reestructuración del Problema Original

1. Análisis del Sistema
2. Análisis de los Recursos
3. Definir el Resultado Final Ideal y Formular la Contradicción Física

II. Eliminando la Contradicción Física

4. Separar la Contradicción Física
5. Aplicar los Conocimientos Base: Efectos, Estándares y Principios
6. Cambiar al “Miniproblema”

III. Analizando la Solución

7. Revisar la Solución y Analizar la Remoción de la Contradicción Física
8. Desarrollar un Uso Máximo de la Solución
9. Revisar las etapas del ARIZ en su “Tiempo Real” de Aplicación

A continuación se describen brevemente estos 9 pasos del **ARIZ-85C**.

I. Reestructuración del Problema Original

Los primeros tres pasos del ARIZ analizan y transforman el problema. Comenzamos con esquemas simples que físicamente representan el sistema inicial como lo conocemos. Con el desarrollo del Resultado Final Ideal y la identificación de la Contradicción Física, proponemos conceptos de solución para el segundo macro paso “Remover la Contradicción Física”.

Parte 1. “Análisis del Sistema”: Se hace la transición del problema original planteado a uno más “inventivo”, esto es, al planteamiento de un “miniproblema” y a la formulación de las “contradicciones técnicas”. Un esquema simple del conflicto del sistema ayuda a construir un modelo del problema en términos del conflicto y su función básica.

	1.0 Análisis del Sistema
1.1	Haciendo un análisis inicial de identificación:
	El problema original como se conoce La "función básica" del sistema El sistema y sus componentes (subsistemas) Y suprasistemas El ambiente Funciones útiles del sistema Funciones nocivas/excesivas/insuficientes del sistema Dibuja un esquema simple e identifica las partes principales
1.2	Describe el "miniproblema"
	Dirige tus esfuerzos enfocándote a la Idealidad, esto es, "todo en el sistema permanece igual y la función requerida es realizada con cambios mínimos"
1.3	Plantea el conflicto del sistema de dos formas: Tendrás dos versiones de la contradicción técnica planteada de forma diferente.
	Conflicto 1: tratando de eliminar/disminuir la acción nociva, la acción útil es minimizada.
	Conflicto 2: tratando de mejorar la acción útil, la acción nociva es aumentada.
1.4	Intensifica el conflicto:
	Intensificando el Conflicto 1: la acción nociva es completamente eliminada, pero la acción útil no se lleva a cabo del todo.
	Intensificando el Conflicto 2: la acción útil se ejecuta completamente, pero la acción nociva empeora.
1.5	Selecciona qué versión de conflicto intensificado es la mejor para la función básica.
1.6	Dibuja el modelo del conflicto intensificado.

Parte 2. "Análisis de los Recursos": Se enfoca en la zona del conflicto seleccionado (Zona de Operación), en los períodos de tiempo cuando el conflicto ocurre (Tiempo de Operación) y en los objetos y energía del sistema (Sustancias y Campos). Analizando los recursos (espacio, tiempo, sustancias y campos), el problema está listo para tratarse como Contradicción Física. Asimismo, pueden utilizarse más tarde los recursos del sistema, componentes, suprasistema y el ambiente.

2.0	Análisis de los Recursos
2.1	Describe la Zona de Operación
	Zona 1: es la zona de la acción útil. Especifica qué hay en la Zona 1. ¿Qué componentes o subsistemas están en el dibujo? Dibuja un esquema simple que incluya todo esto.
	Zona 2: es la zona de la acción nociva. Especifica qué hay en la Zona 2. ¿Qué componentes o subsistemas están en el dibujo? Dibuja un esquema simple que incluya todo esto.

2.2	Describe el Tiempo de Operación
	Diagramas en términos de: Período 1: es el tiempo de uno de los requisitos contradictorios. Período 2: es el tiempo del otro requisito contradictorio.
2.3	Lista los recursos internos y externos del sistema y su ambiente. Esto incluye tanto a las Sustancias como a los Campos involucrados.
	Internos: La herramienta El objeto de la acción nociva El objeto de la acción útil Otros objetos del sistema
	Externos: El ambiente El suprasistema Subproductos Productos desperdiciados

Parte 3. “Definición del Resultado Final Ideal y Planteamiento de la Contradicción Física”: Posiciona el problema para ser resuelto en sus más altos niveles, planteando el conflicto en términos del requerimiento de dos propiedades opuestas del mismo parámetro. Esto es, la Contradicción Física. Esto dirige y limita el dominio del problema de tal forma que los recursos sean utilizados de forma precisa y a su vez el sistema sea identificado.

3.0	Definición del Resultado Final Ideal y Planteamiento de la Contradicción Física
3.1	Planteamiento del Resultado Final Ideal (RFI-1)
3.2	El Resultado Final Ideal inicial es planteado en terminos de: El “recurso” que eliminará el (efecto negativo) dentro de la Zona de Operación durante el Tiempo de Operación sin complicar el sistema mientras ejecuta el (efecto positivo). Reforzar el RFI intentando planteamientos diferentes fuera del RFI. Sustituir cualquiera de los siguientes recursos: La herramienta El objeto El sistema El ambiente El suprasistema
3.3	Definir la Contradicción Física a un Macro Nivel. La contradicción física debe tomar lugar durante el Tiempo de Operación y dentro de la Zona de Operación.
3.4	Definir la Contradicción Física en un Micro Nivel. La contradicción física debe tomar lugar durante el Tiempo de Operación y dentro de la Zona de Operación, teniendo las condiciones/acciones opuestas físicamente planteadas en términos de la condición/acción de la partícula.

3.5	Mejorando el Resultado Final Ideal (RFI-2)
	Basado en los puntos 3.3. ó 3.4 el RFI-2 puede ser planteado como: Durante el Tiempo de Operación, el Recurso ... (especificar si es herramienta, objeto, producto, sistema, ambiente, suprasistema) debe proveer por sí mismo la ... (especificar el planteamiento físico o acción de las partículas) y tiene que proporcionar ... (especificar el planteamiento físico opuesto o acción de las partículas)
3.6	Aplicando el análisis Campo-Sustancia y las Soluciones Estándar Usualmente al final de la parte 3.0 se ha encontrado la solución. Por lo que debes continuar en la parte 7.0
	Pero si la solución no ha sido encontrada, entonces continua con la parte 4.0

II. Eliminando la Contradicción Física

Los siguientes tres pasos son tres oportunidades para llegar a conceptos de solución para el problema.

Parte 4. "Separando la Contradicción Física": Separa la contradicción con el fin de eliminarla. La técnica de "Duendes" permite un punto de vista diferente en la utilización de los recursos, con el fin de minimizar los cambios en el sistema y sus respectivos costos. Si la solución es encontrada en este momento, ir a la parte 7.0. Si no continuar con la parte 5.0.

4.0	Separando la Contradicción Física
4.1	Aplicar los 40 Principios para eliminar Contradicciones Físicas. Separar los estados físicos opuestos en el tiempo. Separar los estados físicos opuestos en espacio. Separar los estados físicos opuestos entre el sistema y sus componentes. Tener ambos estados físicos opuestos coexistiendo en la misma sustancia.
4.2	Aplicar el análisis Campo-Sustancia y las Soluciones Estándar
4.3	Usar la técnica de "Duendes" en tu problema. Esta técnica usa el poder de la "empatía" a un micronivel sin sus defectos.
4.4	"Paso atrás" desde el RFI-2 Algunas veces una pequeña adición sugerida de la solución es necesaria para: Generar un pequeño deterioro del sistema Alterarlo de alguna forma Desarmarlo

Parte 5. "Aplicar el Conocimiento Base": Regularmente persigue soluciones pasadas aplicadas a problemas similares, así como la base de principios, efectos y soluciones estandar.

5.0	Aplicar el Conocimiento Base
5.1	Aplicar Efectos Científicos
5.2	Aplicar los 40 Principios
5.3	Aplicar el Análisis Campo-Sustancia
5.4	Aplicar las Soluciones Estandar

Parte 6. "Cambiar la Versión Original del Problema": A veces, no importa qué tan bien intencionada esté la solución del problema, los problemas y contradicciones reformulados contienen limitaciones de inercia psicológica. Esta parte ofrece diversas formas para revisar el problema o conflicto.

6.0	Cambiar la Versión Original del Problema
6.1	Revisar tu conflicto. (Ver si éste es un problema, o una combinación de dos o más problemas.)
6.2	Elegir la "otra" versión del conflicto. (Volver a la parte 1 y elegir el Conflicto 2)
6.3	Replantear otro conflicto después del "mini-problema"
6.4	Si tu problema no esta aún "resuelto", replantea el "miniproblema"
6.5	Si sigue aún sin solución, vuelve a plantear el problema en el nivel del suprasistema.

III. Analizando la Solución

Parte 7. "Revisar la Solución y Analizar la Eliminación de la Contradicción Física": Revisa si la contradicción física ha sido eliminada casi idealmente. Esto es, que no hayan sido introducidos sustancias o campos nuevos. La solución por sí misma es evaluada para ver cómo se ajustaron los requerimientos de la solución y el sistema.

7.0	Revisar la Solución y Analizar la Eliminación de la Contradicción Física
7.1	Revisar las sustancias y campos introducidos dentro del sistema.
7.2	Revisar la solución obtenida. ¿Tu solución satisface el RFI? ¿Tu solución actualmente elimina la Contradicción Física? ¿Puede la solución ser implementada en el mundo real? ¿Si no puedes utilizar la solución para satisfacer el problema entero, puedes usar la solución para parte del sistema o ciclos del sistema? ¿Existen otros problemas como resultado de tu solución?

Parte 8. "Desarrollar un Uso Máximo de la Solución": Algunas veces una solución es mucho más que solo una buena solución para el sistema tratado. Esta parte hace preguntas que ayudan a elevar el conocimiento obtenido del nuevo concepto creado.

8.0	Desarrollar un Uso Máximo de la Solución
8.1	Especifica qué se necesitó cambiar en el suprasistema de esta solución.

8.2	¿Puede el sistema modificado tener nuevas y diferentes aplicaciones?
8.3	¿Puedes resolver otros problemas con esta solución? Generaliza la solución dentro de un método. Aplica este nuevo método a otros problemas. Plantea este método de forma opuesta y aplícalo en otros problemas.

Parte 9. "Revisar los pasos del ARIZ con respecto a la aplicación en "Tiempo-Real": Esta parte es una verificación de lo planeado y lo aplicado en el ARIZ.

9.0	Revisar todos los pasos del ARIZ con respecto a la aplicación en "Tiempo-Real"
9.1	Revisar las diferencias entre tus pasos actuales y los prescritos en el ARIZ.
9.2	Nota en qué se diferencia la solución de otros efectos científicos o soluciones estándar.
9.3	Agrega la solución a tu Conocimiento Base

Es importante notar que el ARIZ en más de un 50% es un problema de reformulación. Esta reformulación es guiada a través de problemas complejos que pueden resolverse.

En resumen, el ARIZ ayuda al inventor a moverse en la dirección correcta estimulando la intuición. Las primeras etapas del proceso de invención creativo están dedicadas a elegir el problema y a redefinir sus condiciones. La segunda parte del algoritmo es parecida a una serie de acciones lógicas. Es importante mencionar que el ARIZ no puede ser utilizado por una máquina, ya que fue desarrollado para humanos pues considera el proceso de pensamiento humano y la psicología humana. Además el Operador TTC (Tamaño, Tiempo, Costo) ayuda a eliminar las barreras psicológicas al analizar el problema. Finalmente, la tercera parte del algoritmo consiste en la definición del Resultado Final Ideal, para ello existen dos reglas que ayudan a precisarlo: Regla Uno. No se recomienda suponer si es posible o no alcanzar el Resultado Final Ideal, Regla Dos. No piense cómo y por qué medios será alcanzado el Resultado Final Ideal. El proceso de solución de problemas con ARIZ nos permite hacer correcciones en la formulación del problema original. Si comenzamos con un planteamiento inadecuado del problema, al usar el algoritmo ARIZ, éste nos dirigirá al planteamiento correcto.

ARIZ:

- Es un proceso de reformulaciones del problema
- Es lógico y disciplinado
- Continuamente reinterpreta el problema
- Es el principal método del TRIZ para resolver conflictos

En cuestión de tecnología, el ARIZ se enfoca específicamente hacia la solución de problemas difíciles, así como al desarrollo de nuevas soluciones estándar. Pero a su vez, el algoritmo ARIZ ha ganado algunas características universales, las cuales son aplicadas en la solución de problemas científicos, problemas en las artes, etc.

CAPÍTULO VI. EJEMPLOS PRÁCTICOS

El propósito de esta sección es ilustrar el proceso de solución de contradicciones técnicas, utilizando tanto los Principios como la Matriz de Contradicciones por medio de ejemplos prácticos. Ofrecer una solución conceptual puede no ser la única solución. Otros conceptos de solución son posibles. La aceptación de cualquier concepto de solución es determinada por cada situación.

A continuación se muestran dos ejemplos de problemas.

La resolución de la contradicción en el Problema # 1 está hecho mediante el análisis del sistema técnico y su suprasistema, sin utilizar los principios de la metodología TRIZ. Mientras que, la contradicción en el Problema # 2 se resolvió con el proceso convencional del Paso-3 del ARIZ-71 de la metodología TRIZ.

Problema # 1. Suponga que es un miembro de un equipo, cuya tarea es desarrollar un sistema especial que proteja-la-vida de los astronautas. El sistema consiste de varios elementos incluyendo al astronauta, su traje espacial, un resonador de silicio, etc. El resonador es una placa minúscula que transmite en varios niveles de señal requeridos. Pero el resonador es extremadamente sensible a la variación de la temperatura, por lo que su seguridad depende de la estabilización de la temperatura. Nuestra tarea es diseñar un contenedor que lo proteja y que le provea una temperatura estable al resonador, y que a su vez sea ligero, sencillo y portátil.

Si carecemos de información suficiente acerca de los sistemas existentes para estabilizar la temperatura, debemos aprender más acerca de dichos sistemas. Probablemente encontraremos que hay muchos sistemas desarrollados para este propósito. En primer lugar, uno de estos sistemas consiste de un recipiente Duare hecho de paredes dobles, donde una placa de silicio puede ser colocada. En este sistema, el espacio interno es acalorado y un bloque de control se usa para monitorear la temperatura. De cualquier modo, este método se tornará en una simple placa de silicio dentro de un pesado dispositivo mucho más complicado para nuestra aplicación. Otros sistemas disponibles son menos complejos que éste.

Diferentes dispositivos pueden ser usados para estabilizar la temperatura si son sencillos y ligeros; de cualquier manera estos proveen una menor seguridad para la estabilización de la temperatura de la placa de silicio. La contradicción es obvia – “El deseo de incrementar la seguridad de el resonador de silicio genera un incremento de peso inaceptable”. ¿Cómo puede esta contradicción ser resuelta? Empecemos resolviendo este problema desde el Paso-1.

Paso 1. Análisis del Sistema Técnico

Como sabemos, nuestro sistema técnico consiste de un astronauta, su traje espacial, el resonador de silicio y algunos otros elementos. El análisis de este sistema técnico y su ambiente revela que el resonador de silicio es un subsistema del sistema de apoyo-vida.

Primero, la pregunta hipotética es: ¿podemos usar otros elementos del sistema de apoyo-vida para estabilizar la temperatura? Haciendo el análisis de cada elemento podemos determinar la respuesta a esta pregunta. Si se encuentra un elemento que provea estabilización, tenemos nuestra solución. Si no encontramos ningún elemento, entonces el problema debe ser resuelto con el sistema técnico del "resonador".

Como un elemento, el traje espacial no puede ayudarnos. Pero cuando el astronauta se pone su traje, automáticamente se le provee una temperatura ambiental estable debido a que la temperatura del cuerpo del astronauta es estable. La placa de silicio puede entonces ser colocada en una bolsa interna del traje espacial. Esta solución tiene otra ventaja: Si un astronauta se enferma, cualquier cambio en la temperatura del cuerpo será inmediatamente detectada. El problema está resuelto sin diseñar un dispositivo nuevo y complicado.

Conclusión: Solamente analizando el sistema técnico y su ambiente – los elementos del suprasistema – la solución fue evidente. No hubo necesidad de ir hacia un modo complejo de resolución de problemas.

Este problema puede resolverse utilizando los 40 Principios junto con la Matriz de Contradicciones.

Problema # 2. Un taller mecánico recibe una orden para tratar grandes partes de metal con calor. Para proveer este tratamiento, el operador de una grúa de unión debe tomar una pieza ardiente de metal del horno para transportarla hasta un tanque de aceite y suavemente introducirla en el aceite.

Después de varios días de trabajo, el operador de la grúa de unión va con su jefe, con una queja: "Es muy difícil respirar mientras estoy trabajando en la grúa. Mi estación de control está encerrada por un techo, y todo el humo del aceite quemado sube hacia mí. Yo renuncio."

El humo no era el problema cuando el taller solamente trataba con pequeñas partes, porque la ventilación de los sistemas era adecuado. Ahora, con grandes partes, el humo genera un mayor problema. Y el proceso de tratamiento no puede ser cambiado; el jefe está enfrentando una típica situación administrativa: Algo debe hacerse, pero él no sabe qué.

Paso 1. Análisis del Sistema Técnico

Un sistema técnico, por definición, debe consistir de tres elementos: dos sustancias y un campo (o energía). Para resolver un problema, el sistema técnico causante del problema debe ser identificado. En este caso, el sistema técnico causante del problema consiste en el aceite en el tanque, la parte de metal será tratada y la energía térmica de la parte de metal. El humo es un biproducto del proceso, produciendo un efecto nocivo en el operador.

Ahora necesitamos determinar las características que pueden ser mejoradas en nuestro sistema técnico. Para esto, debemos completar la forma F-1 (Formulación de las características que serán mejoradas) en el Apéndice.

Paso # 1 nombra el estado del sistema técnico
(en este caso, proceso de tratamiento del metal).

Paso # 2 define el objetivo del sistema técnico
(en este caso, el sistema es diseñado para proporcionar un proceso de tratamiento mediante aceite a grandes partes de metal).

Paso # 3 lista los principales elementos del sistema técnico, con sus funciones.

Nombre del elemento:	Función:
1. Parte de metal	Será tratada
2. Aceite	Proporciona un lento enfriamiento a la parte de metal
3. Aire	Provee oxígeno para encender el aceite
4. Energía térmica	Absorbida por el aceite

Paso # 4 describe la operación del sistema técnico

(en este caso, un operador baja una parte de metal caliente dentro del tanque lleno con aceite. Tan pronto como la parte hace contacto con el aceite, el aceite genera un denso humo y contamina el ambiente).

Paso # 5 fija las Características que deben ser mejoradas o eliminadas. (i.e. Mejorar las condiciones de trabajo del operador eliminando el humo o reduciendo sus efectos nocivos).

Paso 2. Formulación de la Contradicción Técnica

Completar el apéndice Forma F-2 puede ayudar claramente a determinar la contradicción técnica en el problema.

Usando la forma F-2: Formulación de la Contradicción Técnica.

En nuestro problema, los Pasos de 1A hasta 1D no son aplicables porque no están tratando de mejorar las características del sistema técnico. En lugar de esto, nosotros intentaremos eliminar el efecto nocivo.

Paso # 2A "Plantea las características negativas que deben ser reducidas, eliminadas o neutralizadas." Esta característica es el humo.

Paso # 2B "Genera un medio convencional para reducir/eliminar/neutralizar la Característica (humo)". Usar una tapa de metal para cubrir el tanque de aceite. Esto previene que el humo se extienda alrededor.

Paso # 2C "Escribe una característica que está empeorando bajo las condiciones de la línea 2B". La complejidad del sistema o el peso del sistema están empeorando.

Paso # 2D "Plantea la Contradicción Técnica como se indica a continuación:

TC-1 Si la Característica (efecto nocivo producido por el humo) es reducida (eliminada) usando un metal ligero, entonces la característica "Complejidad" del sistema empeorará.

TC-2 Si la Característica (efecto nocivo producido por el humo) es reducida (eliminada) usando un metal ligero, entonces la característica "Peso" del sistema empeorará.

Paso 3. Resolviendo la Contradicción Técnica

Usemos la Matriz y consideremos la contradicción TC-1.

El significado más cercano a la Característica "efecto nocivo producido por el humo" esta en la línea # 31 - "Factores nocivos desarrollados por un objeto". El significado más cercano a la Característica "Complejidad" es la columna # 36 - "Complejidad de un dispositivo".

En la intersección de la línea # 31 y la columna # 36 están representados los números de los Principios más apropiados para guiarnos al desarrollo del concepto de solución de la contradicción técnica. (Ver Cuadro TC-1).

Cuadro TC-1

Contradicciones Técnicas	Coordenadas en la Matriz	Principio Sugerido	Nombre del Principio
Efecto nocivo.../		19	Acción periódica
Complejidad de un dispositivo	31 x 36	1	Segmentación
		31	Materiales porosos

Analizamos estos principios:

Principio # 19, Acción Periódica, dice:

- Reemplazar una acción continua con una periódica (impulso).
- Si la acción ya es periódica, cambiar su frecuencia.
- Usar pausas entre los impulsos para generar una acción adicional.

Aplicando este concepto significaría hacer una inmersión periódica de la parte en el tanque de aceite. Esto puede ser complementado si abrimos y cerramos el metal ligero que cubre el tanque de aceite. Desafortunadamente, existen condiciones que nos prohíben hacer esto, así que, este principio no puede ser utilizado.

Principio # 1, Segmentación, dice:

- Divida un objeto en partes independientes.
- Haga seccional un objeto.
- Incrementa el grado de segmentación de un objeto.

Aplicando el Principio # 1A significaría dividir la tapa en varias secciones. Siguiendo la sugerencia del inciso "b" incrementar el grado de segmentación hasta que la tapa parezca una combinación de miles – o incluso millones – de partes. Como siguiente paso desarrollando este concepto, la tapa puede ser hecha de pequeñísimas pelotas (o incluso un líquido). Este tipo de tapa flotante no interferiría con la inmersión de la parte caliente.

Principio # 31, Material Poroso, dice:

- Haga un objeto poroso, o use elementos porosos suplementarios (insertar, cubrir).
- Si un objeto ya es poroso, llenar los poros antes con alguna sustancia.

Aplicando el Principio # 31A significaría hacer la tapa de un material poroso. Combinando esta sugerencia con lo sugerido en el Principio # 1B de crear una tapa de bolas porosas o algún líquido. Este material poroso podría absorber el humo.

Ahora analicemos la segunda contradicción técnica TC-2. (Ver Cuadro TC-2).

Cuadro TC-2

Contradicciones Técnicas	Coordenadas en la Matriz	Principio Sugerido	Nombre del Principio
Efecto nocivo.../		35	Transformación de Propiedades
Peso del objeto estacionario	31 x 2	22	Convertir lo nocivo en beneficio
		1	Segmentación
		39	Ambiente inerte

Principio # 35, Transformación de Propiedades, dice:

- Cambie el estado físico del sistema.
- Cambie la concentración o densidad.
- Cambie el grado de flexibilidad.
- Cambie la temperatura o el volumen.

El principio # 35A recomienda cambiar el estado físico del sistema. Esto significa que el presente estado sólido del sistema debe ser transformado en un estado líquido o gaseoso. El concepto de la solución de estado líquido está cubierto con TC-1. La sugerencia para transformar la tapa en un estado gaseoso es intrigante. ¿Cómo podemos hacer esto? Un gas inerte que sea más pesado que el aire para que permanezca en el tanque sobre la superficie de aceite.

Principio # 22, Convertir lo Nocivo en Beneficio, dice:

- Utilice factores nocivos – especialmente ambientales – para obtener un efecto positivo.
- Quite un factor nocivo combinando éste con otro factor nocivo.
- Incrementa el grado de la acción nociva de tal manera que deje de ser nocivo.

El principio # 22C sugiere incrementar la cantidad de humo de tal manera que se convierta en una barrera entre el oxígeno y el aceite, previniendo que el aceite se incendie.

Principio # 1, Segmentación, se repite nuevamente, ver nuestro análisis anterior.

Finalmente, el **Principio # 39, Ambiente Inerte**, sugiere:

- Reemplazar un estado normal con uno inerte.
- Introducir una sustancia neutral o agregarla dentro de un objeto.
- Transportar un proceso al vacío.

Conclusión: El principio # 39A, en combinación con el Principio # 35A, proveen una solución sencilla al problema. Una cubierta líquida o gaseosa (#35A) hecha de una sustancia inerte (#39A) prevendrá que se incendie el aceite y no complicará el sistema o interferirá con el trabajo del operador.

A continuación se detalla como trabaja el Algoritmo ARIZ-71 en un problema en concreto.

Problema resuelto con ARIZ-71. Un rompehielos pasa a través del hielo utilizando el principio común de encaje, esto es, con su mismo peso va rompiendo el hielo; pero la velocidad de circulación depende básicamente del ancho del hielo y de la capacidad energética del barco.

Un transatlántico contemporáneo se desplaza a razón de 1.5 hp/ton mientras que un rompehielos lo hace a razón de 3 hp/ton.

Cerca del 70% de la longitud del rompehielos está conformada por la máquina, los compartimientos de combustible y el sistema de enfriamiento. De modo que no tiene espacio para carga. Entonces una caravana de tres o cuatro embarcaciones van detrás del rompehielos.

Limitaciones a considerar:

Cuando se rompe el hielo se forman bloques de hielo que se van pegando entre sí, y después, el rompehielos no los puede romper porque el ancho de los bloques es mayor.

El tipo de transporte no puede ser reemplazado por otro, esto es, avión, tren o submarino.

El espesor de hielo que se tiene es de 3m.

ARIZ-71 Parte Uno: Eligiendo el problema

Paso 1-1: Determine la meta final de una solución.

- a. ¿Cuál es la meta técnica? (qué característica del objeto debe ser cambiada). **Aumentar la velocidad del rompehielos y de la caravana.**
- b. ¿Qué característica del objeto obviamente no puede ser cambiada en el proceso de solución del problema? **La potencia de la máquina.**
- c. ¿Cuál es la meta económica de la solución? (qué gasto sería reducido si el problema es resuelto) **Encontrar un método que sea económico.**
- d. ¿Cuál es aproximadamente, el costo aceptable? **Que el costo sea menor al costo actual de los rompehielos.**
- e. ¿Cuál es la principal característica técnica/económica que debe ser mejorada? **Reducir el costo de transportar 1 ton/km de carga**

Paso 1-2: Investigue un "Enfoque Alternativo". Imagine que el problema, en principio, no puede ser resuelto. ¿Qué otro problema, más general, puede resolverse para alcanzar el resultado final requerido?

Quitar el rompehielos.

Paso 1-3: Determine cuál problema, si el original o el alternativo, tiene más sentido resolver.

- a. Compare el problema original con una tendencia (una dirección de evolución) dentro de la industria dada. *Se debe hacer autoindependiente.*
- b. Compare el problema original con una tendencia (una dirección de evolución) dentro de una industria líder. *Se debe hacer autoindependiente.*
- c. Compare el problema alternativo con una tendencia (una dirección de evolución) en la industria dada. *La acción debe realizarse por sí mismo.*
- d. Compare el problema alternativo con una tendencia (una dirección de evolución) en una industria líder. *La acción debe realizarse por sí mismo.*
- e. Compare el problema original con el problema alternativo. Elija con cuál continuar. *Barcos que no necesitan de un rompehielos.*

Paso 1-4: Determine las características cuantitativas requeridas.
Velocidad de 6 nudos y un ancho de hielo de 3m.

Paso 1-5: Modifique las características cuantitativas para un tiempo futuro.
*Buscando un máximo a obtener, consideraremos los siguientes límites:
Velocidad de 8 nudos y un ancho de hielo de 3.5 m.*

Paso 1-6: Defina los requerimientos para las condiciones específicas en las que funcionará la invención.

- a. Considere las condiciones específicas para fabricar el producto: en particular, el grado aceptable de complejidad.
- b. Considere la escala de aplicaciones futuras.

Crear un rompehielos que sea confiable en condiciones polares, en donde se buscará reducir las partes que estén de más o que sean móviles.

ARIZ-71 Parte Dos: Defina el problema con mayor precisión.

Paso 2-1: Defina el problema con más precisión, utilizando información de patentes.

- a. ¿Cómo han resuelto otras patentes problemas parecidos al dado? *Cuchillas, pistolas hidráulicas que rompen desde abajo, cuernos bajo el hielo, un barco que rompe y otro que limpia.*
- b. ¿Cómo se han resuelto en industrias líderes problemas similares? *Métodos electromecánicos, corriente de alta frecuencia, efecto hidráulico.*
- c. ¿Cómo se han resuelto los problemas opuestos? *Fortalecer el hielo en lugar de romperlo.*

Paso 2-2: Use el Operador TTC (Tamaño, Tiempo, Costo)

- a. Imagine cambiar las dimensiones de un objeto, desde su valor dado, hasta cero (Tamaño \rightarrow 0). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así,

- ¿Cómo? Si hacemos que el tamaño del barco sea de 1mm, el barco sería una hoja.
- b. Imagine cambiar las dimensiones de un objeto, desde su valor dado, hasta infinito (Tamaño $\rightarrow \infty$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo? Si hacemos que el tamaño del barco sea de 10,000m, esto complicaría el poder mover el barco a través del hielo.
- c. Imagine cambiar el tiempo del proceso (o la velocidad de un objeto) desde su valor dado, hasta cero (Tiempo $\rightarrow 0$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo? Si la velocidad del barco disminuye hasta cero, podríamos derretir el hielo lentamente e incluso el consumo de combustible tendería a cero.
- d. Imagine cambiar el tiempo del proceso (o la velocidad de un objeto) desde su valor dado, hasta infinito (Tiempo $\rightarrow \infty$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo? Si la velocidad del barco fuera de 100 nudos implicaría que el barco se mueve tan rápido como puede, pero ningún método para romper hielo puede ser aplicable en este caso porque se requiere de muchísima potencia y energía.
- e. Imagine cambiar el costo de un objeto o proceso – sus gastos aceptables – desde el valor dado hasta cero (Costo $\rightarrow 0$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo? Si hacemos que el costo sea cero, no podemos romper el hielo porque siempre haya algo que pagar.
- f. Imagine cambiar el costo de un objeto o proceso – sus gastos aceptables – desde el valor dado hasta infinito (Costo $\rightarrow \infty$). ¿Puede ahora resolverse este problema? Si es así, ¿Cómo? Si nuestros gastos no tuviesen límites el problema podría ser resuelto fácilmente usando laser para cortar el hielo.

Paso 2-3: Describa las condiciones del problema en dos frases (sin usar términos especiales, y sin definir exactamente qué se debe pensar, encontrar o desarrollar) usando el siguiente formato:

- a. “Dado un sistema que consiste de (describa sus elementos).” Sistema compuesto de hielo y un barco.
- b. “El elemento (establezca el elemento), bajo ciertas condiciones (establezca las condiciones), produce el efecto indeseable (establezca el efecto).” El barco en el hielo no se puede mover a gran velocidad.

Paso 2-4: Introduzca los elementos del paso 2-3a en una tabla.

Tipos de Elementos	Elementos
a. Elementos que pueden ser cambiados, rediseñados o afinados (bajo las condiciones de este problema)	Barco
b. Elementos que son difíciles de cambiar (bajo las condiciones de este problema)	Hielo

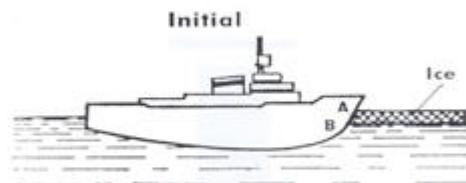
Paso 2-5: Elija del paso 2-4a el elemento más fácil de cambiar, rediseñar o afinar.
Se elige el barco por ser el elemento del sistema más fácil de cambiar.

ARIZ-71 Parte Tres: Etapa Analítica

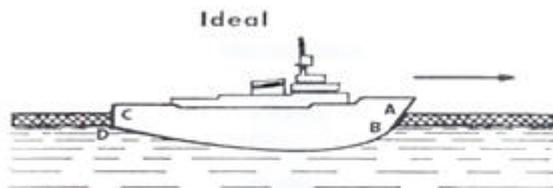
Paso 3-1: Plantear el Resultado Final Ideal (RFI) usando el siguiente formato:

- Seleccione el elemento del paso 2-5. *Barco*
- Establezca su acción. *Se mueve*
- Establezca cómo ejecuta esta acción (cuando responda esta pregunta, siempre use las palabras "por sí mismo"). *Por sí sólo*
- Establezca cuándo se ejecutará esta acción. *Cuando está en el hielo.*
- Establezca bajo qué condiciones (limitaciones, requerimientos, etc.) se ejecutará esta acción. *Con gran velocidad y un consumo de energía normal.*

Paso 3-2: Realice dos dibujos – (1) "Inicial" (la condición antes del Resultado Final Ideal), y (2) "Ideal" (condición después de alcanzar el Resultado Final Ideal).



Paso 3-3: En el dibujo "Ideal", encuentre el elemento indicado en el paso 3-1a y resalte (con un color diferente u otro medio) la parte que no puede realizar la función necesaria bajo las condiciones requeridas.



Paso 3-4: ¿Por qué este elemento no puede realizar la acción requerida?

Preguntas suplementarias:

1. ¿Qué esperamos del área resaltada del objeto? *Que esa parte no presione al hielo.*
2. ¿Qué evita que se ejecute la acción por sí misma? *Es una parte rígida, dura y sólida.*
3. ¿Cuál es el conflicto entre "1" y "2" mencionados anteriormente? *Que esta parte debería estar ahí para preservar la forma del casco, y a la vez, no debería estar ahí para ejercer presión contra el hielo.*

Paso 3-5: ¿Bajo qué condiciones puede ésta parte proveer la acción requerida (¿Qué parámetros debe poseer esta parte?) *La parte es necesaria y debe ser preservada, pero de cualquier forma la parte que interfiere con el hielo debe ser reducida al mínimo.*

Paso 3-6: ¿Qué se debe hacer para que este elemento alcance la característica descrita en el paso 3-5? *No podemos reducir el ancho del hielo, pero si podemos reducir el ancho del barco. La parte del barco que interactúa con el hielo podemos hacerla plana.*

Paso 3-7: Establezca un concepto que pueda ser prácticamente realizado. Si hay varios conceptos, numérelos, dándole al más prometedor el número uno. Escriba todos los conceptos. *Para hacer un barco plano y estable se requiere conectar la parte superior e inferior del casco con dos partes planas.*

Paso 3-8: Provea un esquema para realizar el primer concepto.

Parte Cuatro: Análisis preliminar del concepto al que se ha llegado.

Paso 4-1: ¿Qué está mejorando, y qué está empeorando, durante el uso de la idea o concepto nuevo? *Dado que el ancho que está en contacto con el hielo es reducido, se espera un ahorro en consumo de energía, aunque lo difícil es comunicar la parte superior del barco con la inferior.*

Paso 4-2: ¿Es posible prevenir lo que está empeorando cambiando el método o mecanismo propuesto? *Sí, si la parte inferior del barco se utiliza para carga exclusivamente, ya no se necesita comunicar con la parte superior.*

Paso 4-3: ¿Qué está empeorando ahora (más complicado, más costoso)? *Nada, no hay defectos.*

Paso 4-4: Compare pérdidas y ganancias.

- a. ¿Cuál es mayor? *Las ganancias*
- b. ¿Por qué? *Porque en los rompehielos contemporáneos es imposible instalar máquinas más poderosas de las que se usan.*

Si la ganancia es mayor que la pérdida (incluso en el futuro), vaya a la Parte Seis, Etapa de Síntesis del ARIZ.

Parte Seis: Etapa de Síntesis

Paso 6-1: Determine cómo debe ser cambiado el suprasistema, al cual pertenece nuestro sistema modificado. [No se requiere.](#)

Paso 6-2: Explore cómo puede ser usado de manera diferente nuestro sistema modificado. [Existen otros métodos para romper hielo, pero no son económicos como el propuesto.](#)

Paso 6-3: Utilice la idea técnica encontrada (o una idea opuesta a la encontrada) para resolver otros problemas técnicos. Este es el último paso del ARIZ-71.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se mencionó en el inicio de éste trabajo, hoy en día, es de vital importancia que cada individuo sea más competitivo, por tanto, el reto es mejorar el desempeño de las personas y brindar grandes resultados, esto se puede lograr utilizando la metodología TRIZ.

Es por eso que la idea de esta Tesis es dar a conocer la metodología TRIZ, ya que el éxito de las organizaciones dependerá de las personas - altamente capacitadas para resolver problemas de forma creativa e innovadora - con las que cuentan.

La metodología TRIZ ayuda a crear personas con talento, individuos que generen valor agregado y que sean verdaderos autores del cambio, pues la aplicación de TRIZ incrementa la calidad y el nivel de innovación en las soluciones encontradas.

Podemos crear organizaciones exitosas a través de los negocios, ¿cómo? construyendo situaciones en donde todo el mundo se beneficie, es decir, los clientes, los accionistas, los empleados, etc.; pero para crear un ambiente competitivo y exitoso en donde todo mundo se beneficie se requiere de creatividad e innovación (TRIZ), es decir, se requiere de personas que generen estrategias efectivas, que se anticipen, prevean y conozcan las necesidades actuales y futuras de clientes, accionistas y empleados, para propiciarles un ambiente capaz de desarrollar una cultura de creatividad e innovación.

Por ejemplo, el simple hecho de pensar en como puedo utilizar el tiempo antes y después de que un producto o servicio sea entregado, para hacer que mi producto o servicio sea más ideal. Este simple pensamiento es la aplicación de un principio fundamental de TRIZ que nos lleva a elaborar productos y servicios más ideales.

Esta manera de pensar, es lo que debemos aprender, ya que al presentarse un problema normalmente nos enfocamos en los parámetros del problema y nunca en los recursos de tiempo disponibles que tenemos antes y después del problema, lo cual si lo consideráramos nos ayudaría a eliminar el problema o a prevenirlo.

Cuando nosotros pensamos en hacer un sistema más "ideal", estamos desarrollando una nueva forma de pensamiento acerca de los problemas, esta es una de las habilidades que nos incrementa la aplicación de la metodología TRIZ.

TRIZ es una herramienta intelectual que ayuda a resolver problemas técnicos y tecnológicos tanto fáciles como difíciles de una forma rápida y eficaz, debido a que educa nuestro pensamiento y nos enseña a optimizar recursos en el desempeño de cualquier trabajo, generando en consecuencia excelentes resultados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La percepción de los problemas cambia con la aplicación constante de la metodología TRIZ ya que se incrementa nuestra habilidad para resolverlos; incluso con la práctica se puede reconocer cuándo somos afectados por nuestra propia experiencia o inexperiencia, es decir, la inercia psicológica.

Sería maravilloso que la sociedad mexicana desarrollara personas altamente capacitadas para resolver problemas, a tal grado que un día México como país exportara el producto resultante de estos talentos; además es claro que éste proceso tendría un gran impacto sobre el crecimiento económico de nuestro país.

Espero que quienes deseen cultivar soluciones creativas a problemas técnicos, se atrevan a utilizar TRIZ. Después de todo debemos recordar que la INVENCION, ES LA CREACION DE UNA NUEVA IDEA CON LA FINALIDAD DE RESOLVER PROBLEMAS PRÁCTICOS. PERO PARA QUE UNA IDEA PUEDA PATENTARSE, ESTA DEBE SER NOVEDOSA, UTIL Y ORIGINAL.

En los pasados 15 años se ha incrementado en todo el mundo el uso de la metodología TRIZ para resolver problemas. Aunque su principal enfoque ha sido el de mejorar y diseñar productos.

Por último quiero mencionar que en las siguientes décadas, los resultados de Genrich Altshuller atrajeron profesionales de diversas disciplinas, quienes adoptaron, adaptaron y expandieron la metodología TRIZ. Posteriormente las aplicaciones en el mundo real avanzaron y verificaron la metodología TRIZ, los métodos para resolver problemas fueron mejorados, y así finalmente la metodología TRIZ fue aplicada a problemas de la ciencia, negocios, administración y otras áreas más.

Para quien desee ampliar sus conocimientos recomiendo consultar las siguientes páginas:

www.triz-journal.com

www.triz-journal.com/whatistriz.htm

www.aitriz.org

www.ideationtriz.com

BIBLIOGRAFIA

1. By Genrich Altshuller Translated by Lev Shulyak "And Suddenly the Inventor Appeared" Published by Technical Innovation Center, Inc. Worcester, MA Sixth Printing, January 2004
2. By Genrich Altshuller Translated by Lev Shulyak and Steven Rodman "The Innovation Algorithm" Published by Technical Innovation Center, Inc. Worcester, MA Second Printing, July 2000
3. By Genrich Altshuller with new material by Lev Shulyak "TRIZ Keys to Technical Innovation" Published by Technical Innovation Center, Inc. Worcester, MA Third Printing, April 2002
4. By John Terninko, A. Zusman, Boris Zlotin "Systematic Innovation" Published by Technical Innovation Center, Inc. Worcester, MA St. Lucie Press 1998 by C.R.C. Press LLC
5. Article by Janice Marconi "ARIZ: The Algorithm for Inventive Problem Solving – An Americanized Learning Framework" Published in Journal of TRIZ April 1998
6. Article by Ellen Domb "The 39 Features of Altshuller's Contradiction Matrix" Published in Journal of TRIZ November 1998
7. Article by Ellen Domb, John Terninko, Joe Miller, Ellen MacGran "The Seventy-Six Standard Solutions: How They Relate to the 40 Principles of Inventive Problem Solving" Published in Journal of TRIZ May 1999
8. Article by Zinovy Royzen "Tool, Object, Product (TOP) Function Analysis" Published in Journal of TRIZ September 1999
9. Article by John Terninko "Su-Field Analysis" Published in Journal of TRIZ February 2000
10. Article by John Terninko, Ellen Domb, Joe Miller "The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples. Section One" Published in Journal of TRIZ February 2000
11. Article by John Terninko, Ellen Domb, Joe Miller "The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples. Class 2" Published in Journal of TRIZ March 2000

BIBLIOGRAFIA

12. Article by John Terninko, Ellen Domb, Joe Miller "The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples. Class 3" Published in Journal of TRIZ May 2000
13. Article by John Terninko, Ellen Domb, Joe Miller "The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples. Class 4" Published in Journal of TRIZ June 2000
14. Article by John Terninko, Ellen Domb, Joe Miller "The Seventy-Six Standard Solutions, with Examples. Class 5" Published in Journal of TRIZ July 2000
15. Article by Genrich S. Altshuller "The History of ARIZ Development" Petrozavodsk, Russia Published in Journal of TRIZ 1992