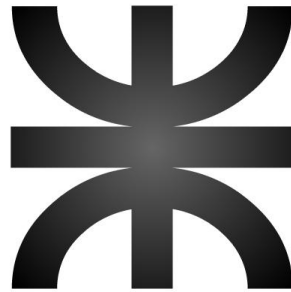




Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Gen. Pacheco



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL GENERAL PACHECO

TRIZ

TEORÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS INVENTIVOS

Juan Carlos Nishiyama

Tatiana Zagorodnova

Carlos Eduardo Requena

2013



TRIZ

METODOLOGÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO

TRIZ es un método sistemático para incrementar la creatividad tecnológica, basado en el estudio de los modelos de evolución de patentes y en otros tipos de soluciones a problemas. Las personas que resuelven problemas de forma intuitiva, encontrarán que el método TRIZ les proporcionará ideas adicionales. Las personas que resuelven problemas de forma estructurada encontrarán que el método TRIZ les proporcionará estructuras adicionales.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las técnicas que existen, incluyendo todas las técnicas clásicas, utilizan una alteración del “razonamiento habitual” por un procedimiento propio de cada técnica. Para la generación de ideas no se requiere ser un experto en el tema sobre el que se razona, aunque en el proceso de resolución de un problema hay fases de análisis de las ideas aportadas y de construcción de la solución, que deben ser realizadas por especialistas.

Este amplio grupo de técnicas, que podemos llamar basadas en la psicología, prescinde voluntariamente de conocimientos previos.



Aunque esta forma de trabajar, pueda parecer sorprendente, los resultados obtenidos por la aplicación de las técnicas de creatividad son espectaculares y gracias a ellas se han realizado avances importantes y resuelto problemas de extrema dificultad.

Esta técnica de resolución de problemas de modo creativo llamada “método TRIZ”, es única en su concepción ya que surge de un enfoque diferente, que consiste en utilizar, en algún modo, el máximo de conocimientos disponibles sobre un problema concreto y llegar a su solución por la adecuación de soluciones aplicadas previamente a problemas similares. El TRIZ es la primer técnica que se ha definido como “basada en el conocimiento”, pero no la única, ya que a partir de ella se han construido otras.

GEINRICH ALTSHULLER Y EL TRIZ

La expresión TRIZ proviene de la palabra rusa “ТРИЗ”, que es el acrónimo de “Teoría de Resolución de Problemas Inventivos”. Aunque TRIZ se ha generalizado ampliamente en todo el mundo, en algunas publicaciones americanas, se puede encontrar la palabra TIPS (Theory Inventive Problem Solving).

El creador del método TRIZ fue Genrich Altshuller, un ingeniero ruso que desarrolló la teoría a través del análisis de un millón y medio de patentes de invención. Se percató de que a pesar de que los inventos que analizó resolvían problemas muy diferentes, en campos también muy diferentes, las soluciones aplicadas podían obtenerse a partir de un conjunto relativamente reducido de ideas básicas o principios de invención generales.



Una limitación importante del método es que se puede aplicar casi exclusivamente a la resolución de problemas tecnológicos, pero dado el número de este tipo de problemas, probablemente será la técnica de creatividad más utilizada. Genrich Altshuller continuó toda su vida trabajando en el método, realizando nuevas aportaciones y formando un grupo de “maestros en TRIZ”, principales continuadores del desarrollo.

PREMISA

Existen dos tipos de problemas que el ser humano debe enfrentar:

- Con soluciones previamente conocidas
- Con soluciones desconocidas

Aquellos problemas con soluciones conocidas, usualmente pueden ser resueltos con informaciones obtenidas de los textos técnicos y publicaciones especializadas, asimismo acudiendo a los especialistas del campo en cuestión. Estas soluciones siguen un patrón de resolución de problemas, tal como se muestra en la siguiente figura:

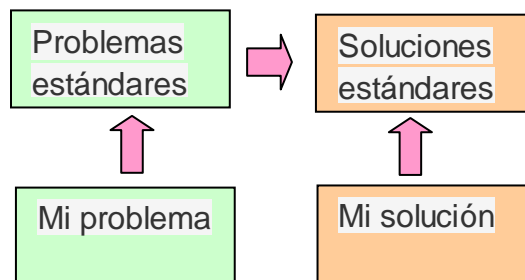


Figura 1. Estrategia básica de TRIZ

En TRIZ, el problema particular es elevado hacia un problema estándar de naturaleza análoga o similar. Un estándar es conocido y de éste vendrá mi solución particular. Ver figura de la izquierda.



Ejemplo: Supongamos que necesitamos diseñar un dispositivo rotatorio cuya salida es 100 rpm, a partir de un motor eléctrico de CA 2300 rpm.

- El problema estándar análogo es como reducir la velocidad del motor.
- La solución estándar análoga es un reductor de velocidad o caja de transmisión a engranaje, luego este reductor será diseñado con dimensiones apropiadas, peso, torque, etc.

PROBLEMAS INVENTIVOS

Los problemas con soluciones desconocidas caen dentro del campo de la psicología, en donde los vínculos entre el cerebro, perspicacia e innovación son métodos estudiados, tales como brainstorming y prueba-error. Esto es lo sugerido normalmente. Dependiendo de la complejidad del problema, el número de prueba y error variará.

Si la solución cae dentro de nuestra experiencia o campo, tales como la ingeniería mecánica, el número de prueba y error será menor.

Si la solución no se alcanza, el ingeniero debe buscar más allá de su experiencia y conocimiento, es decir deberá incursionar en otros campos, como la química o electrónica. Luego el número de pruebas crecerá dependiendo de lo bien que pueda manejar las herramientas psicológicas como el brainstorming, intuición y la creatividad. Un problema adicional es que estas herramientas psicológicas tales como la experiencia y la intuición, son difíciles de transmitir a otra persona dentro de una organización.



Esto se dirige a lo que se llama **inercia psicológica**, donde las soluciones consideradas están dentro de la propia experiencia de uno y no en buscar en tecnologías alternativas para desarrollar nuevos conceptos de solución. Ejemplo: un ingeniero mecánico puede encontrar una solución a su problema fuera del campo de su experiencia.

CONDICIONES DEL TRIZ

Geinrich Altshuller construye una teoría con las siguientes condiciones:

- 1) Ser un procedimiento sistemático paso a paso.
- 2) Ser una guía a través de amplios espacios de solución para dirigir los pasos a la solución ideal.
- 3) Ser repetible y confiable y no dependiente de las herramientas psicológicas.
- 4) Debe permitir el acceso al cuerpo del conocimiento inventivo.
- 5) Debe permitir agregar elementos al cuerpo de conocimiento inventivo.
- 6) Ser lo suficientemente amigable para los diseñadores siguiendo la aproximación general en la resolución de los problemas inventivos.

Altshuller tamizó 1.500.000 patentes, quedándose con 200.000 de ellas tratando de buscar solo los problemas inventivos y la forma en que fueron resueltos. De estas solo 40.000 patentes fueron consideradas inventivas. El resto son solo mejoras rutinarias.

Además, él definió más claramente un problema inventivo como uno en que la solución causa otros problemas, es decir que cuando algo se mejora, otras se empeoran, lo que Altshuller posteriormente llamó contradicción técnica, como ejemplo si deseamos reducir el costo de una pieza metálica estampada, lo



mejoramos reduciendo el espesor de la chapa, pero como resultado se resiente su resistencia mecánica. Para alcanzar una solución ideal se deben eliminar las soluciones por compromiso o trade off, es decir eliminar totalmente las causas.

A estas 40.000 patentes antes mencionadas las clasificó en 5 niveles:

Tabla I. Clasificación de los grados de inventiva.

Nivel	Grado de inventiva	Origen de conocimientos	% de solución
1	Soluciones aparentes	Conocimiento individual	32 %
2	Mejoras menores	Conocimiento dentro de la empresa	45%
3	Mejoras mayores	Conocimiento dentro de la empresa	18%
4	Nuevos conceptos	Conocimiento exterior a la empresa	4%
5	Descubrimiento de nuevos fenómenos	Todo lo que es conocible	1%

El 90 % de los problemas que los ingenieros abordan ya fueron resueltos en algún lugar, si los ingenieros pudieran seguir un camino hacia la solución ideal, arrancando desde el nivel más bajo de su experiencia y conocimiento personal y trabajando hacia los niveles más altos, la mayoría de las soluciones podrían ser deducidas desde los conocimientos.

BASES DE LA METODOLOGIA TRIZ

La esencia del TRIZ es el “**principio de abstracción**”, que se representa, de forma muy esquemática y con un ejemplo matemático sencillo, en la figura siguiente:

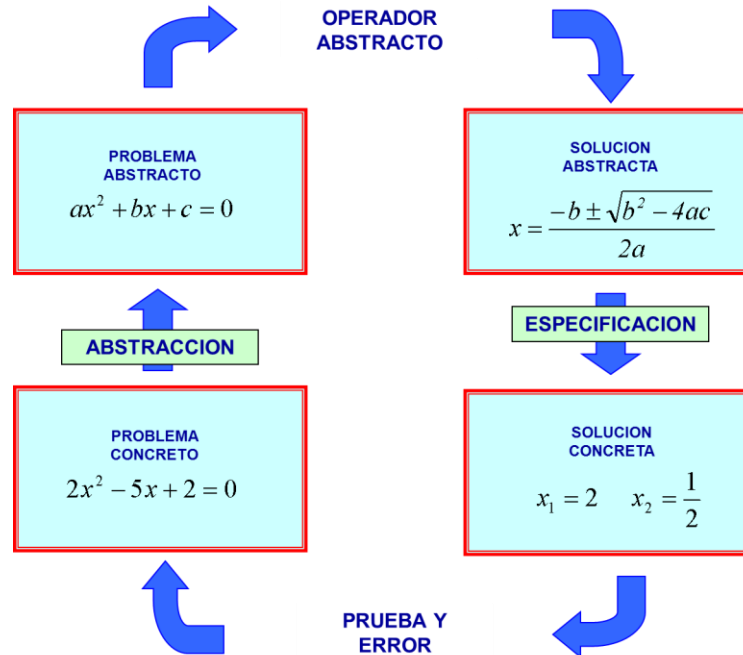


Figura 2. Comparación de como funciona la metodología TRIZ con un ejemplo matemático.

Los elementos sobre los que se aplica el método TRIZ son y se denominan “sistemas” físicos, aunque para facilitar la comprensión de esta explicación utilizaremos la expresión “problema”.

El principio de abstracción dice, que dado un problema concreto, para el que se requiere una solución concreta, en lugar de buscarla por **prueba y error**, como sucedería en un análisis técnico convencional o en la aplicación de una técnica de creatividad basada en la psicología, se puede obtener la solución mediante un procedimiento directo de abstracción y especificación.

El proceso se comienza por “abstraer” el problema concreto. Una vez obtenido el problema abstracto, se puede encontrar un “operador” que facilite una solución abstracta del problema para llegar a la solución concreta.



Los operadores son un número finito y pueden tenerse tabulados para diferentes categorías de problemas abstractos, por lo que la solución se obtiene por métodos directos o procedimientos algorítmicos, sin necesidad de prueba y error.

La base de TRIZ es la posibilidad de aplicar ese procedimiento que se ha utilizado para la resolución de un problema matemático, a cualquier sistema, entendiendo por sistema a *“Un conjunto de componentes y sus interacciones, previstos para realizar determinadas funciones en un entorno, también determinado”*. Otro principio importante de TRIZ es el del **“mundo cerrado”**, que dice que en la mayoría de los casos la resolución de un problema de un sistema físico, lo que se llama un aumento de su **“idealidad”**, se puede realizar sin añadir nuevos componentes al sistema.

ALGUNAS HERRAMIENTAS CLÁSICAS DEL TRIZ

Del estudio realizado por Altshuller y su equipo, se desprendieron que los parámetros en juego en todas las soluciones de los problemas que solucionaban con las patentes, eran tan solo 39. Estos se conocen como **Los 39 Parámetros de Ingeniería**. Se lista abajo:



Tabla II. Listado de los 39 Parámetros de Ingeniería.

LOS 39 PARÁMETROS DE INGENIERÍA			
1	Peso de un objeto en movimiento	21	Potencia
2	Peso de un objeto sin movimiento	22	Desperdicio de energía
3	Longitud de un objeto en movimiento	23	Desperdicio de sustancia
4	Longitud de un objeto sin movimiento	24	Pérdida de información
5	Área de un objeto en movimiento	25	Desperdicio de tiempo
6	Área de un objeto sin movimiento	26	Cantidad de sustancia
7	Volumen de un objeto en movimiento	27	Confiabilidad
8	Volumen de un objeto sin movimiento	28	Precisión de mediciones
9	Velocidad	29	Precisión de manufactura
10	Fuerza	30	Factores perjudiciales actuando en un objeto
11	Tensión, presión	31	Factores perjudiciales del objeto
12	Forma	32	Conveniencia de manufacturabilidad
13	Estabilidad de composición de un objeto	33	Conveniencia de uso
14	Resistencia	34	Conveniencia de reparabilidad
15	Tiempo de acción de un objeto en movimiento	35	Adaptabilidad, universalidad
16	Tiempo de acción de un objeto sin movimiento	36	Complejidad de un mecanismo
17	Temperatura	37	Complejidad de control y medición
18	Iluminación	38	Nivel de automatización
19	Energía gastada por un objeto en movimiento	39	Productividad
20	Energía gastada por un objeto sin movimiento		

También extrajo nada más que 40 principios de invención de todas esas patentes. Esta lista se conoce como **Los 40 Principios de Inventiva**, y se muestra seguidamente.



Tabla III. Listado de los 40 Principios de Inventiva.

LOS 40 PRINCIPIOS DE INVENTIVA			
1	Segmentación	21	Aumentar velocidad de acción riesgosa
2	Extracción	22	Convertir lo Nocivo en Útil
3	Calidad Local	23	Retroalimentación
4	Asimetría	24	Intermediario
5	Unión	25	Autoservicio
6	Universalidad	26	Copiado
7	Anidación	27	Uso de objetos baratos de reemplazo
8	Contrapesar	28	Sustitución de medios mecánicos por otros sistemas
9	Antiacción Preliminar Contrapeso	29	Uso de sistemas neumáticos e hidráulicos
10	Acción Preliminar	30	Membranas Flexibles , Películas delgadas
11	Amortiguar de Antemano	31	Materiales Porosos
12	Equipotencialidad	32	Cambios de Color
13	Inversión	33	Homogeneidad
14	Esfericidad	34	Desechando y regenerando partes
15	Dinámismo	35	Cambios del Parámetro
16	Acciones Parciales o Excesivas	36	Transiciones de Fases
17	Transición hacia otra dimensión	37	Expansión Térmica
18	Vibración Mecánica	38	Oxidantes Fuertes
19	Acción Periódica	39	Atmósfera Inerte
20	Continuidad de Acción Útil	40	Materiales Compuestos

Los 40 principios son la deducción más directa del análisis de las patentes realizado por el autor del TRIZ.

Se da un listado de estos 40 principios en la página 16, acompañado de ejemplos.

Esta breve introducción con las dos tablas, nos permite, ahora sí, presentar otra de las herramientas clásicas de TRIZ (otra, ya que los 40 principios son ya una herramienta por si sola) las **Contradicciones Técnicas**. Estas, nos permitirá resolver algunos problemas técnicos. Existen muchas más herramientas dentro del TRIZ, pero creemos que estas son buenos ejemplos para un comienzo



de entendimiento sobre TRIZ. Por el momento nos limitaremos al tema de las contradicciones técnicas.

CONTRADICCIONES TÉCNICAS

Una **contradicción técnica** es una situación en la que queremos variar una característica de un sistema y al hacerlo nos varía otra que no queremos que se modifique o que, en todo caso, se podría modificar en sentido contrario al que lo hace. Para la resolución de contradicciones técnicas, se utilizan la **Matriz de Contradicciones Técnica MCT**. En la figura siguiente, se presenta una porción de la matriz de contradicción original de Altshuller.

Tabla IV. Parte de la Matriz de Contradicciones.

		ATRIBUTO QUE EMPEORA							
		9 Velocidad	10 Fuerza	11 Tensión/Presión	12 Forma	13 Estabilidad de la composición	14 Resistencia o fortaleza	15 Tiempo de acción del objeto móvil	16 Tiempo de acción del objeto estacionario
ATRIBUTO QUE MEJORA	1 Peso del objeto móvil	2,8,15,38	8,10,18,37	10,36,37,40	10,14,35,40	1,35,19,39	28,27,18,40	5,34,31,35	
	2 Peso del objeto estacionario		8,10,19,35	13,29,10,18	13,10,29,14	26,39,1,40	28,2,10,27		2,27,19,6
	3 Longitud del objeto móvil	13,4,8	17,10,4	1,8,35	1,8,10,29	1,8,15,34	8,35,29,34	19	
	4 Longitud del objeto estacionario		28,10	1,14,35	7,13,14,15	35,37,39	14,15,28,26		1,40,35
	5 Área del objeto móvil	29,30,4,34	19,30,35,2	10,15,36,28	5,34,29,4	11,2,13,39	3,15,40,14	6,3	
	6 Área del objeto estacionario		1,18,35,36	10,15,36,37		2,38	40		2,10,19,30
	7 Volumen del objeto móvil	29,4,38,34	15,35,36,37	6,35,36,37	1,4,15,29	28,10,1,39	9,14,15,7	6,35,4	
	8 Volumen del objeto estacionario		2,18,37	24,35	7,2,35	34,28,35,40,	9,14,15,17		35,34,38
	9 Velocidad		13,28,15,19	6,18,38,40	35,15,18,34	28,33,1,18	8,3,26,14	3,19,35,5	
	10 Fuerza	13,28,15,12		18,21,11	10,34,35,40	35,10,21	35,10,14,27	19,2	
	11 Tensión/ Presión	6,35,36	36,35,21		35,4,15,10	35,33,2,40	9,18,3,40	19,3,27	
	12 Forma	35,15,34,18	35,10,37,40	34,15,10,14		33,1,18,4	30,14,10,40	14,26,9,5	
	13 Estabilidad de la composición	33,15,28,18	10,35,21,16	2,35,40	22,1,18,4		17,9,15	13,27,10,35	39,3,35,23
	14 Resistencia o fortaleza	8,13,26,14	10,18,3,14	10,3,18,40	10,30,35,40	13,17,35		27,3,26	
	15 Tiempo de acción del objeto móvil	3,35,5	19,2,16	19,3,27	14,25,26,28	13,3,35	27,3,10		



Como se observa en la figura de arriba, la matriz de contradicciones es un cuadro de doble entrada, donde se listan 39 características básicas de los sistemas técnicos y en el cruce de cada fila y columna se dan referencias a los tipos de soluciones inventivas que se pueden aplicar para variar una de las características, sin que varíe la otra. Esos números identifican los principios inventivos específicos de la lista de 40 a utilizar. Su orden de presentación en cada casillero no es aleatorio, sino que indican cuales son en general los más utilizados en las patentes investigadas.

Evidentemente, los principios no son una solución directa a la contradicción, sino una línea de razonamiento para encontrar la solución. Las casillas de la matriz que quedan vacías corresponden a contradicciones técnicas que no se pueden dar o que no están resueltas.

La resolución de un problema con esta herramienta y lo mismo sucede con las otras, requiere la abstracción del sistema, la identificación de la contradicción técnica, la aplicación del operador abstracto o principio y la especificación para obtener de nuevo el sistema físico, con el problema resuelto.

Veamos un ejemplo sencillo:

Para el transporte de perdigones de acero se hace uso de instalaciones de plástico. El problema que se tiene es que el golpe de los perdigones contra el codo de la tubería

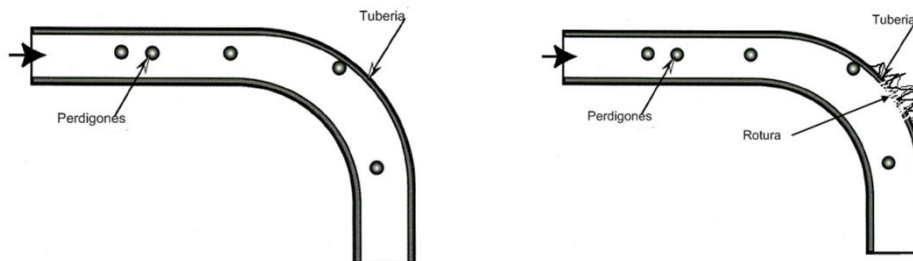


Figura 3. Esquema gráfico del caso de los perdigones que dañan por impacto al codo de la tubería.



Subsistema técnico: tubos y codos plásticos.

Objetivos técnicos: mover neumáticamente los perdigones de acero lo más rápido posible.

Conflicto: los perdigones de acero destruyen el codo.

Soluciones comunes: codos reforzado, usar codo de cambio rápido, rediseñar forma del codo, seleccionar otros materiales para el codo

Haciendo un análisis de la situación vemos que: Al incrementar la velocidad de los perdigones mejora el proceso (parámetro que mejora, parámetro de ingeniería 9), pero la estabilidad de la composición del objeto (parámetro que empeora, parámetro de ingeniería 13, capacidad del subsistema a mantener su integridad) empeora. He aquí la contradicción técnica. Algo del sistema se mejora, pero como consecuencia de esto, otra cosa empeora.

Buscando por el cruce indicado por las flechas de la matriz, nos encontramos con los números: 28, 33, 1, 18. Esos números, en ese orden me indican que muchas patentes resolvieron, no exactamente este problema específico, pero sí este tipo de contradicciones, y el principio inventivo más utilizado es el 28, luego de este, el más utilizado fue el 33, y así seguimos.

Utilizando la lista más completa que está en la página 16 vemos que:

28.- Reemplazar un sistema mecánico con otro, con las siguientes opciones:

A).- Sustituir el sistema mecánico, con uno óptico, acústico o térmico, ejemplo: en ingeniería ambiental, el obsoleto muestreo ambiental de contaminantes en el aire ha sido reemplazado con sistemas ultravioleta o infrarrojo.

B).- Emplear campos magnéticos, eléctricos o electromagnéticos que actúen con el sistema tecnológico, ejemplo: en los modernos trenes de alta velocidad se utilizan campos magnéticos que evitan la fricción del vehículo con los rieles.

C).- Usar campos magnéticos con partículas ferromagnéticas, ejemplo: cuando se quiere calentar una sustancia, se le agregan partículas ferromagnéticas y, empleando un campo magnético externo, las partículas se consigue elevar la temperatura de las partículas, transmitiendo calor a la sustancia que se encuentra a menor temperatura.

Si examinamos los otros, parecen no tener aplicación en este problema, lo cual puede ser así, o quizás, otra persona le oriente el pensamiento y le encuentre aplicaciones novedosas.



Por el momento, “apostamos” al principio inventivo 28 luego de analizar los cuatro.

Se sugiere ubicar un imán en el codo para amarrar perdigones de aceros al material plástico formando una manta protectora renovable por sí sola.

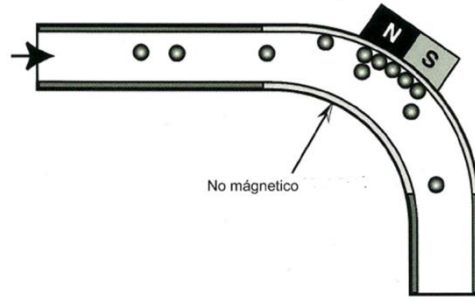


Figura 4. Esquema de solución del caso de los perdigones que dañan por impacto al codo de la tubería.

Si se observa, la situación puede ser representada por el siguiente par de ejes cartesianos:

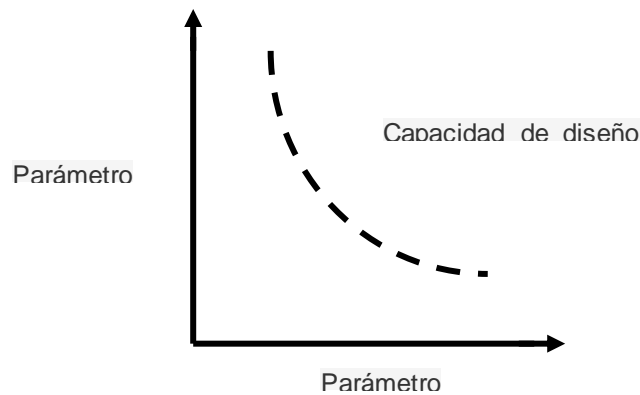


Figura 5. Representación gráfica de la Contradicción Técnica.

La estrategia para resolver problemas suele ser muchas veces la indicada por la flecha de doble sentido como se muestra en el siguiente gráfico

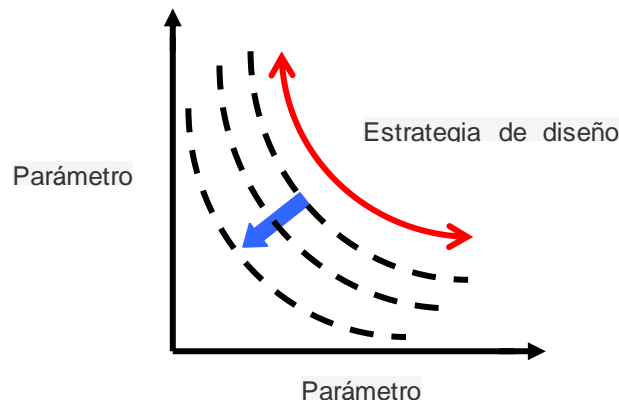


Figura 6. Representación gráfica de como TRIZ evita la solución de compromiso superando la Contradicción Técnica.

En cambio una metodología estructurada como es el caso de TRIZ, busca seguir la flecha que apunta al origen de los ejes, esto es, buscar por bueno-bueno, es decir romper la contradicción técnica y no como la clásica solución de compromiso que busca el más o menos bueno-más o menos malo.



LOS 40 PRINCIPIOS INVENTIVOS

Principio 1. Segmentación

A. Dividir un objeto en partes independientes.

- Reemplazar un sistema informático grande por computadoras personales.
- Reemplazar un camión grande por un camión y un remolque.
- Usar una estructura de trabajo desensamblada para un proyecto grande.

B. Hacer un objeto fácil de desmontar.

- Un mobiliario Modular
- Acoplamiento rápido para conexiones.

C. Incrementar el grado de fragmentación o segmentación.

- Reemplazar las ventanas sólidas con persianas venecianas.
- Usar metal en polvo para soldar en vez de usar el metal en varilla o lámina para mejorar la penetración.
- Hacer uso del agua en forma de niebla en vez de gotas para extinguir fuegos.

Principio 2. Extracción

A. Extraer (remover o separar) una porción que interfiere o perturba o propiedades.

- Ubicar un compresor ruidoso fuera del edificio donde se usa aire comprimido.
- Usar fibras ópticas para separar la fuente de la luz caliente desde donde se produce la misma hasta donde la luz se necesita.
- Usar una grabación del ladrido de un perro, sin el perro, como una alarma contra ladrones.
- Imitar la excitación de un ave de rapiña grabada para ahuyentar aves en aeropuertos.
- Educación a distancia, en donde el profesor no está presente, pero sí sus enseñanzas (texto, grabación, etc.).

Principio 3. Calidad Local

A. Cambiar una estructura del objeto desde una uniforme a una no uniforme, cambiar un ambiente externo (o la influencia externa) desde uno uniforme a uno no uniforme.

- Usar un gradiente de temperatura, densidad, o de presión, en lugar de temperatura, densidad o presión constantes.
- Para combatir el polvo en las minas de carbón, se aplica una llovizna fina de agua en forma cónica a las partes activas de la máquina de taladrar y de cargar. Las gotas más pequeñas, tienen mayor efecto para combatir el polvo, la llovizna fina impide el trabajo. La solución es desarrollar una capa de llovizna mas gruesa alrededor del cono de la llovizna fina.
- Lápiz y goma de borrar en una unidad.



B. Hacer que cada una de las partes de una función del objeto sea en las condiciones más conveniente, mejor para su funcionamiento.

- *Bandeja porta alimentos con compartimientos especiales para las comidas sólidas calientes y frías y para los líquidos*

C. Hacer que cada parte de un objeto ejecute una función diferente y útil.

- *Lápiz con la goma de borrar*

- *Martillo con uña extractora de clavos.*

- *herramienta multifunción que descama el pez, actúa como alicates, destripador, destornillador plano, destornillador de Phillips, juego de manicura, etc.*

Principio 4. Asimetría

A. Cambiar la forma de un objeto de simétrico a asimétrico.

- *Tanque de mezclados asimétricos mejoran el mezclado o también las paletas asimétricas en los recipientes simétricos mejoran la mezcla (camiones de cemento, mezcladores de pastelería, batidoras).*

- *Fresado plano en una punta de un eje para sujetar una perilla con un tornillo.*

B. Si un objeto es asimétrico, aumente su grado de asimetría.

- *Cambiar de un O-ring de sección circular a uno oval para mejorar el sellado.*

- *Usar ópticas astigmáticas para fusionar los colores.*

- *Incrementando asimetría en la forma del pistón del motor (Renault Megane y el Mitsubishi GDI)*

Principio 5. Unión

A. Unir (consolidar) objetos idénticos o similares para ejecutar funcionamientos paralelos.

- *Computadoras personales en red.*

- *Paletas de un sistema de ventilación.*

- *Chips electrónicos montados sobre ambos lados de un circuito impreso o subensamblado.*

- *Interfase entre hardware con cables en paralelo.*

B. Hacer operaciones contiguas o paralelas, traerlos juntos en el tiempo

- *Enlazar las partes de una persiana veneciana.*

- *Instrumentos de diagnóstico médicos que analizan muchos parámetros de la sangre simultáneamente.*

- *Cortadora de césped con embolsa pasto.*

Principio 6. Universalidad (multifuncionalidad)

A. Hacer que un producto u objeto realice múltiples funciones, elimine la necesidad de otras partes.

- *Empleo de un cepillo de dientes que contiene pasta dentífrica.*

- *Asiento de seguridad en automóviles para niños que se convierte en andador.*

- *Cortadora de césped y abonadora (se demuestra ambos Principios 5 y 6).*



- Un comunicador Nokia combina teléfono, fax, internet y otras en un solo dispositivo.
- Diseños de motor que combina el volante, alternador y arranque en un solo componente (Opel, Toyota, etc.).

Principio 7. Anidamiento

A. Ubicar un objeto dentro de otro; colocar cada objeto, dentro de otro.

- Muñecas rusas
- Antena telescópica.
- Sistema de audio portátil (el micrófono encaja dentro del transmisor que encaja dentro del amplificador).
- Caña de pesca telescópica.

B. Hacer que una parte pase a través de una cavidad en el otro.

- Antena de radio extensible.
- Puntero extensible.
- Lente Zoom.
- Mecanismo de retractación de cinturón de seguridad para vehículos.
- Tren de aterrizaje del avión que se guarda dentro del fuselaje (también demuestra Principio 15, Dinamismo).
- Asientos apilables.

Principio 8. Anti-peso

A. Para compensar por el peso de un objeto, fusiónelo con otros objetos que proporcione elevación.

- Inyectar agente espumante dentro de un bulto de leños, para aumentar su flotabilidad.
- Usar globo de helio para apoyar las señales de publicidad.

B. Para compensar por el peso de un objeto, hacerlo interactuar actuar recíprocamente con el ambiente (por ejemplo el uso aerodinámico, hidrodinámico, flotación y otras fuerzas).

- La forma de las alas del avión reduce la densidad del aire por encima del ala y por debajo la aumenta, para crear elevación. (Esto también demuestra Principio 4, Asimetría.)
- Los vórtices mejoran el alzamiento de las alas del avión.
- Las aletas hidrodinámicas elevan la nave fuera del agua para reducir el arrastre.
- Un alerón trasero de un auto de carrera incrementa la presión del auto al piso.
- Aplicar sopapas a los objetos.

Principio 9. Anti-acción Preliminar

A. Acción con efectos útiles y efectos secundarios nocivos, los cuales deben contrarrestar con anti-acciones para controlar los efectos nocivos.



-El tampón (solución reguladora) de una solución para prevenir el daño de pH extremos.

-Acumulador neumático para lubricar el motor antes del arranque. Comparar con un calentador para calentamiento preliminar del motor antes del arranque.

B. Ordene los objetos de tal manera que puedan entrar en acción sin pérdidas de tiempo esperando la acción (y de la posición más conveniente).

-Barras pretensadas antes de verter el hormigón.

-Enmascarar algo antes de una exposición dañina: Usar un delantal de plomo en las partes del cuerpo no exponiéndose a los rayos X.

-Usar cinta de enmascarar para proteger la parte de un objeto a pintar.

Principio 10. Acción preliminar

A. Ejecutar antes de que se necesite los cambios requeridos de un objeto (totalmente o parcialmente).

-Aplicar adhesivo para el papel de la pared.

-Esterilizar todos los instrumentos necesarios para un procedimiento quirúrgico en una bandeja sellada.

B. Objetos prearreglados tales que ellos puedan venir en acción desde los lugares más conveniente y sin pérdida de tiempo para su entrega.

-Los arreglos de Kanban en una fábrica Just-in-Time.

-Celda de manufactura flexible.

-Partes precortadas para la construcción de casas de maderas.

Principio 11. Amortiguación de antemano.

A. Preparar medio de emergencia de antemano a compensar la baja confiabilidad de un objeto.

-Paracaídas de seguridad o segundo paracaídas.

-Sistema de aire alternativo para instrumentos de aviación.

-Válvula de explosión en calderas.

-Mercadería magnetizada para evitar los robos.

Principio 12. Equipotencialidad

A. En un campo potencial, cambios de posición de límite (por ejemplo el cambio condiciones que opera para eliminar la necesidad de levantar o bajar objetos en un campo de gravedad).

-Sistema de entrega de partes de carga en una fábrica.

-Sistema de esclusas en un cauce entre 2 cuerpos de agua (el Canal de Panamá)

-Sistemas de mando de una planta automovilística que trae todas las herramientas a la posición correcta (también demuestra Principio 10, Acción Preliminar)

Principio 13. Inversión

A. Invertir la acción resuelve el problema (por ejemplo en lugar de refrescar un objeto, caliéntelo).



-Para liberar partes atascadas, enfriar la parte interna en lugar de calentar la parte exterior. Esto se puede usar cuando un vidrio esmerilado macho se atasca con otro hembra.

-Traer la montaña a Mahoma, en lugar de traer a Mahoma a la montaña.

B. Hacer que las partes movibles queden fijas, y las fijas en movibles.

-Rotar la parte en lugar de la herramienta.

-Piso móvil con las personas en pie (escalera mecánica).

- Cinta de correr en vez de caminar o correr en el lugar.

-Agitador magnético en donde el uso es la parte que produce la agitación de la masa.

-Motor eléctrico en donde el rotor es fijo y el estator es móvil (Nipón Otis).

C. Rotar el objeto (o proceso) 'al revés.'

-Tomar un ensamble de arriba hacia abajo para inserciones rápidas (especialmente tornillos).

- Vaciar cargas invirtiendo el contenedor (buques o trenes).

- Rompehielos que utiliza el cabeceo de la popa en vez de hacer uso de la proa.

Principio 14. Esfericidad

A. En lugar de usar partes rectilíneas, superficies, o formas, usar una curvilínea; mover desde superficies planas a uno esféricos; desde partes formadas como un cubo (el paralelepípedo) a las estructuras de forma esferoidal.

-Usar arcos y domos para resistencia en arquitectura.

- Forma de banana en teléfono celular.

B. Usar rodillos, esferas, espirales y domos.

- Engranaje helicoidal que produce una resistencia por contacto continuo en un levantamiento de pesos.

- Bolígrafos y plumas con punto de rodillo para la distribución de tinta.

C. Ir desde un movimiento lineal a uno rotatorio, usar fuerzas centrífugas.

- Producir el movimiento lineal del cursor en la pantalla de la computadora usando un mouse o un trackball.

- Reemplazar el secado de ropa a rodillo, que retuerce a la ropa para quitar el agua de la ropa por el centrifugado de la misma.

- Usar dispositivos de ruedas esféricas en lugar de ruedas cilíndricas para mover el mobiliario.

-Parrilla espiedo en cambio de parrilla fija movable.

D. Utilizar una fuerza centrífuga

-Uso de fuerza centrífuga, ejemplo: en Ing. Química, el empleo de máquinas centrífugas para separar los distintos componentes de mezclas líquidas que tienen diferentes densidades.

-Ruleta para lechuga - utiliza fuerza centrífuga para eliminar el agua de las hojas después del lavado.



Principio 15. Dinamismo

A. Permitir (o diseñar) las características de un objeto, ambientes externos, o procesos a modificar para ser óptimo o para encontrar una condición de operación óptima.

- *Volante ajustable o asientos ajustables, posición del espejo, etc.*
- *Semáforo cambia en dependencia del estado del tiempo y de la intensidad del tráfico.*

B. Dividir un objeto en partes capaces de un movimiento relativo para cada una de las otras.

- *Teclado de computadora de "mariposa", (también demuestra Principio 7, anidar).*

C. Si un objeto (o proceso) es rígido o inflexible, hágalo movable o adaptable.

- *Boroscopio flexible para los artefactos examinadores.*
- *Sigmoidoscopio flexible para el examen médico.*
- *Cambio de tracción en los vehículos.*

Principio 16. Acciones parciales o excesivas

A. Si el 100 por ciento de un objeto es difícil de lograr usando un método de solución dado, entonces usar 'ligeramente menos' o 'ligeramente más' del mismo método, el problema puede ser considerablemente más fácil resolver.

- *Sobrerociado al pintar, quitar el exceso, por ejemplo usando una plantilla, el exceso de pintura queda en la misma (ésta es una aplicación de Principio 3, Calidad Local y Principio 9, el anti-acción Preliminar).*

- *Un cilindro es pintado por inmersión en pintura líquida, pero contiene más pintura que lo deseado. El Exceso de pintura es luego retirado rápidamente rotando el cilindro.*

- *Para obtener una descarga uniforme de un polvo metálico desde un depósito, la tolva tiene un embudo interno especial la que es continuamente sobrellenado para proveer presión casi constante.*

- *Embalajes previamente troquelados son más fáciles de abrir.*

Principio 17. Transición hacia otra dimensión (cambio dimensional).

A. para mover un objeto en un espacio bidimensional o tridimensional.

- *Mouse infrarrojo para las computadoras puede trabajar en tres dimensiones, una más que en el caso de los mouse tradicionales.*

- *Herramienta de corte de varios ejes, puede ser posicionada en donde se las necesite.*

- *Usar un arreglo multicapa, en cambio de una sola capa.*

- *Compactera de 6 CD para aumentar el espacio musical y la variedad.*

- *Microprocesadores montados en ambos lados de la placa impresa.*

C. Inclinar o re-orientar el objeto, póngalo en su lado.

- *Camión volcador.*



- Colector solar inclinado, celda solar con superficies inclinadas.
- D. Usar 'otro lateral' de un área dada.**
- Almacenar circuito híbrido microelectrónico para mejorar la densidad.

Principio 18. Vibración mecánica

A. Provocar un objeto para oscilar o vibrar.

- Cuchillo de entalladura eléctrico de hojas vibratorias.
- Caladora eléctrica.

B. Aumentar su frecuencia (incluso hasta ultrasonido).

- Distribuir polvo con vibración.

C. Usar la frecuencia resonante de un objeto.

- Destruir piedras de bilis o el riñón desmenuzándolas mediante resonancia ultrasónica.

D. Usar vibradores piezoeléctricos en lugar de mecánicos.

- Oscilaciones del cristal de cuarzo para relojes de gran exactitud.

E. Uso combinado de oscilaciones de campos ultrasónicos y electromagnéticos.

- Mezclar aleaciones en un horno de inducción.
- Filtración electroacústica puede ser incrementada su eficiencia entre siete y diez veces.

Principio 19. Acciones periódicas

A. En lugar de la acción continua, usar acción periódica o pulsante.

- Golpear repetidamente con un martillo alguna cosa.
- Reemplazar una sirena continua con un sonido pulsátil.
- Cambiar carácter de manufactura pequeños, serie orientada al cliente, en cambio de una gran serie.

B. Si una acción ya es periódica, cambiar la magnitud de la frecuencia periódica.

- Usar modulación de Frecuencia para llevar la información, en lugar de alfabeto Morse.
- Reemplazar una sirena continua con sonido que cambia de amplitud y frecuencia.

C. Usar pausas entre los impulsos para realizar una acción diferente.

- En la respiración cardio-pulmonar (RCP) respire después de cada 5 compresiones del pecho.

Principio 20. Continuidad de acción útil

A. Llevar a cabo el trabajo continuadamente; hacer que todas las partes de un objeto trabaje a plena carga, todo el tiempo.

- Volante que acumula (o sistema hidráulico) energía cuando un vehículo se detiene, para que el motor pueda seguir funcionando a la potencia óptima.



- Realizar una acción sin descanso - todas las partes de un objeto deben ser operadas constantemente a su total capacidad.

B. Eliminar todas las acciones ociosas o intermitentes o trabajo.

- Imprimir durante el retorno de un carro de impresora de matriz de punto, de rueda margarita, de chorro de tinta.

Principio 21. Aumento de la velocidad en acciones riegosas

A. Conducir un proceso, o ciertas fases (por ejemplo actividades destructibles, dañinas o arriesgadas) a alta velocidad.

- Usar el taladro de un dentista de alta velocidad para evitar el calentamiento del tejido.

- Cortar plástico más rápido para que el calor no se pueda propagar en el material, evitando la deformación del diseño.

Principio 22. Convertir lo nocivo en beneficio

A. Usar los factores nocivos (particularmente, efectos nocivos del ambiente o ambientes) para lograr un efecto positivo.

- Usar el calor desechado para generar energía eléctrica.

- Reciclar materiales de desperdicio (scrap) de un proceso como materia prima para otros.

B. Eliminar la acción nociva primaria por agregado de otra acción nociva para resolver el problema.

- Agregar un material regulador del pH a una solución corrosiva.

- Usar la mezcla de helio-oxígeno para bucear, para eliminar narcotismo de nitrógeno y el envenenamiento de oxígeno del aire y otras mezclas nitrosas.

- Para la mayoría de la gente el gusto de la sal (NaCl) es agradable, pero desafortunadamente a muchas les resulta nocivo debido a causa de hipertensión. Una forma de solucionar es reemplazar por cloruro de potasio, que es más saludables en éste caso, pero el sabor es intolerablemente inferior. La solución es una mezcla de ambas sales en una proporción de 50 a 60 % de las sal de sodio y un 30 a un 40% de la sal de potasio.

C. Amplificar un factor nocivo de tal manera que no sea más nocivo.

- Usar un contrafuego para eliminar el combustible de un fuego en un bosque.

-El oxígeno mezclado con una neblina de gasolina resulta una mezcla explosiva. Pero incrementando la cantidad de oxígeno puede ser diluido hasta un punto en la cual la explosión no se produce más.

-Arena y grava como sólidos congelados, se transportan por climas gélidos. Si se sobrecongela con nitrógeno líquido, hace al hielo quebradizo, permitiendo su vaciado.

- Cuando se usa corriente de alta frecuencia para calentar metal solo las capas externas se calientan, éste efecto negativo fue más tarde usado para el tratamiento térmico superficial.



Principio 23. Retroalimentación

A. Introducir retroalimentación (refiriéndose hacia atrás, chequeo cruzado) para mejorar un proceso o acción.

- Control del volumen automático en circuitos de audio.
- Señal del giróscopo que se utiliza para controlar el piloto automático del avión.
- Control Estadístico Proceso (CEP)--se usan las mediciones para decidir cuándo modificar un proceso. (No todos los sistemas de retroalimentación son automatizados!)
- Presupuestos--se usan como medidas para decidir cuándo modificar un proceso.

B. Si la retroalimentación ya se usa, cambie su magnitud o influencia.

- Cambiar la sensibilidad de un piloto automático cuando está dentro de 5 millas de un aeropuerto.
- Cambiar una medida de dirección del presupuesto variable para satisfacción del cliente.
- Cuando la presión de agua de un pozo es mantenida por sensado en la presión de salida, esto permite el arranque de una bomba si la presión baja.

Principio 24. Intermediario

A. Usar un artículo intermediario para transferir o llevar a cabo una acción.

- Punzón de carpintero usado entre el martillo y el clavo.
- Equipos de protección personal.
- Para enfriar electrodos se puede usar un metal de bajo punto de fusión.

B. Conectar un objeto temporalmente con otro (qué puede quitarse fácilmente).

- Portaplatos para platos calientes.
- El hielo puede ser usado temporariamente para fijar objetos pequeños.

Principio 25. Autoservicio

A. Hacer un objeto que se autosirve para ejecutar funciones útiles auxiliares.

- En una máquina expendedora de gaseosa, una bomba aumenta la presión inyectando anhídrido carbónico que se usa para "burbujear" las bebidas. Esto asegura que esta bebida no tendrá una superficie plana horizontal, y elimina la necesidad de sensores.
- Las lámparas de halógeno regeneran el filamento durante su uso, pues al usarse, se evapora el material redepositado.

B. Usar los recursos desechados, energía, o sustancias.

- Usar el calor de un proceso para generar electricidad: "Co-generación."
- Usar desecho animal como fertilizante.
- Usar desperdicios alimentarios y del jardín para hacer abono.

Principio 26. Copiado

A. En lugar de usar un objeto no disponible, caro, frágil, usar copias más simples y baratas.

- Realidad virtual vía computadora en lugar de una vacación cara.



- Escuchar una cinta de audio en lugar de asistir a un seminario.

B. Reemplace un objeto, o proceso con copias ópticas.

- Hacer la topografía de las fotografías del espacio en lugar de hacerlo en la tierra.
- Medir un objeto midiendo la fotografía.
- Hacer ecografías para evaluar la salud de un feto, en lugar de arriesgarse a un daño por la comprobación directa.

C. Si ya se usan copias ópticas visibles, probar copias en infrarrojo o ultravioleta.

- Hacer imágenes en el infrarrojo para descubrir las fuentes de calor, como las enfermedades en las cosechas, o intrusos en un sistema de seguridad.

Principio 27. Usar objetos de corta-vida y baratos

A. Reemplazar un objeto barato con una variedad de objetos baratos, comprendiendo ciertas calidades (como la vida de servicio, por ejemplo).

- Usar objetos de papel descartables para evitar el costo de limpiar y guardar objetos durables.
- Tazas plásticas en los moteles, pañales disponibles, muchos tipos de suministros médicos.

Principio 28. Reemplazo de sistemas mecánicos

A. Reemplazar un medio mecánico por un sensor (óptico, acústico, gustativo u olfatorio).

- Reemplazar un cerco físico para confinar un perro o gato con un cerco acústico (señal animal audible).
- Usar un compuesto de aroma desagradable en el gas natural para alertar a los usuarios de la pérdida, en lugar de un mecanismo o sensor eléctrico.

B. Usar campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos para actuar recíprocamente con el objeto.

- Mezclar dos polvos, electrostáticamente, uno cobre positivo y el otro negativo. Lo cual permite dirigirlo a través de un campo eléctrico hacia la superficie a pintar.

C. Cambiar desde campos estáticos hacia campos móviles, de campos no estructurados a aquellos que tienen estructura.

- Las primeras comunicaciones utilizaron la radiodifusión omnidireccional. Actualmente se utilizan antenas con estructura muy detallada del modelo de radiofrecuencia.

D. Usar campos en conjunción con otros campos (por ejemplo el ferromagnético) partículas activadas.

- Calentar una sustancia que contiene material ferromagnético variando el campo magnético. Cuando la temperatura excede la temperatura de Curie, el material se vuelve paramagnético, y ya no se absorbe calor.



Principio 29. Uso de sistema neumáticos e hidráulicos

A. Usar el gas y las partes líquidas de un objeto en lugar de las partes del sólido (por ejemplo inflable, llenable con líquidos, colchón aéreo, hidrostático, hidro-reactivo).

- Zapato cómodo cuyas suelas se llenan con gel.
- Almacenar energía desde la desaceleración de un vehículo con un sistema hidráulico, luego utilizar la energía almacenada para acelerar.

Principio 30. Membranas flexibles y películas delgadas

A. Usar membranas flexibles y películas delgadas en lugar de estructuras tridimensionales

- Usar estructuras inflables (película delgada, estructuras como cubiertas de invierno en las canchas de tenis).

B. Aislar el objeto del ambiente externo usando membranas flexibles y películas delgadas.

- Película flotante de material bipolar (un film hidrófilo-hidrófobo) en un depósito para limitar la evaporación.

Principio 31. Materiales porosos

A. Hacer un objeto poroso o agregar los elementos porosos (insertos, cubiertas, etc.).

- Agujerear una estructura para reducir el peso.

B. Si un objeto ya es poroso, usar los poros para introducir una sustancia o función útil.

- Usar una malla de metal poroso en el exceso de soldadura fuera de junta.
- Almacenar hidrógeno en los poros de una esponja de paladio. (El "tanque" de combustible para el automóvil de hidrógeno—mucho más seguro que guardar gas hidrógeno).

Principio 32. Cambios de color

A. Cambiar el color de un objeto o su ambiente externo.

- Usar luces de seguridad (rojas) en una cámara oscura para revelar fotografías.

B. Cambiar la transparencia de un objeto o su ambiente externo.

- Un vendaje transparente que permita inspeccionar una herida sin quitar las vendas.

C. Usar aditivo coloreado para observar un objeto o un proceso que resulta difícil para ver.

- Magnaflux.
- En una fábrica de acero se diseñó una cortina de agua para proteger a los obreros del sobrecalentamiento. Pero esta cortina solo protege de los rayos infrarrojos, así que la luz brillante del acero fundido pasa fácilmente a través de la cortina. Un colorante fue agregado al agua para crear un efecto filtrante mientras se queda transparente.



D. Si tales aditivos ya fueron utilizados, emplear trazas luminiscentes o elemento trazador.

- Usar reactivos marcados con tritio.
- Usar yodo radiactivo en medicina.

Principio 33. Homogeneidad

A. Hacer que los objetos interactúen con un objeto dado del mismo material (o material con idénticas propiedades).

- Hacer que el recipiente sea del mismo material del contenido, para reducir reacciones químicas.
- Hacer que un diamante sea la herramienta cortante de diamantes.
- La torta que se forma durante el filtrado, se puede usar como material filtrante.
- La superficie de un alimentador para granos abrasivos, está hecho del mismo material que corre a través del alimentador permitiendo una continua restauración de su superficie.

Principio 34. Desechando y recubriendo

A. Hacer que las porciones de un objeto que ha cumplido sus funciones se eliminen (descartar por disolución, evaporación, etc.) o modificar éstos directamente durante el funcionamiento.

- Usar medicamento en una cápsula digerible al estómago.
- Moldeo de tierra con hielo de agua o con hielo seco. Una vez encerrado estos materiales con tierra, esperar su fusión o su volatilización y queda el molde.
- Materiales biodegradables son utilizados en medicina. Polilactidas son utilizadas para disolver tornillos y pernos. Ellos pueden reemplazar los tornillos de titanio utilizados por los cirujanos para arreglar huesos rotos. La segunda operación que es para remover los tornillos no es necesaria.

B. Invertir, restaurar partes consumibles de un objeto directamente en el funcionamiento.

- Autoafilado de la hoja del cortacésped
- Pala autoafilable.

Principio 35. Cambios de parámetro

A. Cambio del estado físico de un objeto (por ejemplo a un gas, líquido, o sólido).

- Congelar el centro líquido relleno de dulces, luego sumergir esta masa fría en chocolate fundido, en lugar de manejar el líquido caliente.
- Transportar oxígeno o nitrógeno o gas de petróleo como un líquido, en lugar de un gas, para reducir el volumen.

B. Cambiar la concentración o consistencia.

- El jabón de mano líquido se concentra y resulta más viscoso al punto de uso, haciéndose más fácil para distribuir en la cantidad correcta y más sanitario cuando se comparte con varias personas.

C. Cambiar el grado de flexibilidad.



- Usar amortiguadores ajustables para reducir el ruido de partes que entran en un recipiente restringiendo el movimiento de las paredes del recipiente.
- Vulcanizar caucho para cambiar su flexibilidad y durabilidad.

D. Cambiar la temperatura.

- Elevar la temperatura sobre el punto Curie para cambiar de una sustancia ferromagnética a una sustancia paramagnética.
- Elevar la temperatura de la comida para cocinarla. (Cambiar sabor, aroma, textura, propiedades químicas, etc.)
- Bajar la temperatura de especímenes médicos conservándolos para el análisis posterior.

Principio 36. Cambio de fase

A. Usar fenómenos que ocurren durante las transiciones de fase (por ejemplo los cambios de volumen, pérdida o absorción de calor, etc.).

- El Agua se expande cuando se enfría, al contrario de la mayoría de los otros líquidos. Aníbal utilizó esto al marchar hace más de mil años hacia Roma. Las piedras grandes bloqueaban los pasajes en los Alpes. Él hizo verter agua por las noches en ellas. El frío de la noche congeló el agua, y la expansión partió las piedras en pedazos pequeños que podían movilizarse más fácilmente.
- Las bombas de calor usan el calor de vaporización y el calor de condensación de un ciclo termodinámico cerrado para hacer trabajo útil.

Principio 37. Expansión térmica

A. Usar la expansión térmica o contracción de los materiales.

- Ajustar juntas firmemente enfriando la parte externa para contraer y calentar la parte interna para dilatar.

B. Si la expansión térmica está utilizándose, entonces utilizar muchos materiales con diferentes coeficientes de expansión térmica.

- Lámina de termostato a resorte: (se unen 2 metales con coeficientes de dilatación diferentes para expandirse durante el calor y contraerse cuando hace frío).

Principio 38. Oxidantes fuertes

A. Reemplazar el aire común con aire enriquecido con oxígeno.

- Buzo que bucea con Nitrógeno u otras mezclas no-aéreas para extender el tiempo de buceo.

B. Reemplazar el aire enriquecido con oxígeno puro.

- Cortar a una temperatura más alta que usa una llama oxiacetilénica.
- Tratar las heridas en ambiente de oxígeno a alta presión para matar bacterias anaerobios y ayudar a la curación.

C. Exponer aire u oxígeno a radiaciones ionizantes.

D. Usar oxígeno ionizado.

- Ionizar el aire para atrapar los contaminantes en un depurador de aire.

E. Reemplazar el oxígeno ozonizado (o ionizado) con el ozono.



- Acelerar las reacciones químicas ionizando el gas antes de su uso.

Principio 39. Atmósfera inerte

A. Reemplazar un ambiente normal con uno inerte.

- Prevenir el deterioro de un filamento de metal caliente usando una atmósfera de argón.

B. Agregar partes neutras, o aditivos inertes a un objeto.

- Incrementar el volumen de detergente en polvo agregando ingredientes inertes. Esto le hace más fácil para medir con las herramientas convencionales.

Principio 40. Materiales compuestos

A. Cambiar desde un material uniforme hacia un material compuesto (múltiple).

- los ejes de resina epoxi con fibra de carbono para palos de golf, los ejes compuestos son más ligeros, más fuertes, y más flexibles que el metal. Lo mismo para partes de avión.

- Las tablas de surf de fibra de vidrio son más ligeras y más controlables y más fáciles de fabricar en una variedad de formas que las de madera.



CONTRADICCIONES

INTRODUCCIÓN

A través de la historia del conocimiento humano, ha habido dos concepciones concernientes a las leyes del desarrollo del universo, la concepción idealística y la concepción materialística, las cuales forman dos aspectos opuestos del mundo. La ideología TRIZ está basada sobre dos ideas principales, Contradicción e Idealidad. La Contradicción está basada en la ley del materialismo dialéctico, la idealidad es la esencia de idealismo. Estos dos opuestos filosóficos se aproximan como una unidad en TRIZ, y utiliza su participación mutua. Quizás esta amalgama predetermina el poder único del TRIZ. El concepto de Idealidad y/o Contradicción debería ser conscientemente incluido en cualquier proceso de solución inventiva de problemas. Por eso, en este apunte, se considera este principal concepto del TRIZ.

CONTRADICCIONES

Una contradicción literalmente significa decir “No” pero más generalmente se refiere a las proposiciones que afirman cosas aparentemente incompatibles u opuestas. La contradicción tiene una presencia universal en muchos campos:

Matemáticas: máximo y mínimo, diferencial e integral;

Física: cargas eléctricas positivas y negativas, acción y reacción mecánica;

Química: combinación y disociación de átomos;

Guerra: ataque y defensa, victoria y derrota.



De acuerdo con TRIZ, frecuentemente, la solución más efectiva de un problema es una que supera algunas contradicciones. Una contradicción muestra donde (en la así llamada zona operativa) y cuando (en el así llamado tiempo operativo) un conflicto sucede. Las contradicciones ocurren cuando mejoramos un parámetro o característica de una técnica afectando negativamente el mismo u otras características o parámetros de la técnica.

Cuando un analista tiene definida una contradicción desde el problema, resulta cómodo encontrar una variedad de creación y efectiva solución para el problema. Usualmente un problema *no* es resuelto si su contradicción *no* es superada. Ejemplo:

Un nuevo y más poderoso motor es instalado en un avión para incrementar su velocidad. El motor incrementa el peso total del avión, y las alas ahora no pueden soportar el peso del avión durante el despegue. En un esfuerzo para resolver este problema (remover la contradicción), el tamaño de las alas fue incrementado. Ahora, resulta mayor el arrastre lo cual hace más lento al avión.

En el ejemplo de arriba, el objetivo no es alcanzado porque la contradicción central no fue resuelta. Una solución debería profundizar o reforzar las características en este ejemplo (velocidad) de tal forma que otras propiedades (peso, tamaño de las alas) sean mantenidas o mejoradas. Este camino resulta casi siempre no obvio y requiere de alguna creatividad sobre la parte de un problema a solucionar, o conocimiento y experiencia en TRIZ. En contraste para una rutina de diseño que guía hacia una contradicción suave (el dogma trade-off) o elección de una de las combinaciones preferibles en el conflicto, un diseño basado en TRIZ aspira a permitir y resolver contradicciones, creando un sistema en el cual la mejora de una característica no está acompañada por el deterioro de otras, por eso, el así llamado principio ganador-ganador puede ser alcanzado.



Altshuller y sus colaboradores distinguieron los siguientes tres tipos de contradicciones: administrativas, técnicas, y físicas.

CONTRADICCIONES ADMINISTRATIVAS — Algunas son requeridas para hacer o recibir algún resultado, para evitar los fenómenos indeseados, pero no se conoce como alcanzar el resultado. Por ejemplo, deseamos incrementar calidad de producción y decrecer costos de materias primas. De tal forma, el problema recuerda una situación inventiva. La contradicción administrativa es en sí misma provisional, no tiene valor heurístico, y no muestra una guía para la respuesta.

CONTRADICCIONES TÉCNICAS — Una acción es simultáneamente útil y dañina; la introducción o amplificación de la acción útil del efecto guía hacia el deterioro de algunos subsistemas o el sistema total; por ejemplo, esto crea una complejidad inadmisibles del sistema.

La contradicción técnica representa un conflicto entre *dos subsistemas*. Por ejemplo, deseamos incrementar la profundidad de penetración de iones dentro de un semiconductor y decrecer la potencia eléctrica (fuente de energía) que es necesaria para la operación de implante de iones.

Tales contradicciones ocurren si

- Creando o intensificando la función útil en un subsistema se crea una nueva función dañina o intensifica una función dañina existente en otro subsistema;
- Eliminando o reduciendo la función dañina en un subsistema se deteriora la función útil en otro subsistema;



- Intensificando la función útil o reduciendo la función dañina en un subsistema causa una complicación inaceptable de otro subsistema o de la técnica total.

CONTRADICCIONES FÍSICAS — Un subsistema dado (elemento/operación) debería tener la propiedad A para una función necesaria y la propiedad no-A o anti-A para satisfacer las condiciones de un problema. Una contradicción implica requerimientos inconsistentes para una condición *del mismo* elemento u operación de un proceso tecnológico, p. ej., el mismo subsistema clave de una técnica. Por ejemplo, deseamos el aislamiento de un chip semiconductor para tener una constante dieléctrica **k** baja para reducir la capacidad parásita, y deseamos que el aislador también tenga una constante dieléctrica **k** elevada para almacenar una mejor información.

Las contradicciones también ocurren si

- Intensificando la función útil en un subsistema simultáneamente se intensifica la función dañina en el mismo subsistema clave;
- Reduciendo la función dañina en un subsistema se reduce la función útil en el mismo subsistema clave.

Por ejemplo, si la compuerta de voltaje se incrementa, un transistor semiconductor de óxido metálico puede tener un alto umbral de voltaje (bueno para potencia MOSFET), pero el transistor operará a bajas frecuencias (malo); si la compuerta de voltaje decrece, un transistor semiconductor de un óxido metálico puede operar a altas frecuencias (bueno), pero la alta velocidad de cambio de la compuerta de voltaje guiará un disparo no anticipado del transistor (malo).

Las contradicciones físicas, así como también las contradicciones técnicas, usualmente surgen durante el análisis especial de un problema.



Según Altshuller, una situación inventiva es generalmente inherente en algunos grupos de contradicciones técnicas y/o físicas en una técnica. Elegir una contradicción del grupo significa la transición de una situación inventiva al principio de la solución del problema. Generalmente, la formulación acertada de la contradicción física demuestra el núcleo del problema. Cuando la contradicción se intensifica al extremo, la solución del problema será a menudo directa.

Veamos un ejemplo de planteo de un problema haciendo uso de los tres tipos de contradicciones estudiados:

Contradicción administrativa: Es necesario detectar el número de pequeñas partículas (<0,3 micrómetros) en un líquido con muy alta pureza óptica. Las partículas reflejan pobremente la luz cuando se usa un láser. ¿Qué hacer?

Contradicción técnica: Si las partículas son muy pequeñas el líquido estaría ópticamente puro, pero las partículas resultan invisibles. Si las partículas son muy grandes ellas son detectables, pero el líquido no es ópticamente puro.

Contradicción física: El tamaño de las partículas debe incrementarse para verse y no incrementarse para mantener el líquido ópticamente puro.

Luego de cada transición reducimos la dificultad del problema.

En general, las contradicciones pueden clasificarse dentro de tres grupos mayores:

- Natural,
- Social, e
- Ingenieriles.

Durante la solución de un problema en el marco del TRIZ, hay una reformulación consecutiva de contradicciones generadas por el problema. Cada contradicción sucesiva mejora nuestra comprensión del problema.



Parece posible resolver contradicciones Administrativas-Organizacionales dentro del marco de la metodología TRIZ, tal investigación es una actividad en curso de algunos expertos del TRIZ. Frecuentemente las contradicciones culturales e individuales pueden ser presentadas como problemas de restricciones; sin embargo, los problemas humanos no tienen una contradicción. Hay dos caminos opuestos (trade-off) para resolver problemas rutinarios sin contradicciones:

COMPROMISO: Esforzando una ganancia en una cualidad sin pérdidas considerables en otra cualidad.

RADICAL: Mantener o esforzar una cualidad a expensas de otra cualidad si uno de los requerimientos del sistema no es considerable y si el problema no lleva a pérdidas.

Contrario a las soluciones de las contradicciones naturales e ingenieriles, las soluciones trade-off de compromiso en problemas humanos pueden frecuentemente ser buenas resoluciones. Quizás esta diferencia en el tipo de sistema: los sistemas técnicos usualmente tienen una determinada naturaleza, mientras que los sistemas humanos son probables o estocásticos.

Luego de este recorrido por el tema Contradicciones, seguiremos profundizando las Contradicciones Técnicas. Usted observará que somos reiterativos en las explicaciones, y que incluso se repiten conceptos, los cuales en general expresan lo mismo pero con otras palabras. Esto parece redundante, pero por experiencia, comprender este tema y plantear las contradicciones no siempre resulta trivial. En clases posteriores abordaremos las Contradicciones Físicas. En este apunte, ambas contradicciones, técnicas y físicas, no se dan juntas en profundidad. Como Ud. pudo apreciar, solo se dieron juntas superficialmente. ¿Por qué? Bien, pues queremos que Ud. comprenda la metodología en el caso del planteo y posterior resolución de las Contradicciones Técnicas. Una vez superada



esta etapa, examinaremos el campo de las Contradicciones Físicas, tanto en el planteo de ellas como en la aplicación de los métodos de resolución. El caso de las contradicciones administrativas, en general, no revisten complejidad al alumno.

Con esta estrategia para abordar estas dos herramientas, de las tantas que tiene TRIZ, pretendemos superar la barrera de confusión y decepción que pueda experimentar el estudiante. Barrera que siempre está presente para muchos de los que abordan el tema de las contradicciones, entremezclándolas y confundiéndolas, tanto sea en el aprendizaje mediante cursos presenciales, o de modo autodidacta.

Nuestra estrategia aquí, es como en TRIZ, no se inventó nada, solo vale la perspicacia y agudeza de Altshuller para ordenar el conocimiento, y nosotros solo ensayamos un modo distinto para ayudar a que comprenda estas herramientas.

Seguidamente abordaremos el tema Contradicciones Técnicas.



CONTRADICCIONES TÉCNICAS EN LOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS

Para muchos trizistas, como Altshuller y Savransky, inventar o innovar significa eliminar una serie de contradicciones que surgen cuando se requiere solucionar un problema tecnológico, a diferencia de la manera en que se “solucionan” los problemas técnicos de los sistemas convencionales, en los cuales solamente se llega a “*compromisos tolerables*” entre un aspecto que se mejora y otro que empeora, es decir: “mejoramos un poco esto a costa de que aquello otro empeore de manera tolerable”, es decir “se paga un precio aceptable”, eso no es realmente inventar o innovar, desde el punto de vista del Profesor Altshuller.

De nuevo, según Altshuller, el verdadero inventor elimina las contradicciones por completo, sin necesidad de un “compromiso tolerable”, es decir, el innovador ofrece una alternativa en la que todos salen ganando y en ocasiones de una forma sorpresiva y no planeada.

Para entender lo anterior es indispensable comprender lo que se considera una contradicción, que según Altshuller se resume en lo siguiente: *“En un sistema tecnológico, la contradicción es una condición que surge cuando entra en conflicto un subsistema con otro o cuando las propiedades de un subsistema entran en conflicto con ellas mismas, por lo que se hace necesario eliminar tales conflictos mediante una solución novedosa”*.

Como ya vimos, en TRIZ, fundamentalmente se consideran dos tipos de contradicciones, las técnicas y las físicas.



CONTRADICCIONES TÉCNICAS:

Una contradicción técnica existe cuando, tratando de mejorar un atributo, “A”, de un sistema tecnológico, otro atributo “B”, del mismo sistema tecnológico, se deteriora. Por ejemplo, si se quiere fabricar un producto más robusto y duradero (atributo deseado), automáticamente se hace más pesado y costoso por el material requerido para ello (atributo indeseable).

Ese tipo de contradicciones surgen cuando se demandan funciones completamente diferentes o incompatibles de los subsistemas de un sistema tecnológico y, generalmente, se refieren a todo el sistema tecnológico. Los ejemplos siguientes aclaran esta situación:

- En un vehículo de combustión interna se tiene la contradicción siguiente: Si se desea tener una mayor potencia (atributo deseable) automáticamente se produce un mayor gasto de combustible (atributo indeseable).
- Se tiene una podadora motorizada que produce mucho ruido al ser operada. Se sugiere instalar un silenciador que lo elimine (atributo deseable), pero el aditamento aumenta el peso del equipo (atributo indeseable).
- Volviendo al automóvil, es muy conveniente que lleve una llanta de auxilio en el caso de una pinchadura (atributo deseable), pero al mismo tiempo ella requiere de espacio (atributo indeseable).
- Una lata de aluminio para refresco o cerveza debe tener las paredes delgadas para ahorrar metal y ser más barata (atributo deseable), pero al mismo tiempo puede romperse por la presión interna del dióxido de carbono (atributo indeseable).



- En el mundo de la administración de empresas, frecuentemente surgen este tipo de contradicciones, por ejemplo: Una empresa debe ser grande para generar altos dividendos al dueño o a los accionistas (atributo deseable), pero al mismo tiempo, su tamaño la hace altamente burocratizada y lenta para reaccionar a los rápidos cambios del mercado (atributo indeseable).

Para resolver las contradicciones técnicas se emplea la matriz de Altshuller, como se explicara más adelante en los casos de estudio.



APLICACIÓN DE LA “MATRIZ DE CONTRADICCIÓN” A CASOS DE ESTUDIO

La forma de ingresar a la matriz es la siguiente:

- 1.- Se identifican él o los parámetros que se quieren mejorar en la columna correspondiente de la “Matriz de contradicción”.
- 2.- Se identifican los parámetros que empeoran en la fila correspondiente de la misma matriz.
- 3.- Los dos puntos anteriores generan una o varias contradicciones técnicas.
- 4.- Se ubica la celda en la cual se interceptan los parámetros de los puntos uno y dos.
- 5.- Dentro de la celda correspondiente aparecen los principios de inventiva o innovación tecnológica extraídos de las patentes que resolvieron un problema similar al actual.
- 6.- Esos principios se aplican al problema que se debe resolver.

En la Figura 7, se muestra un diagrama que resume las principales etapas que se deben cumplir para solucionar el problema que se enfrente.

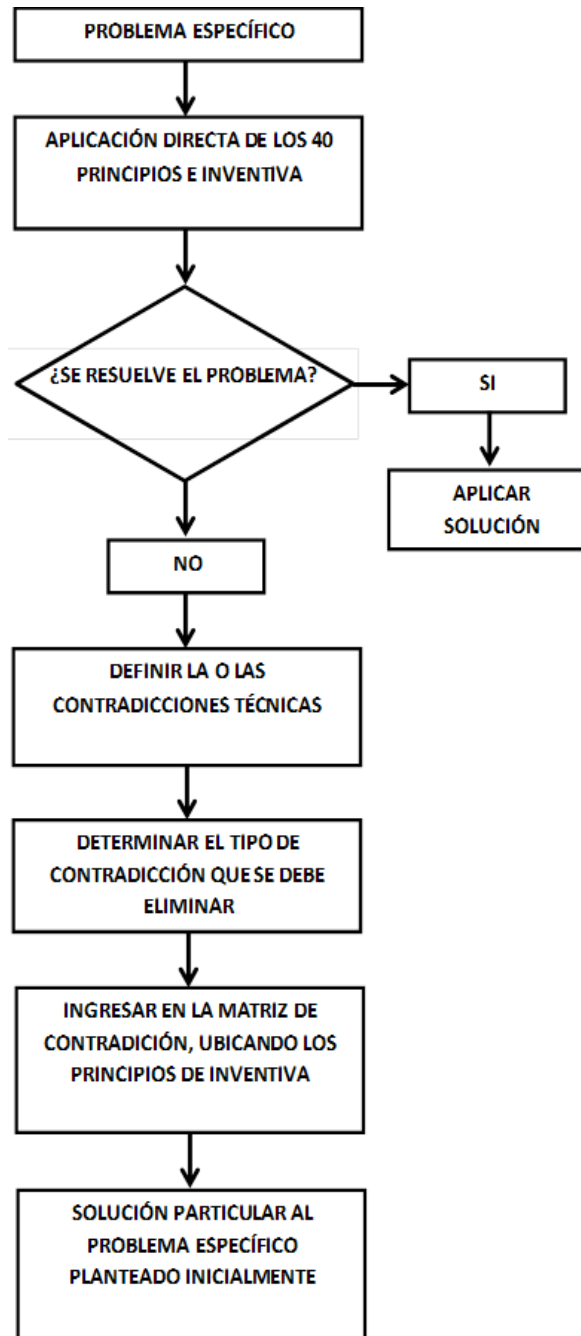


Figura 7 - Principales etapas que se deben cumplir en la solución de un problema de inventiva o innovación tecnológica empleando la “Matriz de contradicción”.



EJEMPLOS APLICADOS DE LA MATRIZ CONTRADICCIONES

CASO DE ESTUDIO 1.-¹

MINGITORIOS SIN AGUA

El problema a resolver es eliminar completamente el uso de agua en los mingitorios u orinales que dan servicio a los varones en la mayoría de los lugares públicos, pero asegurando que no se desprendan olores ofensivos. Los orines se eliminarán del mueble por el efecto de la gravedad.

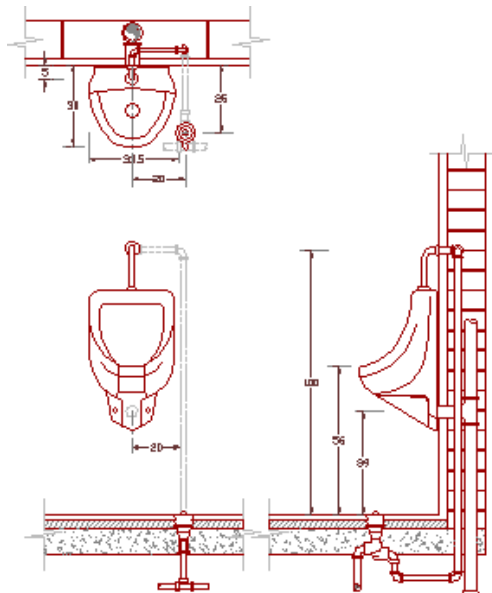


Figura 8 – Plano de un mingitorio normal convencional.

El mingitorio convencional funciona eliminando los orines mediante una descarga de agua, la cual diluye y arrastra esos desechos. La descarga del agua

¹ Caso tomado del libro: TRIZ. LA METODOLOGÍA MÁS MODERNA PARA INVENTAR O INNOVAR TECNOLÓGICAMENTE DE MANERA SISTEMÁTICA. Margarito Coronado Maldonado, Rafael Oropeza Monterrubio y Enrique Rico Arzate. Panorama Editorial. 1ra Edición 2005. México



puede ser manual o automática. De no usar agua, se desprenden olores desagradables, por la superficie que limita los orines con la atmósfera.

Empleando TRIZ se llega a la siguiente contradicción técnica:

Si no se emplea agua, que arrastre los orines (atributo deseable), estos generan olores ofensivos en la zona entre ellos y el aire que se encuentra en su superficie (atributo indeseable).

Según la metodología TRIZ, en este caso de estudio, el objeto en movimiento es el agua y el objeto estacionario son los orines, los cuales generan un factor negativo (olores desagradables). Es muy importante señalar que el único lugar en donde emanan los olores ofensivos es sobre la superficie expuesta del objeto estacionario.

Un parámetro básico que es necesario tomar en cuenta, para entrar a la matriz de contradicción, es que el agua requiere fluir un tiempo determinado para arrastrar los orines. Esta característica es la que se necesita mejorar, es decir, reducirla al mínimo e inclusive que sea cero, lo que significa eliminar por completo el agua. Se identifica con el **Parámetro 15**, de los **39 Parámetros de Ingeniería** de los sistemas tecnológicos, la cual indica: “**Tiempo de acción del objeto móvil**”.

Por otro lado, si no se aplica agua, el objeto estacionario genera una condición negativa que empeora (olor ofensivo), que se ubica como el **Parámetro 31** que señala “**factores adversos generados por el objeto estacionario**”

Con estos dos factores (**15** y **31**) se entra a la matriz de contradicción de Altshuller que sugiere los siguientes principios para resolver el problema:



Principio N° 21.- Hacerlo a mayor velocidad.

Principio N° 39.- Ambiente inerte.

Principio N° 16.- Acción parcial o excesiva.

Principio N° 22.- Convertir algo negativo en benéfico.

Veamos que nos indican cada uno de estos principios:

Principio N° 21.- Hacerlo a mayor velocidad.

Conducir un proceso o ciertos estados (destructivos, dañinos u operaciones peligrosas) a alta velocidad.

- *Cortar un tubo de plástico muy rápidamente. Si lo corta despacio, el calor de la región cortada se propagará al resto del tubo, produciendo una deformación.*
- *Pasteurizar leche es calentarla a 72° C por 15 s. Ultra pasteurización a alta temperatura, es calentada a 138° C, solamente 2 s, incrementa el tiempo de conservación del producto.*
- *En negocios, muchas veces es más importante actuar rápidamente que lentamente para producir un trabajo perfecto.*

Principio 39.- Ambiente inerte.

A. Reemplace un ambiente normal con uno inerte. Agregue partes neutras o aditivos inertes a un objeto o sistema.

- *Gases inertes (como anhídrido carbónico o argón) se usan en soldadura para prevenir oxidación del material a soldar.*

B. Reemplazar el ambiente natural con otro inerte.

- *Cuando se tiene peligro de incendio, en algún sitio cerrado, sustituir la atmósfera normal por un gas inerte como puede ser el nitrógeno.*

C. Llevar a cabo un proceso al vacío

- *Esterilización al vacío de alimentos.*

D. Emplear una sustancia inerte.

- *En Biología, se aplica aceite mineral inerte sobre la superficie de un medio de cultivo bacteriano para evitar el contacto con el oxígeno del aire.*

Principio N° 16.- Acción parcial o excesiva.

Acciones parciales o excesivas. Si el 100% del objetivo es difícil de alcanzar usando un método de solución dado, el problema puede ser resuelto de manera considerablemente más fácil usando ligeramente menos o ligeramente mas del mismo método.



- *En ejemplo clásico es el de zambullir un cepillo en pintura para adquirir exceso de pintura, después permitir que el exceso gotea. De forma similar, agregar un estencil a la superficie a pintar, entonces pintarla completa. Cuando el estencil es quitado, el objetivo será logrado y el estencil tendrá el exceso de pintura con él.*
- *Si la mercadotecnia no pueda alcanzar a los clientes posibles, una solución pudiera ser el seleccionar un subgrupo con alta densidad de compradores en prospectiva y concentrar los esfuerzos en ellos. Otra solución es una acción excesiva: la transmisión de publicidad alcanzaría a mucha gente que no son compradores potenciales, pero la audiencia objetivo podría ser incluida en el grupo que es alcanzado.*
- *Paquetes perforados son más fáciles para abrir (cortar un poco, pero sin contar todo).*
- *Preparando bocetos y conceptos que ayuden a muchos escritores a finalizar sus resultados mas rápido.*

Principio N° 22.- Convertir algo negativo en benéfico.

Cambia la apariencia. “Convierte los limones en limonada.” Usa factores dañinos en efectos positivos. Elimina la acción dañina principal sumándole otra acción dañina para resolver el problema. Amplifica un factor dañino a tal grado que este ya no sea tan dañino.

- *Las cargas eléctricas son dañinas en los procesos de control. Pueden causar explosiones, destruir componentes electrónicos. También pueden dar información para la optimización del proceso.*
- *Los virus atacan a las computadoras. Pero cada ataque provee de información para resistir otro ataque.*

Dado que los olores se generan sobre la superficie del objeto estacionario, la alternativa **39** es la más adecuada, es decir, aplicar “algo” inerte en la superficie del objeto estacionario. Tal solución ya se aplica y, comercialmente, se venden mingitorios “secos”, a los cuales se les adiciona un líquido aromatizado que es menos denso que los orines y por lo tanto flota siempre sobre ellos, formando una barrera física que evita los malos olores. La pequeña cantidad del líquido que se pierde, por arrastre, se repone cada día, adicionando unos cuantos centímetros cúbicos. Con esta medida se ahorran miles de litros de agua; la literatura reporta que dicho ahorro es de entre 100,000 y 140,000 litros por mingitorio por año, dependiendo de las veces que se usa el mueble. El tiempo de recuperación del orinal varía entre uno y dos años.



Seguidamente se muestra una publicidad sobre este producto tomada de la web.

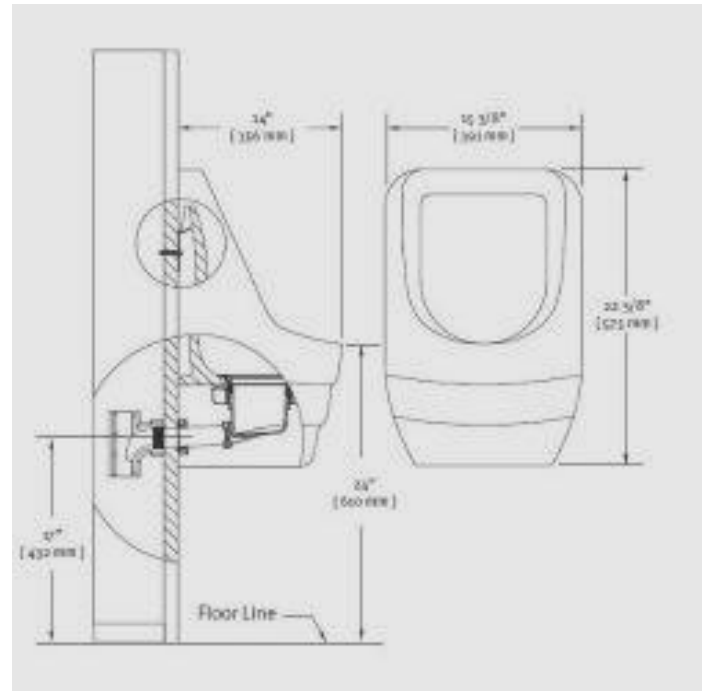


Fig. 9 – Foto y plano de mingitorio que no utiliza agua.

Mingitorios Ecológicos Sin AGUA!!!

Diversas marcas a elegir en un mismo modelo. (AmericanStandard, Sloan, Falcon, Sinaqua)
Modelo U4-F4000 de calidad internacional en cerámica vitrificada.

Los mingitorios ecológicos-secos tienen como meta, reducir el consumo excesivo de agua, costos de alcantarillado, mantenimiento y altos costos de facturas por reparaciones, así como crear un ambiente más higiénico.

Son baños libres de olores ya que un patentado cartucho sellador elimina la necesidad de agua. La conservación de este vital líquido es al rededor de 40.000 galones (152.000L aprox) por unidad cada año. COMPROBADO.

Comprar e instalar productos originales probados con más de 10 años de presencia en México y más de 15 años al rededor del mundo es menos costoso que unidades manuales y automáticas de fluxómetros ya que las valvulas de descarga no son necesarias.



Los costos de mantenimiento y los problemas de vandalismo asociado a las valvulas de descarga también se eliminan.

Los mingitorios ecológicos pueden reemplazar fácilmente cualquier mingitorio convencional existente. Los mingitorios ecológicos no usan fluxómetro y tampoco requieren de agua para su funcionamiento, la orina fluye por las paredes del mingitorio hacia una trampa con duración de hasta 10,000 usos.



Figura 10 – Corte esquemático de la unidad operativa del mingitorio no convencional y foto en detalle del mismo. Plano de un mingitorio normal convencional.



CASO DE ESTUDIO 2.-²

REDUCIR EN UN 50% EL CONSUMO DE AGUA EN LAS LLAVES DE UN LAVABO DOMÉSTICO

Cuando una persona se lava las manos, para eliminar suciedad y jabón, debe aplicar agua, dejándola correr por un tiempo determinado hasta que las manos quedan libres de jabón y suciedad.



Figura 11 – Grifo para agua común.

La contradicción que hay que resolver es: Si no se emplea agua o se usa una cantidad muy pequeña, el lavado de las manos no es adecuado y queda jabón y suciedad sobre ellas.

Objeto en movimiento: el agua.

Objeto estacionario: las manos enjabonadas y suciedad.

² Caso tomado del libro: TRIZ, LA METODOLOGÍA MÁS MODERNA PARA INVENTAR O INNOVAR TECNOLÓGICAMENTE DE MANERA SISTEMÁTICA. Margarito Coronado Maldonado, Rafael Oropeza Monterrubio y Enrique Rico Arzate. Panorama Editorial. 1ra Edición 2005. México



A mayor tiempo de acción del objeto móvil (agua) mejor se lavan las manos.

Parámetro 15. Si se emplea poca agua, el objeto estacionario queda enjabonado y sucio, lo que significa un efecto indeseable. **Parámetro 31.**

Dado que los parámetros en conflicto son los mismos que en el ejemplo anterior, la matriz de contradicción sugiere los mismos principios:

Principio N° 16.- Acción parcial o excesiva.

Principio N° 21.- Hacerlo a mayor velocidad.

Principio N° 22.- Convertir algo negativo en benéfico.

Principio N° 39.- Ambiente inerte.

Ya existen en el mercado las llamadas “llaves ahorradoras”, que tienen un diseño especial, en la salida del agua, que mezclan el aire con el líquido y así, con menos agua, se tiene una mejor limpieza. Los ahorros estimados son cercanos al 50%. Dichas llaves se pueden adquirir en cualquier tienda de autoservicio.



Figura 12 – Despiece de la llamada “llave ahorradora”



Figura 13 – “Llave ahorradora” armada



Figura 14 – Se puede apreciar la diferencia del agua vertida por un grifo común (foto de la derecha) y por un grifo con “llave ahorradora” (foto de la izquierda).

Es interesante hacer la siguiente observación. Estos dos primeros problemas planteados, fueron elegidos con el propósito adicional de ver que si bien son dos problemas de sistemas tecnológicos distintos, sin embargo, eso no impide que los parámetros en conflicto puedan ser iguales, y que incluso el principio inventivo que se sigue como solución sea el mismo. Ese fue el criterio que encararon Altshuller y sus colaboradores al iniciar la faraónica obra de



*Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Gral. Pacheco*



estudiar más de un millón de patentes. De esto derivan todas las herramientas de TRIZ, una de las cuales es la presente, las otras, serán abarcadas, algunas, en clases posteriores.

Los siguientes ejemplos están seleccionados de modo de trabajar otros parámetros en conflicto.



CASO DE ESTUDIO 3.-³

PROBLEMA DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA DE UN ESTANQUE

Se tiene una granja integral en la cual se producen peces en un estanque. En condiciones normales el contenido de oxígeno del agua es muy bajo y por lo tanto ese factor afecta negativamente la productividad, por lo cual se debe aumentar dicha concentración de alguna manera.

La concentración de oxígeno disuelto en el agua del estanque se puede aumentar haciendo burbujear aire dentro de ella, mediante un compresor y difusores colocados en el fondo del mismo, pero aún así no se alcanza el nivel deseado del gas. Ello se debe a que el aire solamente contiene 21% de Oxígeno y el resto es Nitrógeno y pequeñas cantidades de otros gases. Además, al burbujear aire dentro del agua, no todo el oxígeno se disuelve y gran parte de él se pierde de nuevo a la atmósfera.

Otra opción sugerida es que se adicione algún producto químico que al contacto con el agua, se genere oxígeno, sin embargo ello contaminaría el sistema.

Empleando los **39 Parámetros** de TRIZ se llega a las siguientes conclusiones:

Parámetro que se desea mejorar: **Productividad**, o sea el **Parámetro 39 "Capacidad/Productividad"**.

³ Caso tomado del libro: Altshuller, G. 2002. "40 principios: TRIZ key to technical innovation". Technical Innovation Center, Inc. EUA.



El oxígeno es la sustancia que se pierde durante la producción de peces, por lo que se considera el **Parámetro 23 “Pérdida de sustancia”**.

Con **39** y **23** se entra a la matriz de contradicción, la cual sugiere los siguientes principios:

Principio 28.- Reemplazar el sistema mecánico.

Principio 10.- Acción previa.

Principio 35.- Transformación de propiedades.

Principio 23.- Retroalimentación.

Principio 28. Reemplazo de sistemas mecánicos

A. Reemplazar un medio mecánico por un sensor (óptico, acústico, gustativo u olfatorio).

- *Reemplazar un cerco físico para confinar un perro o gato con un cerco acústico (señal audible animal).*

- *Usar un compuesto de aroma desagradable en el gas natural para alertar a los usuarios de la pérdida, en lugar de un mecanismo o sensor eléctrico.*

B. Usar campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos para actuar recíprocamente con el objeto.

- *Mezclar dos polvos, electrostáticamente, uno cobre positivo y el otro negativo. Lo cual permite dirigirlo a través de un campo eléctrico hacia la superficie a pintar.*

C. Cambiar desde campos estáticos hacia campos móviles, de campos no estructurados a aquellos que tienen estructura.

- *Las comunicaciones primitivas utilizaron la radiodifusión omnidireccional. Nosotros utilizamos las antenas, ahora, con estructura muy detallada del modelo de radiación.*

D. Usar campos en conjunción con otros campos (por ejemplo el ferromagnético) partículas activadas.

- *Calentar una sustancia que contiene material ferromagnético variando el campo magnético. Cuando la temperatura excede la temperatura de Curie, el material se vuelve paramagnético, y ya no se absorbe calor.*

Principio 10.- Acción previa.

A. Llevar a cabo una acción anticipada

- *Colocar una cuerda de reloj para rebobinar una cinta de medición.*



- Operarios que arreglan su área de trabajo de tal manera que las herramientas mas frecuentes (incluso cosas físicas como papel o electrónicos) sean mas fáciles de alcanzar.
 - Efectos de demostración de TV, siempre tienen platos aseados y preparados con los ingredientes ya medidos.
- B. Arreglar o preparar objetos de manera anticipada, de tal forma que entren en acción en el momento de ser requeridos**
- Inyectar una sustancia ablandadora a la carne, para que se suavice cuando se cocine.
 - El empaquetado perforado con anterioridad es fácil de abrir.
 - Partes pre cortadas para la construcción de casas de madera ahorran trabajo en el sitio de construcción.

Principio 35.- Transformación de propiedades.

A. Cambio del estado físico de algún componente del sistema tecnológico.

- Licuado del gas para su almacenamiento o transporte con lo que se reduce su volumen en gran medida.

B. Cambio de concentración o densidad.

- Deshidratación de frutas y verduras.

C. Cambio de temperatura.

- Pasteurización de la leche cuando se aumenta su temperatura a 63 grados Celsius, durante 30 minutos, y luego, enfriándola rápidamente para ser envasada a 10 grados Celsius.
- Cambie la temperatura de fundición del chocolate para que no se funda cuando temperaturas altas.

Principio 23.- Retroalimentación.

A. Introducir la retroalimentación (refiriéndose atrás, chequeo cruzado) para mejorar un proceso o acción.

- Control del volumen automático en los circuitos audio.
- Señal giroscópica que se usa para controlar el piloto automático del avión.
- Control Estadístico de Procesos (CEP)--se usan mediciones para decidir cuándo modificar un proceso. (No todos los sistemas de retroalimentación están automatizados)
- Presupuestos--se usan como medidas para decidir cuándo modificar un proceso.

B. Si la retroalimentación ya se usa, cambie su magnitud o influencia.

- Cambiar la sensibilidad del piloto automático de una aeronave cuando está dentro de 5 millas de un aeropuerto.



- *Cambiar una medida de dirección desde el presupuesto variable para la satisfacción del cliente.*
- *Cuando la presión de salida de agua de un pozo controlada por sensor disminuye, se activa una bomba para recuperarse.*

Existen varias soluciones posibles a éste problema, una de ellas puede ser un compresor mediante el cual se mezcla agua y aire, en una cámara de alta presión, antes de que el agua sea enviada al estanque, con lo que ésta se satura de oxígeno. Las sugerencias tomadas son el **Principio 10, Acción previa** y el **Principio 35, Transformación de propiedades**, en ese caso del agua al saturarla. El agua saturada se envía al estanque y la productividad aumenta.

Otra sugerencia es inyectar oxígeno puro al flujo de agua que alimenta el estanque (sugerencia **10**) y si es posible, disminuir un poco la temperatura del agua de repuesto ya que la solubilidad de los gases en agua es inversamente proporcional a su temperatura. En Israel, se tiene un sistema de producción piscícola, en gran escala, en la cual se inyecta oxígeno puro al agua de los estanques. El oxígeno se obtiene mediante electrólisis del agua y la electricidad se genera mediante celdas fotovoltaicas que aprovechan la energía solar. Como la molécula de agua es H_2O , durante su descomposición, también se obtiene hidrógeno que es un combustible muy limpio y que puede ser comercializado con lo que todo el sistema se hace sustentable, económica y ecológica.



CASO DE ESTUDIO 4.-⁴

PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA ESCORIA DE LA ARTICULACIÓN DE DIRECCIÓN

Volkswagen de México SA de CV, la conocida industria automovilística alemana, se ha convertido en la primera empresa en México y quizás en América Latina que utiliza la metodología TRIZ con el fin de mejorar sus procesos de producción. La línea de fabricación de la fundición de una de sus piezas de seguridad, a saber, la articulación de dirección, ha presentado problemas de calidad. Es una pieza estratégica para la seguridad de los pasajeros en los automóviles, ya que está vinculada con la dirección, los amortiguadores y con las ruedas delanteras. Se han identificado dos grandes problemas: uno es la escoria y el otro se refiere a la arena para la fabricación de moldes. Se originan demasiados desechos, hay problemas por la contracción durante la solidificación, porosidad, que son todas causas de un alto porcentaje de desperdicios o repetición del trabajo. En este caso vamos a analizar el primero de ellos.

⁴ Este caso (adaptación) fue tomado de: Edgardo CORDOVA LOPEZ, INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE-ENSIACET, Laboratoire de Génie chimique; Germain LACOSTE, Directeur de l'ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE TARBES Laboratoire de Génie Chimique; Jean-Marc LE LANN, Responsable du Département Genie Industriel Laboratoire de Génie Chimique, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES INGENIEURS EN ARTS CHIMIQUES ET TECHNOLOGIQUES (INPT-ENSIACET).



INTRODUCCIÓN

Vamos a analizar el problema de la arena de retorno cuya especificación no cumple en absoluto.

RETORNO DE LA ARENA MUY CALIENTE

Este problema se observa cuando la arena vuelve a su área de reutilización para la fabricación de moldes. Esta llega demasiado caliente (más de 39 ° C) y de acuerdo con los parámetros esto no es aceptable ya que puede alterar sus propiedades físicas, su humedad principalmente. A pesar de que se añade una cierta cantidad de agua a temperatura ambiente, no se logra que la arena alcance la temperatura deseada.

Por otro lado, añadir un exceso de agua para alcanzar la temperatura apropiada (32-35 grados) retrasa el proceso y aumenta los costos demasiado, ya que posteriormente sería necesario retirar el exceso de humedad, este problema también puede generar otro problema importante, la porosidad.

Una contradicción técnica deben ser eliminada: la temperatura de la arena debe disminuir, y por otro lado, la capacidad de reparación, es decir, si la arena supera los 38 ° C, tendrá menos capacidad para ser reutilizada.

De acuerdo con la matriz de Altshuller, en la columna **34, Capacidad de reparación** y en la línea **17, Temperatura**, nos encontramos con los números que corresponden a los **Principios de Inventiva: 4, 10 y 16**. Veamos cada uno de ellos.



Principio 4. Asimetría

A. Cambiar la forma de un objeto de simétrico a asimétrico.

- Tanque de mezclados asimétricos mejoran el mezclado o también las paletas asimétricas en los recipientes simétricos mejoran la mezcla (camiones de cemento, mezcladores de pastelería, batidoras).

- Fresado plano en una punta de un eje para sujetar una perilla con un tornillo.

B. Si un objeto es asimétrico, aumente su grado de asimetría.

- Cambiar de un O-ring de sección circular a uno oval para mejorar el sellado.

- Usar ópticas astigmáticas para fusionar los colores.

- Incrementando asimetría en la forma del pistón del motor (Reanult Megane y el Mitsubishi GDI)

Interpretación:

La banda que transporta la arena a su área de reutilización es normalmente uniforme (simétrica) en su movimiento ascendente. Sería recomendable que ésta tenga un movimiento irregular (asimétrica), es decir no uniforme, pero en pequeños impulsos a fin de que la arena se someta a un ligero desplazamiento con respecto a la banda y por lo tanto permite evitar el aislamiento de la arena en capas internas, contactándose con el aire una mayor cantidad de arena y no sólo la arena que está en la superficie con el movimiento uniforme.

Principio 10. Acción Previa

A. Realizar, antes de que sea necesario, el cambio requerido de un objeto (ya sea total o parcialmente).

- Pre-pegado de papel en la pared
- Esterilizar todos los instrumentos necesarios para un procedimiento quirúrgico en una bandeja de sellado.

B. Pre-organizar los objetos de manera que puedan entrar en acción desde el lugar más conveniente y sin perder tiempo.

- Los arreglos Kanban en una fábrica con Just-in-Time.
- Celda de manufactura flexible.
- Partes precortadas para la construcción de casas de maderas.

Interpretación:



Este principio sugiere que la banda que transporta la arena hacia su área de reutilización sea humedecida previamente con agua fría con el fin de neutralizar la temperatura con la que llega luego de su proceso de desmoldeo.

Principio 16. Acciones parciales o excesivas

A. Si el 100 por ciento de un objeto es difícil de conseguir utilizando un método de solución dada a continuación, mediante el uso de "ligeramente inferior" o "ligeramente más 'del mismo método, el problema puede ser considerablemente más fácil de resolver.

- *Agregar un estencil a la superficie a pintar, entonces pintarla completa. Cuando el estencil es quitado, el objetivo será logrado y el estencil tendrá el exceso de pintura con él.*
- *Paquetes perforados son más fáciles para abrir (cortar un poco, pero sin contar todo).*
- *Preparando bocetos y conceptos que ayuden a muchos escritores a finalizar sus resultados mas rápido.*
- *Si la mercadotecnia no pueda alcanzar a los clientes posibles, una solución pudiera ser el seleccionar un subgrupo con alta densidad de compradores en prospectiva y concentrar los esfuerzos en ellos. Otra solución es una acción excesiva: la transmisión de publicidad alcanzaría a mucha gente que no son compradores potenciales, pero la audiencia objetivo podría ser incluida en el grupo que es alcanzado.*

Interpretación:

Es posible que los métodos propuestos no sean absolutamente adecuados para alcanzar el objetivo de obtener el enfriamiento deseado partiendo de la arena muy caliente y que por esta razón tenga la propiedad de mantener la temperatura. Sería recomendable que la arena se mueva por la banda en forma de capas delgadas en lugar de gruesas, de modo de aumentar la superficie de exposición de la arena que está en contacto con el aire y, por lo tanto, la capa inferior que está en contacto con la banda húmeda como la de la capa exterior tendrá un sistema propio de refrigeración, la función de equilibrar la temperatura de toda la arena que llega a la tolva justo antes de su reutilización. Esto puede obtenerse aumentando la velocidad de la banda.



Observaciones:

La solución ideal es enviar toda la arena a través del aire sin la necesidad de ningún tipo de banda, la arena llega a la tolva fría, pues toda la arena estaría en contacto con el aire. Esta solución debe inspirarnos para dar la mejor alternativa en este proceso.

Si analizamos el principio 4 (Asimetría), podemos adecuar la siguiente alternativa ya que toda la arena puede estar en contacto con el aire:

Para salir del movimiento continuo, se puedan adaptar placas helicoidales pequeñas en diferentes puntos del trayecto de la arena (Fig. 15 y 16). El objetivo es mantener la arena en contacto con el aire el mayor tiempo posible. Estas placas se colocan en el exterior y en la parte central de la banda.



Figura 15 y 16 - Placas helicoidales en la central y lateral parte de la banda.

Esta solución permite el dinamismo de la arena con el fin de que éste presenta todas sus capas en la parte externa. Esta solución es la más cercana a la solución ideal y tiene la ventaja de que prácticamente no consume energía ni requiere coste adicional ni un gran cambio en el diseño de la banda ni en su mecanismo de transmisión, cumpliendo su objetivo de enfriamiento.



Esta solución fue aceptada e implementada (Fig. 17 y 18), logrando una reducción de la temperatura de arena entre tres y cuatro grados durante su recorrido por la banda transportadora hacia la tolva de depósito.



Figura 17 y 18 - Elaboración y la instalación de las placas helicoidales.



CASO DE ESTUDIO 5.-

EL PROBLEMA DEL DISEÑO DE LA LATA DE GASEOSA

Los parámetros de ingeniería en conflicto para las latas de bebidas pueden ser **4, Longitud de un objeto inmóvil** y **11, Tensión**. La característica para mejorar es el espesor de pared de la lata o **4, Longitud de un objeto inmóvil** y el efecto secundario indeseable es la pérdida de capacidad de carga u **11, Presión, tensión**. Buscando éstos en la tabla de Contradicciones, nosotros encontramos los números **1, 14, y 35** en la en la intersección de la celda.

Principio 1. Segmentación

A. Dividir un objeto en partes independientes.

- Reemplazar un sistema informático grande por computadoras personales.
- Reemplazar un camión grande por un camión y un remolque.
- Usar una estructura de trabajo desensamblada para un proyecto grande.

B. Hacer un objeto fácil de desmontar.

- Un mobiliario Modular
- Acoplamiento rápido para conexiones.

C. Incrementar el grado de fragmentación o segmentación.

- Reemplazar las ventanas sólidas con persianas venecianas.
- Usar metal en polvo para soldar en vez de usar el metal en varilla o lámina para mejorar la penetración.
- Hacer uso del agua en forma de niebla en vez de gotas para extinguir fuegos.

Para el ejemplo, usaremos el **Principio 1 C, Aumentar el grado de segmentación de un objeto**, la pared de la lata podría cambiarse desde una pared continua, lisa hacia una superficie arrugada u ondulada compuesta de muchas “paredes pequeñas”. Esto aumentaría la resistencia del borde de la pared permitiendo usar un menor espesor de pared. Ver figura 19.

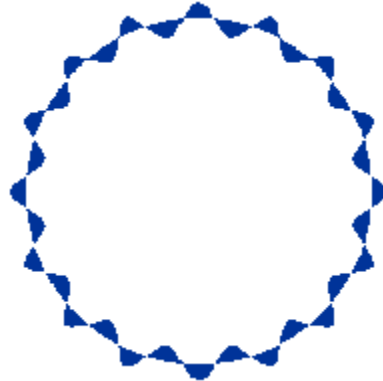


Figura 19 - Sección en corte transversal de la pared de la lata corrugada.

Principio 14. Esfericidad

A. En lugar de usar partes rectilíneas, superficies, o formas, usar una curvilínea; mover desde superficies planas a uno esféricas; desde partes formadas como un cubo (el paralelepípedo) a las estructuras de forma esferoidal.

- Usar arcos y domos para resistencia en arquitectura.
- Forma de banana en teléfono celular.

B. Usar rodillos, esferas, espirales y domos.

- Engranaje helicoidal que produce una resistencia por contacto continuo en un levantamiento de pesos.
- Bolígrafos y plumas con punto de rodillo para la distribución de tinta.

C. Ir desde un movimiento lineal a uno rotatorio, usar fuerzas centrífugas.

- Producir el movimiento lineal del cursor en la pantalla de la computadora usando un mouse o un trackball.
- Reemplazar el secado de ropa a rodillo, que retuerce a la ropa para quitar el agua de la ropa por el centrifugado de la misma.
- Usar dispositivos de ruedas esféricas en lugar de ruedas cilíndricas para mover el mobiliario.
- Parrilla espiedo en cambio de parrilla fija movable.

D. Utilizar una fuerza centrífuga

- Uso de fuerza centrífuga, ejemplo: en Ing. Química, el empleo de máquinas centrífugas para separar los distintos componentes de mezclas líquidas que tienen diferentes densidades.
- Ruleta para lechuga - utiliza fuerza centrífuga para eliminar el agua de las hojas después del lavado.



Principio 14 A, el ángulo perpendicular en que la mayoría de las tapas de las latas se sueldan a la pared, puede cambiarse por una curva. Ver figura 20.



Figura 20 - La resistencia de la esferoidalidad, da la capacidad para soportar la carga sobre la lata. El ángulo perpendicular ha sido reemplazado con una curva.

Principio 35. Cambios de parámetro

A. Cambio del estado físico de un objeto (por ejemplo a un gas, líquido, o sólido).

- Congelar el centro líquido relleno de dulces, luego sumergir esta masa fría en chocolate fundido, en lugar de manejar el líquido caliente.
- Transportar oxígeno o nitrógeno o gas de petróleo como un líquido, en lugar de un gas, para reducir el volumen.

B. Cambiar la concentración o consistencia.

- El jabón de mano líquido se concentra y resulta más viscoso al punto de uso, haciéndose más fácil para distribuir en la cantidad correcta y más sanitario cuando se comparte con varias personas.

C. Cambiar el grado de flexibilidad.

- Usar amortiguadores ajustables para reducir el ruido de partes que entran en un recipiente restringiendo el movimiento de las paredes del recipiente.
- Vulcanizar caucho para cambiar su flexibilidad y durabilidad.

D. Cambiar la temperatura.

- Elevar la temperatura sobre el punto Curie para cambiar de una sustancia ferromagnética a una sustancia paramagnética.
- Elevar la temperatura de la comida para cocinarla. (Cambiar sabor, aroma, textura, propiedades químicas, etc.)
- Bajar la temperatura de especímenes médicos conservándolos para el análisis posterior.

Cambiar la composición de la aleación del material de la pared de la lata hacia uno de mayor resistencia, para aumentar la capacidad de carga.



En menos de una semana, el inventor Jim Kowalik pudo proponer más de veinte soluciones utilizables a la industria de la bebida enlatada, varios fueron adoptados.



CASO DE ESTUDIO 6.-

PROBLEMA DEL EMBOTELLADO DE AGUA OXIGENADA⁵

RESUMEN:

Existen varios procesos industriales en los cuales se manejan soluciones acuosas en las que se genera espuma indeseable en la superficie. La espuma produce pérdida de tiempo productivo lo que hace necesario eliminarla rápidamente.

INTRODUCCIÓN:

La generación de espuma sobre la superficie de soluciones acuosas es un problema que genera ineficiencias y pérdida de tiempo en los procesos y por lo tanto es necesario resolver mediante alternativas innovadoras. El problema a exponer se originó en una industria fabricante de agua oxigenada (H₂O₂) en México.

DESARROLLO DEL TEMA

DESCRIPCIÓN PARTICULAR DEL PROBLEMA:

Durante la producción del agua oxigenada se genera una solución supersaturada de oxígeno, el cual fácilmente genera espuma indeseable sobre la superficie del líquido y sobre todo en las etapas de trasvasado de un recipiente a otro. Dicha espuma permanece sobre el líquido durante un lapso de tiempo que

⁵ Tomado de "APLICACIÓN DE TRIZ, PARA RESOLVER UN PROBLEMA DE EXCESO DE ESPUMA SUPERFICIAL EN SOLUCIONES ACUOSAS. 2^{do} Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Monterrey 2007.



varía entre 4 y 8 minutos dependiendo del volumen manejado y del tipo de recipiente. Ese tiempo se considera perdido ya que los operarios deben esperar a que desaparezca la espuma para continuar con el proceso regular. Otros factores que afectan la generación de espuma son: Presión sobre la superficie del agua oxigenada, que en este caso fue la atmosférica y la temperatura del agua oxigenada.

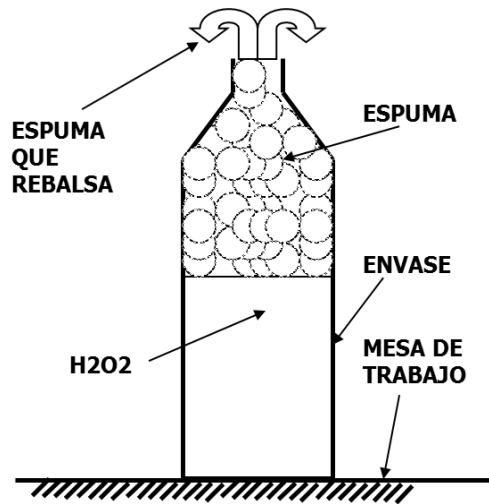


Figura 21 – Problema de formación de espuma durante el proceso de envasado del agua oxigenada.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

La espuma solamente se produce en la superficie del líquido, “zona de conflicto”, durante el proceso de trasvase de un recipiente a otro y como objetivo se plantea eliminarla en el menor tiempo posible.

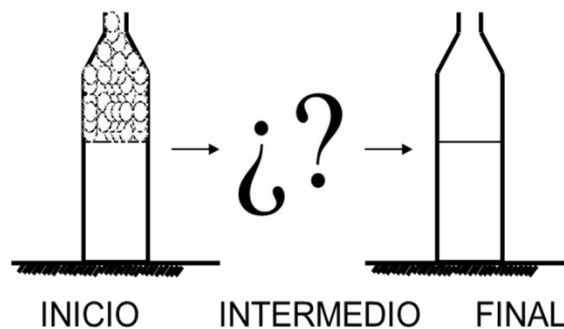


Figura 22 - ¿Cuál es la acción intermedia?



PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA “MATRIZ DE CONTRADICCIÓN”

Parámetros para resolver el problema

Atributo o atributos que deben mejorarse:

Parámetro 39.- Capacidad o productividad

Parámetro 25.- Evitar pérdida de tiempo

Atributo o atributos que empeoran:

Parámetro 9.- Velocidad

Lo que significa pérdida de velocidad de los procesos y disminución en la productividad.

Parámetro 23.- Pérdida de sustancia

Principalmente en el proceso del agua oxigenada, en el cual se pierde parte del oxígeno.

BÚSQUEDA DE SOLUCIÓN:

Primera combinación para resolver el problema: **Parámetros 39 vs 9**. La Matriz de Contradicción no sugiere ningún principio, lo que significa que se debe emplear otra herramienta más poderosa del TRIZ como ser las relaciones “**Sustancia Campo**” (no lo emplearemos en esta clase).

SEGUNDA COMBINACIÓN: 39 vs 23. La matriz de contradicción sugiere: **28, 10, 35, y 23**.



Principio 28. Reemplazo de sistemas mecánicos

A. Reemplazar un medio mecánico por un sensor (óptico, acústico, gustativo u olfatorio).

- Reemplazar un cerco físico para confinar un perro o gato con un cerco acústico (señal audible animal).
- Usar un compuesto de aroma desagradable en el gas natural para alertar a los usuarios de la pérdida, en lugar de un mecanismo o sensor eléctrico.

B. Usar campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos para actuar recíprocamente con el objeto.

- Mezclar dos polvos, electrostáticamente, uno cobre positivo y el otro negativo. Lo cual permite dirigirlo a través de un campo eléctrico hacia la superficie a pintar.

C. Cambiar desde campos estáticos hacia campos móviles, de campos no estructurados a aquellos que tienen estructura.

- Las comunicaciones primitivas utilizaron la radiodifusión omnidireccional. Nosotros utilizamos las antenas, ahora, con estructura muy detallada del modelo de radiación.

D. Usar campos en conjunción con otros campos (por ejemplo el ferromagnético) partículas activadas.

- Calentar una sustancia que contiene material ferromagnético variando el campo magnético. Cuando la temperatura excede la temperatura de Curie, el material se vuelve paramagnético, y ya no se absorbe calor.

Para atenuar el problema de la generación de espuma en el proceso de trasvasado del agua oxigenada, se recurrió, en primer lugar, a llenar los recipientes por la parte inferior disminuyendo un poco el problema pero no eliminándolo.

Principio 10. Acción preliminar

A. Ejecutar antes de que se necesite los cambios requeridos de un objeto (totalmente o parcialmente).

- Aplicar adhesivo para el papel de la pared.
- Esterilizar todos los instrumentos necesarios para un procedimiento quirúrgico en una bandeja sellada.

B. Objetos prearreglados tales que ellos puedan venir en acción desde los lugares más conveniente y sin pérdida de tiempo para su entrega.

- Los arreglos de Kanban en una fábrica Just-in-Time.
- Celda de manufactura flexible.
- Partes precortadas para la construcción de casas de maderas.

No parece aplicarse a este problema.



Principio 23. Retroalimentación

A. Introducir retroalimentación (refiriéndose hacia atrás, chequeo cruzado) para mejorar un proceso o acción.

- Control del volumen automático en circuitos de audio.
- Señal del giróscopo que se utiliza para controlar el piloto automático del avión.
- Control Estadístico Proceso (CEP)--se usan las mediciones para decidir cuándo modificar un proceso. (No todos los sistemas de retroalimentación son automatizados!)
- Presupuestos--se usan como medidas para decidir cuándo modificar un proceso.

B. Si la retroalimentación ya se usa, cambie su magnitud o influencia.

- Cambiar la sensibilidad de un piloto automático cuando está dentro de 5 millas de un aeropuerto.
- Cambiar una medida de dirección del presupuesto variable para satisfacción del cliente.
- Cuando la presión de agua de un pozo es mantenida por sensado en la presión de salida, esto permite el arranque de una bomba si la presión baja.

Significa llevar a cabo algún tipo de acción a medida que se genera la espuma. Esto significaría colocar un sensor que mida el espesor de la misma y en ese momento tomar las medidas necesarias para eliminar el problema. En el caso que se estudia, el propio operador del equipo es quién decide el momento en el que se debe aplicar la solución como se describe más adelante.

Principio 35. Cambios de parámetro

A. Cambio del estado físico de un objeto (por ejemplo a un gas, líquido, o sólido).

- Congelar el centro líquido relleno de dulces, luego sumergir esta masa fría en chocolate fundido, en lugar de manejar el líquido caliente.
- Transportar oxígeno o nitrógeno o gas de petróleo como un líquido, en lugar de un gas, para reducir el volumen.

B. Cambiar la concentración o consistencia.

- El jabón de mano líquido se concentra y resulta más viscoso al punto de uso, haciéndose más fácil para distribuir en la cantidad correcta y más sanitario cuando se comparte con varias personas.

C. Cambiar el grado de flexibilidad.

- Usar amortiguadores ajustables para reducir el ruido de partes que entran en un recipiente restringiendo el movimiento de las paredes del recipiente.
- Vulcanizar caucho para cambiar su flexibilidad y durabilidad.

D. Cambiar la temperatura.

- Elevar la temperatura sobre el punto Curie para cambiar de una sustancia ferromagnética a una sustancia paramagnética.



- Elevar la temperatura de la comida para cocinarla. (Cambiar sabor, aroma, textura, propiedades químicas, etc.)
- Bajar la temperatura de especímenes médicos conservándolos para el análisis posterior.

Es una de las soluciones que se estableció. Mediante un sistema de boquillas de aspersión, se inyectó agua oxigenada fría, sobre la espuma directamente en el momento que se formaba. Su rápida eliminación se debió a dos procesos:

- A.- El propio impacto de las pequeñas gotas de agua, destruyen las burbujas de aire o de oxígeno.
- B.- La reducción de la temperatura en la superficie del líquido evitaría la pérdida de gas y por lo tanto el volumen de espuma generado sería menor.

SEGUNDA RONDA DE CONTRADICCIONES: 25 vs 9. Sugerencias: no las hay.

ÚLTIMA COMBINACIÓN: 25 vs 23. Sugerencias 35, 18, 10 y 39.

Principio 35.- Transformación de propiedades

Se repite, lo cual significa que es muy probable que proporciones la solución, como así se demostró.

Principio 18. Vibración mecánica

A. Provocar un objeto para oscilar o vibrar.

- Cuchillo de entalladura eléctrico de hojas vibratorias.
- Caladora eléctrica.

B. Aumentar su frecuencia (incluso al ultrasónico).

- Distribuir polvo con vibración.

C. Usar la frecuencia resonante de un objeto.

- Destruir piedras de bilis o el riñón desmenuzándolas mediante resonancia ultrasónica.

D. Usar vibradores piezoeléctricos en lugar de mecánicos.

- Oscilaciones del cristal de cuarzo para relojes de gran exactitud.

E. Uso combinado de oscilaciones de campos ultrasónicos y electromagnéticos.



- Mezclar aleaciones en un horno de inducción.
- Filtración electroacústica puede ser incrementada su eficiencia entre siete y diez veces.

Es decir que por medio de algún sistema que genere ondas sonoras es posible eliminar la espuma.

Principio 10.- Acción anticipada

No parece aplicarse a este problema.

Principio 39.- Ambiente inerte.

A. Reemplazar un ambiente normal con uno inerte. Agregue partes neutras o aditivos inertes a un objeto o sistema.

-Gases inertes (como anhídrido carbónico o argón) se usan en soldadura para prevenir oxidación del material a soldar.

B. Reemplazar el ambiente natural con otro inerte.

-Cuando se tiene peligro de incendio, en algún sitio cerrado, sustituir la atmósfera normal por un gas inerte como puede ser el nitrógeno.

C. Llevar a cabo un proceso al vacío

-Esterilización al vacío de alimentos.

D. Emplear una sustancia inerte.

-En Biología, se aplica aceite mineral inerte sobre la superficie de un medio de cultivo bacteriano para evitar el contacto con el oxígeno del aire.

No parece tener aplicación en este caso.



SOLUCIÓN YA EN FUNCIONAMIENTO CON BASTANTE ÉXITO:

Aplicar agua oxigenada fría, sobre la superficie del líquido en el momento en que se forma la espuma, mediante un aspersor simple como el empleado para regar agua sobre el césped.

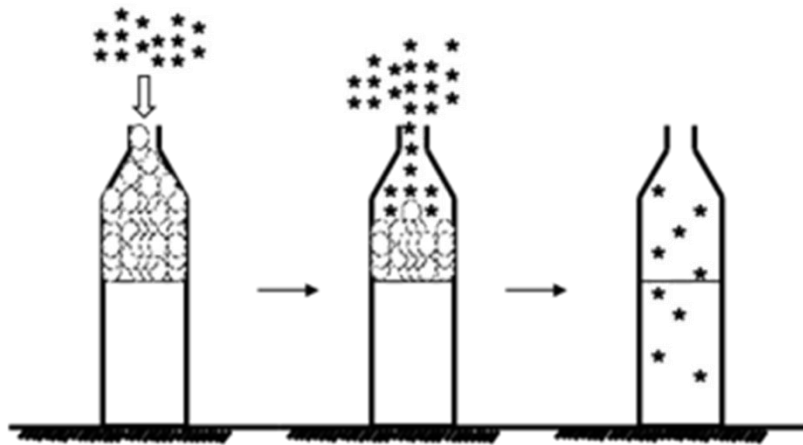


Figura 23 – Aplicación de la solución destruyendo las burbujas de la espuma.



CASO DE ESTUDIO 7.-

INCREMENTAR LA POTENCIA DE UN AUTOMÓVIL SIN REDISEÑAR EL MOTOR

Se desea incrementar la potencia de un automóvil sin rediseñar el motor o emplear otro tipo de combustible. Este es el parámetro o atributo deseable, que se identifica como el número **21, Aumento de la velocidad en acciones riesgosas**, en las características de los sistemas tecnológicos.

El atributo que automáticamente aumenta es el consumo de combustible.

Aquí se tienen tres parámetros con los cuales enfrentar el problema:

Parámetro 19.- Energía consumida por el objeto en movimiento.

Parámetro 22.- Pérdida de energía.

Parámetro 23.- Pérdida de materia que sería el aumento en el gasto de la gasolina.

Con la primera combinación, **21 vs 19**, se ingresa en la “Matriz de contradicción” obteniéndose los principios de inventiva siguientes: **16, 6, 19 y 37**.

Principio N° 16.- Acción parcial o excesiva.

Acciones parciales o excesivas. Si el 100% del objetivo es difícil de alcanzar usando un método de solución dado, el problema puede ser resuelto de manera considerablemente más fácil usando ligeramente menos o ligeramente más del mismo método.

- *Un ejemplo clásico es el de zambullir un cepillo en pintura para adquirir exceso de pintura, después permitir que el exceso gotee. De forma similar, agregar un estencil a la superficie a pintar, entonces pintarla completa. Cuando el estencil es quitado, el objetivo será logrado y el estencil tendrá el exceso de pintura con él.*
 - *Si la mercadotecnia no pueda alcanzar a los clientes posibles, una solución pudiera ser el seleccionar un subgrupo con alta densidad de compradores en prospectiva y concentrar los esfuerzos en ellos. Otra solución es una acción excesiva: la transmisión de publicidad alcanzaría a mucha gente que no son*



compradores potenciales, pero la audiencia objetivo podría ser incluida en el grupo que es alcanzado.

- Los paquetes perforados son más fáciles para abrir (cortar un poco, pero sin contar todo).
- Preparar bocetos y conceptos que ayuden a muchos escritores a finalizar sus resultados más rápido.

Tampoco parece tener aplicación si se considera que el automóvil ya emplea el combustible con la eficiencia máxima para la cual fue diseñado.

Principio 6.- Universalidad

A. Hacer que un producto u objeto realice múltiples funciones, eliminando la necesidad por otras partes.

- Manipuleo de un cepillo de dientes que contiene pasta dentífrica.
- Asiento de seguridad para niños en automóviles, que se convierte en andador.
- Cortadora de césped y abonadora (Se demuestra ambos Principios 5 y 6).
- Un comunicador Nokia combina teléfono, fax, internet y otras en un solo dispositivo.
- Diseño de motor que combina el volante, alternador y arranque en un solo componente (Opel, Toyota, etc.).
- Impresora, copiadora.

B. Usar características estandarizadas.

- Utilización de las normas, por ejemplo, en cantidad de medidas kg, litros, etc
- Diámetros de lata estándar para facilitar el apilamiento.

Que el sistema tecnológico lleve a cabo varias funciones que normalmente tienen otros objetos. En el presente problema no parece tener aplicación práctica.

Principio 19.- Acción periódica

A. En lugar de la acción continua, usar acción periódica o pulsante.

- Golpear repetidamente con un martillo alguna cosa.
- Reemplazar una sirena continua con un sonido pulsado.
- Cambiar características de manufacturas pequeñas, serie orientada al cliente, en cambio de una gran serie.

B. Si una acción ya es periódica, cambiar la magnitud de la frecuencia periódica.

- Usar modulación de frecuencia para llevar la información, en lugar de alfabeto Morse.



- Reemplazar una sirena continua con sonido que cambia de amplitud y frecuencia.
- C. Usar pausas entre los impulsos para realizar una acción diferente.**
- En la respiración cardíaco-pulmonar (RCP) respire después de cada 5 compresiones del pecho.

Principio 37.- Expansión térmica

A. Usar la expansión térmica o contracción de los materiales.

- Ajustar la firmeza de una junta enfriando la parte externa para contraer y calentar la parte interna para dilatar.
- B. Si la expansión térmica está utilizándose, usar materiales múltiples con coeficientes diferentes de expansión térmica.**
- El par bimetálico del termostato: (se unen 2 metales con diferentes coeficientes de dilatación para expandirse durante el calor y contraerse cuando hace frío).

La segunda combinación, **21** vs **22**, sugiere:

Principio 10.- Acción anticipada

A. Ejecutar cambios antes de que se necesiten, sobre un objeto (total o parcialmente).

- Aplicar un adhesivo sobre papel para empapelar paredes.
 - Esterilizar todos los instrumentos necesarios para un procedimiento quirúrgico dentro de una bandeja sellada.
- B. Objetos prearreglados tales que ellos puedan venir en acción desde los lugares más convenientes y sin pérdida de tiempo para su entrega.**
- Arreglos Kanban en una manufactura Just-in-Time.
 - Celda de manufactura flexible.
 - Partes precortadas para construcción de casas de maderas o construcciones secas.

No parece ser aplicable a éste problema.

Principio 35.- Transformación de propiedades.

A. Cambio del estado físico de algún componente del sistema tecnológico.

- Licuado del gas para su almacenamiento o transporte lo que reduce su volumen en gran medida.
- B. Cambio de concentración o densidad.**
- Deshidratación de frutas y verduras.
- C. Cambio de temperatura.**



- *Pasteurización de la leche cuando se aumenta su temperatura a 63 grados Celsius, durante 30 minutos y enfriándola rápidamente para ser envasada a 10 grados Celsius.*
- *Cambie la temperatura de fundición del chocolate para que no se funda cuando las temperaturas son elevadas.*
- *En las situaciones comerciales, un cambio de parámetro frecuentemente se comprende como un cambio de la política. En la última década, muchas compañías han aumentado la flexibilidad de programas de beneficios a empleados. En lugar de tener un programa normal, los empleados pueden diseñar una mezcla de medicina y seguro de vida, planes jubilatorios, etc.*

No aplicable a la situación actual del problema.

Principio 38.- Oxidación acelerada

A. Reemplazar el aire común con aire enriquecido con oxígeno.

- *Buzo que bucea con nitrógeno u otras mezclas no-aéreas para extender el tiempo de buceo.*
- *Inyectar óxido nitroso para proporcionar aumento de potencia en los motores de alto rendimiento*

B. Reemplazar el aire enriquecido con oxígeno puro.

- *Cortar a una temperatura más alta que la que usa un soplete para mezcla oxiacetilénica.*
- *Tratar heridas en ambiente de oxígeno a alta presión para matar bacterias anaerobios y ayudar a la curación.*

C. Exponer aire u oxígeno a radiaciones ionizantes.

- *Irradiar alimentos para mejorar sus cualidades de conservación.*
- *Utilizar aire ionizado para destruir bacterias y esterilizar los alimentos.*
- *Los iones positivos formados por ionización del aire puede ser desviadas por un campo magnético con el fin de (por ejemplo) reducir la resistencia del aire sobre una superficie aerodinámica*

D. Usar oxígeno ionizado.

- *Acelerar las reacciones químicas por la ionización del gas antes de su uso.*
- *Separar oxígeno de una mezcla de gases por ionización del oxígeno (usando un catalizador de platino activado).*

E. Reemplazar el oxígeno ozonizado (o ionizado) con ozono.

- *Acelerar las reacciones químicas ionizando el gas antes del uso.*

Llevar a cabo la transición, de un nivel inferior de oxidación a otro superior. Ésta parece ser la solución si se analizan los siguientes aspectos del proceso que puede incrementar la potencia y en el que se consume gasolina:



En un automóvil de combustión interna convencional, la mezcla de aire entra a la cámara de compresión en donde se produce la explosión que impulsa los pistones y éstos a su vez transmiten el movimiento a las levas y ellas a las ruedas.

El principio señala que se debe de analizar el proceso de oxidación inicial: Éste proceso parte de que a la cámara de combustión entra una mezcla de oxígeno con una concentración volumétrica, al nivel del mar, de 21% y el resto es Nitrógeno con 78% más algunos gases en muy pequeñas concentraciones. La mayor parte del oxígeno se combina con el carbono del combustible y el hidrógeno según la reacción química siguiente:



Nota: El nitrógeno también se combina con parte del oxígeno entrante para generar óxidos de ese gas.

Dado que el principio de inventiva sugiere llevar la reacción a un mayor nivel de oxidación se pueden sugerir varias alternativas, todas ellas basadas en alimentar una mayor concentración de oxígeno:

a) Adicionar a la gasolina algún compuesto rico en Oxígeno como pueden ser:

- **Alcohol:** Esto ya se hace en algunos países con resultados muy positivos.
- **Metil Terbutil Éter:** El cual es un aditivo que se empleó durante algún tiempo en la gasolina que se vendía en la Ciudad de México para aumentar la potencia de los motores ya que esa ciudad se encuentra ubicada a 2200 metros de altura y la concentración de oxígeno es mucho menor que al nivel del mar.



• **Óxido nitroso:** Éste es un compuesto rico en oxígeno por lo que se emplea cotidianamente en automóviles de carreras, sin embargo es caro y para un automovilista ciudadano no sería costeable.

b) De alguna manera, reducir la concentración de nitrógeno en el aire que se inyecta a la cámara de combustión, con lo cual se aumenta la concentración de oxígeno. Muy costoso.

La tercera combinación, **21 vs 23**, sugiere los siguientes principios: **28, 27, 18, 38** y (nótese que se vuelve a repetir el **Principio 38** lo que significa que es probablemente la solución más adecuada).

Principio 28. Substituciones mecánicas

A. Reemplazar un medio mecánico por un sensor (óptico, acústico, sabor u olor).

- *Reemplazar un cerco físico para confinar un perro o gato con un cerco acústico (señal animal audible).*
- *Usar un compuesto de aromadesagradable en el gas natural para alertar a los usuarios sobre pérdidas, en lugar de uno mecánico o sensor eléctrico.*

B. Usar campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos para actuar recíprocamente con el objeto.

- *En los modernos trenes de alta velocidad se utilizan campos magnéticos que evitan la fricción del vehículo con los rieles.*

C. Cambiar desde campos estáticos a campos móviles, de campos no estructurados a aquellos que tienen estructura.

- *Las primeras comunicaciones utilizaron la radiodifusión omnidireccional. Actualmente se utilizan antenas con estructura muy detallada del modelo de radiofrecuencia.*

D. Usar campos magnéticos con partículas ferromagnéticas.

- *Calentar una sustancia que contiene material ferromagnético variando el campo magnético. Cuando la temperatura excede la temperatura de Curie, el material se vuelve paramagnético, y ya no absorbe calor.*

No parece ser la solución.

Parámetro 27.- Usar objetos de corta-vida y baratos



A. Reemplace un objeto caro con una variedad de objetos baratos, comprendiendo ciertas calidades (como la vida de servicio, por ejemplo).

- Usar objetos de papel descartables para evitar el costo de limpiar y guardar los objetos durables. Tazas plásticas en moteles, pañales descartables, muchos tipos de suministros médicos.

En éste caso no es lógico desechar el automóvil.

Principio 18.- Vibración mecánica

A. Provocar un objeto para oscilar o vibrar.

- Cuchillo de entalladura eléctrico con hojas vibratorias.
- Caladora eléctrica.

B. Aumentar su frecuencia (incluyendo hasta ultrasonicd).

- Distribución de polvos con vibración.

C. Usar la frecuencia de resonancia de un objeto.

- Destruir piedras de la bilis o del riñón desmenuzándolas mediante la resonancia ultrasónica.

D. Usar vibradores piezoeléctricos en lugar de mecánicos.

- Oscilaciones del cristal de cuarzo para relojes de alta exactitud.

E. Uso combinado de oscilaciones de campos ultrasónicos y electromagnéticos.

- Mezclar aleaciones en un horno de inducción.
- Filtración electroacústica. Puede ser incrementada su eficiencia entre siete y diez veces.

No parece ser aplicable en ninguna de sus tres alternativas.

Parámetro 38.- Oxidación acelerada

Ya se explico anteriormente.

La solución al problema es aumentar el nivel de oxidación en la cámara de combustión mediante algún tipo de aditivo, lo cual ya se hace con algunas gasolinas como es adicionarles óxido nitroso (automóviles de competencia), Metil Terbutil Eter, o inclusive alcohol.



CONCLUSIÓN

En contraste con otros métodos de resolución de problemas técnicos, el TRIZ enfatiza en las contradicciones y recomienda solucionarlas en vez de practicar la ingeniería usual trade-off. Esta aproximación guía a una fuerte solución inventiva.

La presentación esquemática de la técnica y problemas reduce el número de diferentes objetos hacia unas pocas estructuras genéricas y señala el camino para encontrar cómodamente soluciones por analogía con problemas ya resueltos que tienen estructuras similares.

TRIZ usa activamente modelos del problema que describe contradicciones primitivas en algunas funciones primarias de una técnica. En este apunte y en el siguiente, consideramos sobre todo problemas técnicos puntuales y pares con contradicciones físicas y técnicas correspondientemente. Un método heurístico para problemas triangulares es objeto de investigaciones recientes en TRIZ, pero esto está fuera del alcance de este apunte.

A continuación se dan sugerencias de como encarar problemas aplicando estas herramientas. Se muestran aplicaciones y también se da la matriz de contradicciones para manejo del alumno.



Sugerencias para encarar un problema técnico⁶

F-1: FORMULACION DE LOS PARÁMETROS A MEJORAR

1.- Declaración del nombre del Sistema Técnico.....

.....

.....

2.-Definir el objetivo del Sistema Técnico. El sistema está diseñado para.....

.....

3.- Lista principal del Sistema Técnico y sus funciones:

Nombre de la parte	Función
1.-	1.-
2.-	2.-

4.- Describir la operación del Sistema Técnico.....

⁶ Tomado y adaptado de: 40 Principles- TREIZ Keys to Technical Innovation by Genrich Altshuller. Traducido del idioma ruso por Lez Shulyak y Steven Rodman. Technical Innovation Center. Worcester, MA. 3ra edición 2002.



5.- Determinar los Parámetros que deberían ser mejorados o eliminados...

F-2: FORMULACIÓN DE LA CONTRADICCIÓN TÉCNICA

1.- Declaración de los Parámetros positivos que deberían ser mejoradas.

- a. El Parámetro es:
- b. Declarar el significado para mejorar el Parámetro:.....
- c. Declarar un Parámetro que se empeora bajo las condiciones
1b.....
- d. Formular la Contradicción Técnica así: Si el Parámetro (1a) es mejorado
por (declarar como),.....

2.- Declarar los Parámetros negativos que han sido reducidos, eliminados o neutralizados.

- a. El Parámetro es:



b. Declarar el significado para reducir, eliminar o neutralizar

Parámetro:.....
.....

c. Declarar un Parámetro que se empeorará bajo las condiciones de

2b:.....

d. Formular la Contradicción Técnica así: Si el Parámetro 2ª es reducido

por implementar 2b, (declarar como)

entonces la siguiente característica (2c) se empeorará:

e.u

otro Parámetro negativo (describir).....

..... se intensificará.



Ejemplos de aplicación de lo inmediato anterior:

TRES ETAPAS PARA RESOLVER PROBLEMAS INVENTIVOS⁷

Las siguientes etapas pretenden ser una guía para ayudar a resolver un problema inventivo que contiene una contradicción técnica:

ETAPA 1. ANÁLISIS DEL SISTEMA TÉCNICO

Esta etapa determina las características del sistema (descripción de parámetros del estado físico del sistema, performance, etc.) necesarias para su funcionamiento.

ETAPA 2. PLANTEO DE LA CONTRADICCIÓN TÉCNICA

Se determinan los parámetros del sistema que se deterioran a expensas de una mejora, de este modo se identifica y se plantea la contradicción técnica.

ETAPA 3. RESOLUCIÓN DE LA CONTRADICCIÓN TÉCNICA

En esta etapa se utilizan los 40 Principios y la Matriz de Contradicciones para remover la Contradicción Técnica.

ETAPA 1. ANÁLISIS DEL SISTEMA TÉCNICO

Hay tres apartados para la etapa 1. En el primero, se determinan todos los elementos del sistema técnico. En el siguiente, se trata de identificar el origen

⁷ Tomado y adaptado de: 40 Principles- TRIZ Keys to Technical Innovation by Genrich Altshuller. Traducido del idioma ruso por Lez Shulyak y Steven Rodman. Technical Innovation Center. Worcester, MA. 3ra edición 2002.



del problema. En el último, se formulan los Parámetros que se necesitan para la mejora.

Se comienza tratando de comprender el problema técnico con un análisis del sistema técnico. Esto ayuda a determinar los elementos que componen al sistema técnico (subsistemas), el supersistema al cual el sistema técnico pertenece, y el origen de su propio problema.

Una vez que estos elementos son comprendidos, es posible visualizar por completo al sistema existente: pasado, presente, y el desarrollo futuro de cada sistema individual, subsistema y supersistema.

Así, resulta más cómodo y efectivo remover la causa de un problema que su efecto. Proyectando mentalmente hacia el pasado, la funcionalidad del sistema se puede comprender en las condiciones de trabajo del sistema. Comprendiendo la funcionalidad a futuro de un sistema técnico pueden revelarse nuevos imprevistos; trabajando en condiciones que no estén en existencia en el problema – se puede solucionar automáticamente.

Haciendo esta misma retrospectiva se evalúa si el problema puede ser eliminado en etapas previas del proceso tecnológico del sistema. En algunas instancias, este análisis puede revelar una solución o eliminar un problema.

Finalmente, la etapa 1 contiene dos opciones para cambiar un Parámetro de un sistema técnico:

1.- Mejorar una característica positiva ya existente. Por ejemplo: incrementar la velocidad de un bote (sistema técnico) desde 10 nudos hasta 30 nudos.

2.- Eliminar (neutralizar) un Parámetro negativo. Un sistema técnico puede producir una función útil mientras que al mismo tiempo genera un efecto



dañino. El objetivo es neutralizar o eliminar estos Parámetros negativos. Por ejemplo: eliminar el ruido producido por el incremento de la velocidad de un bote.

ETAPA 2. PLANTEO DE LA CONTRADICCIÓN TÉCNICA

Como hemos mencionado, una contradicción es un conflicto dentro de un sistema técnico. La etapa 1 determina los Parámetros que deben ser mejorados. La etapa 2 plantea la contradicción técnica que debe ser resuelta. Si una mejora de uno de los Parámetros del sistema técnico causa deterioro en otros Parámetros del sistema, obviamente, nos encontramos frente a un conflicto, en nuestro caso estamos ante una contradicción técnica.

ETAPA 3. RESOLUCIÓN DE LA CONTRADICCIÓN TÉCNICA

Luego de que la contradicción técnica ha sido planteada, se deben utilizar los 40 Principios y la Matriz de Contradicciones.

Esta última está formada por 39 Parámetros genéricos de cada sistema técnico. Aquellos considerados para mejorar (cambiar) están ordenados verticalmente en la columna derecha de la Matriz. Los Parámetros que empeoran están ubicados al tope de las filas horizontales.

Los Parámetros en el tope de la fila horizontal son los mismos que aquellos de la columna. Sin embargo, a diferencia de una completa descripción de cada Parámetro, la fila tope horizontal contiene solamente sus números.

Cuando uno trabaja con los Principios y la Matriz, debe recordar que la sugerencia principal puede generar conceptos muy prometedores para resolver una contradicción técnica. Cuando un principio ofrecido es aceptado pero genera



un problema secundario no debe ser rechazado. Se debe encontrar una vía para resolver el problema secundario y, si es necesario, otros problemas auxiliares. Estos métodos son frecuentemente usados para resolver problemas complejos.

Hay dos caminos para la resolución de las contradicciones técnicas:

- 1.- Usar la Matriz de Contradicciones para localizar el Principio efectivo, o
- 2.- Leer todos los principios y elegir uno, el cual resulte ser el más apropiado.

APLICACIÓN DE LA MATRIZ DE CONTRADICCIONES

1.- Use el ítem *1a* o *2a* del Formulario F-2, *Formulación de las Contradicciones Técnicas*, para plantear los Parámetros que deben ser mejorados/eliminados. Elegir el más parecido al problema desde la columna ubicada a la derecha de la tabla.

2.- Use el ítem *1c* o *2c* para los Parámetros que empeoran. Elija el más parecido desde la fila tope horizontal.

3.- En la intersección de la fila y la columna están representados los diferentes Principios. Debido a que los Parámetros son genéricos, pueden ser elegidas dos o más combinaciones. Leer la descripción de cada una sugiere Principios y ensayos a aplicar en el sistema técnico. No hay que rechazar ninguna idea, no importa lo ridícula que estas sean. Si todo lo que le sugiere es completamente inaceptable, reformule la contradicción técnica y ensaye nuevamente hasta que surja un concepto de solución trabajable.



PROBLEMAS PRÁCTICOS⁸

El propósito de esta parte es ilustrar el proceso de resolución técnica aplicando los Principios y la Matriz de Contradicciones.

Una solución conceptual propuesta, puede no ser una simple solución. También son posibles otras soluciones conceptuales. La aceptación de algunas de las soluciones conceptuales estará determinada por cada situación en particular.

A continuación damos dos problemas a modo de ejemplos de aplicación. La resolución de la contradicción en el problema 1, está dada a través de un análisis del sistema técnico y su supersistema sin utilizar los Principios. La contradicción en el problema 2 es resuelta a través del proceso convencional de la etapa 3.

PROBLEMA 1:

Supongamos que usted es un miembro de un equipo de trabajo para desarrollar un traje espacial para astronautas. El sistema consiste de muchos elementos, los cuales incluyen al astronauta, su hábitat, un resonador de silicio, etc., el resonador es una placa en miniatura que debe transmitir un cierto nivel de señal. Dado que el resonador es extremadamente sensible a fluctuaciones de temperatura, su desempeño depende de la estabilidad de la temperatura y debe ser liviano, simple y portable.

Si carecemos de suficiente información acerca de la existencia de sistemas para la estabilización de temperatura, debemos aprender más acerca de

⁸ Tomado y adaptado de: 40 Principios- TRIZ Keys to Technical Innovation by Genrich Altshuller. Traducido del idioma ruso por Lez Shulyak y Steven Rodman. Technical Innovation Center. Worcester, MA. 3ra edición 2002.



ellos. Probablemente encontraremos que hay muchos sistemas desarrollados para este propósito.

Por ejemplo, uno consiste de un vaso Dewar hecho de paredes dobles donde una placa de silicio puede ser ubicada. En este sistema, el espacio interno es calentado y se monitorea la temperatura. Sin embargo, este método podría tornar en una simple placa de silicio dentro de un dispositivo pesado mucho más complicado para nuestra aplicación. Otros sistemas disponibles son al menos tan complejos como este.

Pueden ser utilizados diferentes dispositivos simples y livianos para estabilizar la temperatura; sin embargo, no más exactos en la estabilización de la temperatura que la placa de silicio. La contradicción es obvia: “El deseo de incrementar la exactitud de la señal en el resonador de silicio, genera peso inaceptable”.

¿Cómo puede ser resuelta esta contradicción técnica? Comencemos a resolverla desde la etapa 1.

Etapla 1. Análisis del sistema técnico

Como ya mencionamos, nuestro sistema técnico consiste de astronauta, su hábitat, el resonador de silicio y muchos otros elementos.

El análisis de este sistema técnico y su medio ambiente revela que el resonador de silicio es un subsistema del traje espacial.

Primero contestemos la hipotética pregunta: ¿Podemos usar otros elementos de nuestro traje espacial para proveer una estabilización de la temperatura? A través del análisis de cada elemento podemos determinar la respuesta para esta pregunta. Si un elemento es encontrado para proveer



estabilidad, habremos encontrado nuestra solución. Si un elemento no es encontrado, entonces el problema debe ser resuelto desde el sistema “resonador”.

Como un elemento, el hábitat no puede servirnos de ayuda. Pero cuando un astronauta se ubica en la habitación, ésta, automáticamente provee una temperatura medioambiental estable porque el cuerpo del astronauta es estable. La placa de silicio puede ser ubicada en un bolsillo del traje espacial. Esta solución puede tener otra ventaja: si un astronauta se enfermara, podría detectarse rápidamente algún cambio en la temperatura corporal. El problema es resuelto sin emplear ningún diseño complicado.

Conclusión: con solo analizar el sistema técnico y su medioambiente, los elementos del supersistema, se visualiza la solución. No hubo necesidad de ir hacia algo complejo en el modo de resolver el problema.

PROBLEMA 2:

Un taller metalúrgico recibió piezas metálicas muy grandes para tratamientos térmicos. Para proveer este tratamiento, el guinchero de un puente grúa debe elevar una pieza de metal al rojo desde el horno, transportarla sobre un tanque de aceite, y sumergirla lentamente dentro del mismo.

Luego de varios días de trabajo, el guinchero le presenta una queja a su jefe: “Se hace duro respirar mientras estamos trabajando con la grúa. Mi estación de control es cerrada y todo el humo del aceite caliente llega hacia mí. ¡Quiero abandonar!”



El humo no fue problema cuando el taller trataba solamente piezas pequeñas porque el sistema de ventilación es el adecuado. Ahora, con piezas grandes, el humo crea un problema mayor.

Debido a que el proceso de tratamiento no puede ser cambiado, el jefe está enfrentando una típica Situación Administrativa: Algo *debe hacerse, pero no sabe qué*.

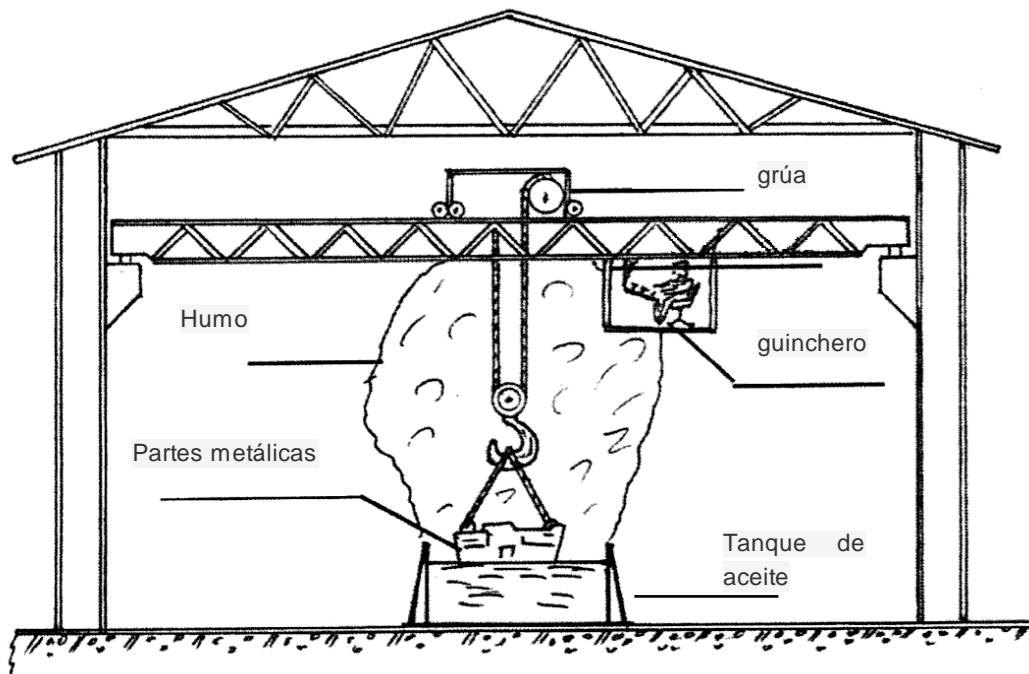


Figura 24 – Esquema del problemas del humo que molesta al operario de la grúa.

Etapas 1. Análisis del sistema técnico

Un sistema técnico, por definición, debería consistir de tres elementos: dos sustancias (componentes) y un campo (o energía). Para resolver el problema, el sistema técnico que causa el problema debe ser identificado. En este caso, el sistema técnico causante del problema consiste en el tanque de aceite, la pieza



metálica que ha de ser tratada y la energía térmica. El humo es un subproducto del proceso, un efecto dañino sobre el guincherero.

Ahora necesitamos determinar los Parámetros que debemos mejorar en nuestro sistema técnico. Para eso, podemos completar el formulario F-1 (Formulación de los Parámetros a Mejorar).

Ítem#1 Declaración del nombre del sistema técnico (en nuestro caso: *Proceso de tratamiento del metal*).

Ítem#2 Definir el objetivo del sistema técnico (en nuestro caso: *el sistema está diseñado para proveer aceite en un proceso de tratamiento al aceite para grandes piezas metálicas*).

Ítem#3 Listar los principales elementos del sistema técnico, de acuerdo con sus funciones:

Tabla V. Se indican el nombre de las partes en conflicto (elementos) y la función que cumplen en el diseño.

Nombre del elemento	Función
1.- Pieza metálica	Para ser tratada.
2.- Aceite	Provee lento enfriamiento a la pieza metálica.
3.- Aire	Provee oxígeno a la ignición del aceite.
4.- Energía térmica	Absorbida por el aceite.



Ítem#4 Describir la operación del sistema técnico (en nuestro caso: *un operador desciende piezas metálicas al rojo dentro de un tanque lleno de aceite. Tan pronto como la parte metálica contacta con el aceite, éste entra en ignición emitiendo un denso humo ascendente que contaminan el medioambiente*).

Ítem#5 Declarar las características que deberían mejorar o eliminarse (por ejemplo: *mejorar las condiciones de trabajo del operador por eliminación del humo, o por reducción de su efecto dañino*).

Etapa 2. Estado de la contradicción técnica

Completar el formulario F-2 ayuda a determinar claramente las contradicciones técnicas del problema.

En nuestro problema, los ítems 1a al 1d no son aplicables porque no están diseñados para mejorar los Parámetros de un sistema técnico. En cambio, podemos ensayar la eliminación de un efecto dañino.

Ítem#2A: “Los Parámetros negativos que han sido reducidos, eliminados o neutralizados”. *Este Parámetro es el del humo.*

Ítem#2B: “Declarar un significado convencional para reducir/eliminar/neutralizar Parámetros (humo).” *Usar una tapa metálica para cubrir el tanque de aceite. Esto evita el humo en los alrededores.*

Ítem#2C: “Escribir un Parámetro que consigue empeorarse bajo condiciones en línea a 2b.” *La complejidad del sistema o peso del sistema comienza a empeorarse.*

Ítem#2D: “Formular la Contradicción Técnica como sigue”:



CT-1. *El Parámetro (efecto dañino producido por el humo) es reducido (eliminado) por usar una tapa metálica, entonces el Parámetro “Complejidad” del sistema empeorará.*

CT-2. *Si el Parámetro (efecto dañino producido por el humo) es reducido (eliminado) por usar una tapa metálica, entonces el Parámetro “Peso” del sistema empeorará.*

Etapa 3. Resolución de la contradicción técnica

Utilicemos la Matriz y busquemos la **CT-1**.

El Parámetro más parecido “*Efecto dañino producido por el humo*” está en la línea #31 “*Factores dañinos desarrollados por objetos*”. Lo más parecido al Parámetro “*Complejidad*”, está en la columna #36- “*Complejidad de un dispositivo*”.

En la intersección de la línea #31 con la columna #36 están los números que representan los Principios más apropiados que guiarán para el desarrollo de la solución conceptual de la contradicción técnica.

Principio #19: Acción Periódica

- a. Reemplazar una acción continua por una periódica (impulsos).
- b. Si la acción ya es periódica, cambiar su frecuencia.
- c. Usar pausas entre impulsos para proveer una acción adicional.

Aplicar este concepto significa sumergir la pieza en el tanque de aceite periódicamente. Esto solamente puede lograrse por apertura y cierre de la tapa

metálica del tanque de aceite. Desafortunadamente, existen condiciones que nos prohíben hacer esto, por eso este principio no puede ser utilizado.



Principio #1: Segmentación

- a. Dividir un objeto en partes independientes.
- b. Hacer particular un objeto.
- c. Incrementar el grado de segmentación de un objeto.

Aplicar el Principio #1A significa dividir la tapa en varias secciones. Siguiendo la sugerencia “b” incrementando el grado de segmentación para extender la tapa, parece una combinación de miles o tal vez un millón de partes.

Como una futura etapa en el desarrollo de este concepto, la tapa puede ser hecha de una distribución de esferas flotantes (o tal vez un líquido). Este tipo de tapa flotante no interferirá con la inmersión de la pieza caliente.

Principio #31: Material poroso

- a. Hacer un objeto poroso, o usar elementos porosos suplementarios (insertos, cubiertas).
- b. Si un objeto ya es poroso, rellenar los poros con alguna sustancia.

Aplicar el Principio #31A significa hacer la tapa de material poroso. Combinando esta sugerencia con la del Principio #1B hacer una tapa fuera de bolas porosas o líquidas. Este material poroso puede absorber el humo.

Tabla VI. Establecimiento de la contradicción técnica 1.

CT-1

Contradicciones técnicas	Coordinación en la matriz	Principio sugerido	Nombre del Principio
Factor Dañino.../		19	Acción periódica
Complejidad del	31x36	1	Segmentación
Dispositivo		31	Materiales porosos



Tabla VII. Establecimiento de la contradicción técnica 2.

CT-2

Contradicciones técnicas	Coordinación en la matriz	Principio sugerido	Nombre del Principio
Factor Dañino.../ Peso del objeto Estacionario	31x2	35 22 1 39	Transformación de propiedad Convertir daño en beneficio Segmentación Medioambiente inerte

Ahora analizaremos la segunda contradicción técnica **CT-2**.

Principio #35: Transformación de Propiedad

- a. Cambiar el estado físico del sistema.
- b. Cambiar la concentración o densidad.
- c. Cambiar el grado de flexibilidad.
- d. Cambiar la temperatura o volumen.

Principio #35A: Material poroso

Recomendamos cambiar el estado físico del sistema. Esto significa que el estado actual sólido del sistema debe ser transformado a un estado líquido o gaseoso. La solución conceptual del estado líquido fue cubierta en la CT-1. La sugerencia de transformar la tapa a un estado gaseoso es intrigante. ¿Cómo se puede hacer esto? Un gas inerte que es más pesado que el aire puede quedarse en el tanque sobre la superficie del aceite.

Principio #22: Convertir daño en beneficio

- a. Utilizar factores dañinos- especialmente medioambientales- para obtener un efecto positivo.



- b. Remover un factor dañino por combinación de estos con otros efectos dañinos.
- c. Incrementar el grado de acción dañina a tal punto, que ya deja de ser dañina.

Principio #22C:

Sugiere incrementar la cantidad de humo para que opere como barrera entre el oxígeno y el aceite, previniendo que el aceite se inflame.

Principio #1: Segmentación nuevamente repetidas. Ver nuestro análisis anterior.

Principio #39: Medioambiente inerte

- a. Reemplazar un medioambiente normal con uno inerte.
- b. Introducir una sustancia o aditivo inerte a un objeto.
- c. Llevar a cabo un proceso en vacío.

Conclusión: El principio #39A, en combinación con el Principio #35A, provee una solución simple al problema. Una cubierta líquida o gaseosa (#35) hecha de una sustancia inerte (#39) la cual previene la ignición y no complica el sistema o interfiere el trabajo del operador. ¿Por qué no puede ser sólido? El pensamiento se dispara.



MATRIZ DE CONTRADICCIONES

Undesired Result (Conflict)		Feature to Improve												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Weight of moving object	Weight of non-moving object	Length of moving object	Length of non-moving object	Area of moving object	Area of non-moving object	Volume of moving object	Volume of non-moving object	Speed	Force	Tension, pressure	Shape	Stability of object
1	Weight of moving object			15,8, 29,34		29,17, 38,34		29,2, 40,28		2,8, 15,38	8,10, 18,37	10,36, 37,40	10,14, 35,40	1,35, 19,39
2	Weight of non-moving object				10,1, 29,35		35,30, 13,2		5,35, 14,2		8,10, 19,35	13,29, 10,18	13,10, 29,14	26,39, 1,40
3	Length of moving object	8,15, 29,34				15,17, 4		7,17, 4,35		13,4, 8	17,10, 4	1,8, 35	1,8, 10,29	1,8, 15,34
4	Length of non-moving object		35,28, 40,29				17,7, 10,40		35,8, 2,14		28,10	1,14, 35	13,14, 15,7	39,37, 35
5	Area of moving object	2,17, 29,4		14,15, 18,4				7,14, 17,4		29,30, 4,34	19,30, 35,2	10,15, 36,28	5,34, 29,4	11,2, 13,39
6	Area of non-moving object		30,2, 14,18		26,7, 9,39						1,18, 35,36	10,15, 36,37		2,38
7	Volume of moving object	2,26, 29,40		1,7, 4,35		1,7, 4,17				29,4, 38,34	15,35, 36,37	6,35, 36,37	1,15, 29,4	28,10, 1,39
8	Volume of non-moving object		35,10, 19,14	19,14	35,8, 2,14						2,18, 37	24,35	7,2, 35	34,28, 35,40
9	Speed	2,28, 13,38		13,14, 8		29,30, 34		7,29, 34			13,28, 15,19	6,18, 38,40	35,15, 18,34	28,33, 1,18
10	Force	8,1, 37,18	18,13, 1,28	17,19, 9,36	28,10	19,10, 15	1,18, 36,37	15,9, 12,37	2,36, 18,37	13,28, 15,12		18,21, 11	10,35, 40,34	35,10, 21
11	Tension, pressure	10,36, 37,40	13,29, 10,18	35,10, 36	35,1, 14,16	10,15, 36,25	10,15, 35,37	6,35, 10	35,24	6,35, 36	36,35, 21		35,4, 15,10	35,33, 2,40
12	Shape	8,10, 29,40	15,10, 26,3	29,34, 5,4	13,14, 10,7	5,34, 4,10		14,4, 15,22	7,2, 35	35,15, 34,18	35,10, 37,40	34,15, 10,14		33,1, 18,4
13	Stability of object	21,35, 2,39	26,39, 1,40	13,15, 1,28	37	2,11, 13	39	28,10, 19,39	34,28, 35,40	33,15, 28,18	10,35, 21,16	2,35, 40	22,1, 18,4	
14	Strength	1,8, 40,15	40,26, 27,1	1,15, 8,35	15,14, 28,26	3,34, 40,29	9,40, 28	10,15, 14,7	9,14, 17,15	8,13, 26,14	10,18, 3,14	10,3, 18,40	10,30, 35,40	13,17, 35
15	Durability of moving object	19,5, 34,31		2, 19, 9		3,17, 19		10,2, 19,30		3, 35, 5	19,2, 16	19,3, 27	14,26, 28,25	13,3, 35
16	Durability of non-moving object		6,27, 19,16		1,10, 35				35,34, 38					39,3, 35,23
17	Temperature	36,22, 6,38	22,35, 32	15,19, 9	15,19, 9	3,35, 39,18	35,38	34,39, 40,18	35,6, 4	2,28, 36,30	35,10, 3,21	35,39, 19,2	14,22, 19,32	1,35, 32
18	Brightness	19,1, 32	2,35, 32	19,32, 16		19,32, 26		2,13, 10		10,13, 19	26,19, 6		32,30	32,3, 27
19	Energy spent by moving object	12,18, 28,31		12,28		15,19, 25		35,13, 18		8,15, 35	16,26, 21,2	23,14, 25	12,2, 29	19,13, 17,24
20	Energy spent by non-moving object		19,9, 6,27								36,37			27,4, 29,18



Undesired Result (Conflict)		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		Strength	Durability of moving object	Durability of non-moving object	Temperature	Brightness	Energy spent by moving object	Energy spent by non-moving object	Power	Waste of energy	Waste of substance	Loss of information	Waste of time	Amount of substance
1	Weight of moving object	28,27, 18,40	5,34, 31,35		6,20, 4,38	19,1, 32	35,12, 34,31		12,36, 18,31	6, 2, 34,19	5,35, 3,31	10,24, 35	10,35, 20,28	3,26, 18,31
2	Weight of non-moving object	28,2, 10,27		2,27, 19,6	28,19, 32,22	19,32, 35		18,19, 28,1	15,19, 18,22	18,19, 28,15	5, 8, 13,30	10,15, 35	10,20, 35,26	19,6, 18,26
3	Length of moving object	8,35, 29,34	19		10,15, 19	32	8,35, 24		1,35	7, 2, 35,39	4,29, 23,10	1, 24	15, 2, 29	29, 35
4	Length of non-moving object	15,14, 28,26		1,40, 35	3,35, 38,18	3,25			12,8	6,28	10,28, 24,35	24,26	30,29, 14	
5	Area of moving object	3,15, 40,14	6,3		2,15, 16	15,32, 19,13	19,32		19,10, 32,18	15,17, 30,26	10,35, 2,39	30,26	26, 4	29,30, 6,13
6	Area of non-moving object	40		2,10, 19,30	35,39, 38				17,32	17,7, 30	10,14, 18,39	30,16	10,35, 4,18	2, 18, 40,4
7	Volume of moving object	9,14, 15,7	6,35, 4		34,39, 10,18	2,13, 10	35		35,6, 13,18	7,15, 13,16	36,39, 34,10	2, 22	2, 6, 34,10	29,30, 7
8	Volume of non-moving object	9,14, 17,15		35,34, 38	35, 6, 4				30,6		10,39, 35,34		35,16, 32,18	35, 3
9	Speed	8,3, 26,14	3,19, 35,5		28,30, 36,2	10,13, 19	8,15, 35,38		19,35, 38,2	14,20, 19,35	10,13, 28,38	13, 26		18,19, 29,38
10	Force	35,10, 14,27	19,2		35,10, 21		19,17, 10	1,16, 36,37	19,35, 18,37	14,15	8,35, 40,5		10,37, 36	14,29, 18,36
11	Tension, pressure	9,18, 3,40	19,3, 27		35,39, 19,2		14,24, 10,37		10,35, 14	2,36, 25	10,36, 3,37		37,36, 4	10,14, 36
12	Shape	30,14, 10,40	14,26, 9,25		22,14, 19,32	13,15, 32	2,6, 34,14		4, 6, 2	14	35,29, 3, 5		14,10, 34,17	36, 22
13	Stability of object	17,9, 15	13,27, 10,35	39,3, 35,23	35,1, 32	32,3, 27,15	13,19	27,4, 29,18	32,35, 27,31	14,2, 39,6	2, 14, 30,40		35,27	15,32, 35
14	Strength		27,3, 26		30,10, 40	35,19	19,35, 10	35	10,26, 35,28	35	35,28, 31,40		29,3, 28,10	29,10, 27
15	Durability of moving object	27,3, 10			19,35, 39	2,19, 4,35	28,6, 35,18		19,10, 35,38		28,27, 3,18	10	20,10, 28,18	3, 35, 10,40
16	Durability of non-moving object				19,18, 36,40				16		27,16, 18,38	10	28,20, 10,16	3, 35, 31
17	Temperature	10,30, 22,40	19,13, 39	19,18, 36,40		32,30, 21,16	19,15, 3,17		2,14, 17,25	21,17, 35,38	21,36, 29,31		35,28, 21,18	3, 17, 30,39
18	Brightness	35,19	2, 19, 6		32,35, 19		32,1, 19	32,35, 1,15	32	19,16, 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1, 26,17	1, 19
19	Energy spent by moving object	5,19, 9,35	28,35, 6,18		19,24, 3,14	2,15, 19			6,19, 37,18	12,22, 15,24	35,24, 18,5		35,38, 19,18	34,23, 16,18
20	Energy spent by non-moving object	35				19,2, 35,32					28,27, 18,31			3, 35, 31



Undesired Result (Conflict) / Feature to Improve		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
		Reliability	Accuracy of measurement	Accuracy of manufacturing	Harmful factors acting on object	Harmful side effects	Manufacturability	Convenience of use	Repairability	Adaptability	Complexity of device	Complexity of control	Level of automation	Productivity
1	Weight of moving object	3, 11, 1,27	28,27, 35,26	28,35, 26,18	22,21, 18,27	22,35, 31,39	27,28, 1,36	35,3, 2,24	2,27, 28,11	29,5, 15,8	26,30, 36,34	28,29, 26,32	26,35, 18,19	35,3, 24,37
2	Weight of non-moving object	10,28, 8, 3	18,26, 28	10,1, 35,17	2, 19, 22,37	35,22, 1,39	28, 1, 9	6,13, 1, 32	2,27, 28,11	19,15, 29	1,10, 26,39	25,28, 17,15	2, 26, 35	1, 28, 15,35
3	Length of moving object	10,14, 29,40	28,32, 4	10,28, 29,37	1,15, 17,24	17,15	1, 29, 17	15,29, 35,4	1, 28, 10	14,15, 1,16	1, 19, 26,24	35,1, 26,24	17,24, 26,16	14,4, 28,29
4	Length of non-moving object	15,29, 28	32,28, 3	2, 32, 10	1, 18		15, 17, 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26		30,14, 7,26
5	Area of moving object	29, 9	26,28, 32,3	2,32	22,33, 28,1	17,2, 18,39	13,1, 26,24	15,17, 13,16	15,13, 10,1	15, 30	14, 1, 13	2,36, 26,18	14,30, 28,23	10,26, 34,2
6	Area of non-moving object	32,35, 40,4	26,28, 32,3	2,29, 18,36	27,2, 39,35	22, 1, 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18, 36	2,35, 30,18	23	10,15, 17,7
7	Volume of moving object	14, 1, 40,11	25,26, 28	25,28, 2,16	22,21, 27,35	17,2, 40,1	29, 1, 40	15,13, 30,12	10	15, 29	26, 1	29,26, 4	35,34, 16,24	10, 6, 2,34
8	Volume of non-moving object	2,35, 16		35,10, 25	34,39, 19,27	30,18, 35,4	35		1		1, 31	2, 17, 26		35,37, 10,2
9	Speed	11,35, 27,28	28,32, 1,24	10,28, 32,25	1,28, 35,23	2,24, 35,21	35,13, 8,1	32,28, 13,12	34,2, 28,27	15,10, 26	10,28, 4,34	3,34, 27,16	10, 18	
10	Force	3,35, 13,21	35,10, 23,24	28,29, 37,36	1,35, 40,18	13,3, 36,24	15,37, 18,1	1,28, 3,25	15, 1, 11	15,17, 18,20	26,35, 10,18	36,37, 10,19	2, 35	3,28, 35,37
11	Tension, pressure	10,13, 19,35	6, 28, 25	3, 35	22, 2, 37	2, 33, 27, 18	1, 35, 16	11	2	35	19, 1, 35	2, 36, 37	35, 24	10,14, 35,37
12	Shape	10,40, 16	28,32, 1	32,30, 40	22,1, 2, 35	35, 1	1,32, 17,28	32,15, 26	2, 13, 1	1, 15, 29	16,29, 1,28	15,13, 39	15, 1, 32	17,26, 34,10
13	Stability of object		13	18	35,24, 30,18	35,40, 27,39	35, 19	32,35, 30	2,35, 10,16	35,30, 34,2	2,35, 22,26	35,22, 39,23	1, 8, 35	23,35, 40,3
14	Strength	11, 3	3, 27, 16	3, 27	18,35, 37,1	15,35, 22,2	11,3, 10,32	32,40, 28,2	27,11, 3	15, 3, 32	2, 13, 28	27, 3, 15, 40	15	29,35, 10,14
15	Durability of moving object	11, 2, 13	3	3,27, 16,40	22,15, 33,28	21,39, 16,22	27, 1, 4	12, 27	29,10, 27	1, 35, 13	10,4, 29,15	19,29, 39,35	6, 10	35,17, 14,19
16	Durability of non-moving object	34,27, 6,40	10, 26, 24		17,1, 40,33	22	35, 10	1	1	2		25,34, 6,35	1	10,20, 16,38
17	Temperature	19,35, 3,10	32,19, 24	24	22,33, 35,2	22,35, 2,24	26, 27	26, 27	4, 10, 16	2,18, 27	2,17, 16	3,27, 35,31	26,2, 19,16	15,28, 35
18	Brightness		11,15, 32	3, 32	15, 19	35,19, 32,39	19,35, 28,26	28,26, 19	15,17, 13,16	15, 1, 1, 19	6, 32, 13	32, 15	2, 26, 10	2, 25, 16
19	Energy spent by moving object	19,21, 11,27	3, 1, 32		1,35, 6,27	2, 35, 6	28,26, 30	19, 35	1,15, 17,28	15,17, 13,16	2, 29, 27,28	35, 38	32, 2	12,28, 35
20	Energy spent by non-moving object	10,36, 23			10, 2, 22,37	19,22, 18	1, 4					19,35, 16,25		1, 6



Undesired Result (Conflict)		Feature to Improve												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Weight of moving object	Weight of non-moving object	Length of moving object	Length of non-moving object	Area of moving object	Area of non-moving object	Volume of moving object	Volume of non-moving object	Speed	Force	Tension, pressure	Shape	Stability of object
21	Power	8,36, 38,31	19,26, 17,27	1,10, 35,37		19,38	17,32, 13,38	35,6, 38	30,6, 25	15,35, 2	26,2, 36,35	22,10, 35	29,14, 2,40	35,32, 15,31
22	Waste of energy	15,6, 19,28	19,6, 18,9	7,2, 6,13	6,38, 7	15,26, 17,30	17,7, 30,18	7,18, 23	7	16,35, 38	36,38			14,2, 39,6
23	Waste of substance	35,6, 23,40	35,6, 22,32	14,29, 10,39	10,28, 24	35,2, 10,31	10,18, 39,31	1,29, 30,36	3,39, 18,31	10,13, 28,38	14,15, 18,40	3,36, 37,10	29,35, 3,5	2,14, 30,40
24	Loss of information	10,24, 35	10,35, 5	1,26	26	30,26	30,16		2,22	26,32				
25	Waste of time	10,20, 37,35	10,20, 26,5	15,2, 29	30,24, 14,5	26,4, 5,16	10,35, 17,4	2,5, 34,10	35,16, 32,18		10,37, 36,5	37,36, 4	4,10, 34,17	35,3, 22,5
26	Amount of substance	35,6, 18,31	27,26, 18,35	29,14, 35,18		15,14, 29	2,18, 40,4	15,20, 29		35,29, 34,28	35,14, 3	10,36, 14,3	35,14	15,2, 17,40
27	Reliability	3,8, 10,40	3,10, 8,28	15,9, 14,4	15,29, 28,11	17,10, 14,16	32,35, 40,4	3,10, 14,24	2,35, 24	21,35, 11,28	8,28, 10,3	10,24, 35,19	35,1, 16,11	
28	Accuracy of measurement	32,35, 26,28	28,35, 25,26	28,26, 5,16	32,28, 3,16	26,28, 32,3	26,28, 32,3	32,13, 6		28,13, 32,24	32,2	6,28, 32	6,28, 32	32,35, 13
29	Accuracy of manufacturing	28,32, 13,18	28,35, 27,9	10,28, 29,37	2,32, 10	28,33, 29,32	2,29, 18,36	32,28, 2	25,10, 35	10,28, 32	28,19, 34,36	3,35	32,30, 40	30,18
30	Harmful factors acting on object	22,21, 27,39	2,22, 13,24	17,1, 39,4	1,18	22,1, 33,28	27,2, 39,35	22,23, 37,35	34,39, 19,27	21,22, 35,28	13,35, 39,18	22,2, 37	22,1, 3,35	35,24, 30,18
31	Harmful side effects	19,22, 15,39	35,22, 1,39	17,15, 16,22		17,2, 18,39	22,1, 40	17,2, 40	30,18, 35,4	35,28, 3,23	35,28, 1,40	2,33, 27,18	35,1	35,40, 27,39
32	Manufacturability	28,29, 15,16	1,27, 36,13	1,29, 13,17	15,17, 27	13,1, 26,12	16,40	13,29, 1,40	35	35,13, 8,1	35,12	35,19, 1,37	1,28, 13,27	11,13, 1
33	Convenience of use	25,2, 13,15	6,13, 1,25	1,17, 13,12		1,17, 13,16	18,16, 15,39	1,16, 35,15	4,18, 39,31	18,13, 34	28,13, 35	2,32, 12	15,34, 29,28	32,35, 30
34	Repairability	2,27, 35,11	2,27, 35,11	1,28, 10,25	3,18, 31	15,13, 32	16,25	25,2, 35,11	1	34,9	1,11, 10	13	1,13, 2,4	2,35
35	Adaptability	1,6, 15,8	19,15, 29,16	35,1, 29,2	1,35, 16	35,30, 29,7	15,16	15,35, 29		35,10, 14	15,17, 20	35,16	15,37, 1,8	35,30, 14
36	Complexity of device	26,30, 34,36	2,36, 35,39	1,19, 26,24	26	14,1, 13,16	6,36	34,25, 6	1,16	34,10, 28	26,16	19,1, 35	29,13, 28,15	2,22, 17,19
37	Complexity of control	27,26, 28,13	6,13, 28,1	16,17, 26,24	26	2,13, 15,17	2,39, 30,16	29,1, 4,16	2,18, 26,31	3,4, 16,35	36,28, 40,19	35,36, 37,32	27,13, 1,39	11,22, 39,30
38	Level of automation	28,26, 18,35	28,26, 35,10	14,13, 17,28	23	17,14, 13		35,13, 16		28,10	2,35	13,35	15,32, 1,13	18,1
39	Productivity	35,26, 24,37	28,27, 15,3	18,4, 28,38	30,7, 14,26	10,26, 34,31	10,35, 17,7	2,6, 34,10	35,37, 10,2		28,15, 10,36	10,37, 14	14,10, 34,40	35,3, 22,39



Undesired Result (Conflict)		Feature to Improve												
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
		Strength	Durability of moving object	Durability of non-moving object	Temperature	Brightness	Energy spent by moving object	Energy spent by non-moving object	Power	Waste of energy	Waste of substance	Loss of information	Waste of time	Amount of substance
21	Power	26,10,28	19,35,10,38	16	2,14,17,25	16,6,19	16,6,19,37			10,35,38	28,27,18,38	10,19	35,20,10,6	4,34,19
22	Waste of energy	26			19,38,7	1,13,32,15			3,38		35,27,2,37	19,10	10,18,32,7	7,18,25
23	Waste of substance	35,28,31,40	28,27,3,18	27,16,18,38	21,36,39,31	1,6,13	35,18,24,5	28,27,12,31	28,27,18,38	35,27,2,31			15,18,35,10	6,3,10,24
24	Loss of information		10	10		19			10,19	19,10			24,26,28,32	24,28,35
25	Waste of time	29,3,28,18	20,10,28,18	28,20,10,16	35,29,21,18	1,19,26,17	35,38,19,18	1	35,20,10,6	10,5,18,32	35,18,10,39	24,26,28,32		35,38,18,16
26	Amount of substance	14,35,34,10	3,35,10,40	3,35,31	3,17,39		34,29,16,18	3,35,31	35	7,18,25	6,3,10,24	24,28,35	35,38,18,16	
27	Reliability	11,28	2,35,3,25	34,27,6,40	3,35,10	11,32,13	21,11,27,19	36,23	21,11,26,31	10,11,35	10,35,29,39	10,28	10,30,4	21,28,40,3
28	Accuracy of measurement	28,6,32	28,6,32	10,26,24	6,19,28,24	6,1,32	3,6,32		3,6,32	26,32,27	10,16,31,28		24,34,28,32	2,6,32
29	Accuracy of manufacturing	3,27	3,27,40		19,26	3,32	32,2		32,2	13,32,2	35,31,10,24		32,26,28,18	32,30
30	Harmful factors acting on object	18,35,37,1	22,15,33,28	17,1,40,33	22,33,35,2	1,19,32,13	1,24,6,27	10,2,22,37	19,22,31,2	21,22,35,2	33,22,19,40	22,10,2	35,18,34	35,33,29,31
31	Harmful side effects	15,35,22,2	15,22,33,31	21,39,16,22	22,35,2,24	19,24,39,32	2,35,6	19,22,18	2,35,18	21,35,2,22	10,1,34	10,21,29	1,22	3,24,39,1
32	Manufacturability	1,3,10,32	27,1,4	35,16	27,26,18	28,24,27,1	28,26,27,1	1,4	27,1,12,24	19,35	15,34,33	32,24,18,16	35,28,34,4	35,23,1,24
33	Convenience of use	32,40,3,28	29,3,8,25	1,16,25	26,27,13	13,17,1,24	1,13,24		35,34,2,10	2,19,13	28,32,2,24	4,10,27,22	4,28,10,34	12,35
34	Repairability	11,1,2,9	11,29,28,27	1	4,10	15,1,13	15,1,28,16		15,10,32,2	15,1,32,19	2,35,34,27		32,1,10,25	2,28,10,25
35	Adaptability	35,3,32,6	13,1,35	2,16	27,2,3,35	6,22,26,1	19,35,29,13		19,1,29	18,15,1	15,10,2,13		35,28	3,35,15
36	Complexity of device	2,13,28	10,4,28,15		2,17,13	24,17,13	27,2,29,28		20,19,30,34	10,35,13,2	35,10,28,29		6,29	13,3,27,10
37	Complexity of control	27,3,15,28	19,29,39,25	25,24,6,35	3,27,35,16	2,24,26	35,38	19,35,16	19,1,16,10	35,3,15,19	1,13,10,24	35,33,27,22	18,28,32,9	3,27,29,18
38	Level of automation	25,13	6,9		26,2,19	8,32,19	2,32,13		28,2,27	23,28	35,10,18,5	35,33	24,28,35,30	35,13
39	Productivity	29,28,10,18	35,10,2,18	20,10,16,38	35,21,28,10	26,17,19,1	35,10,38,19	1	35,20,10	28,10,29,35	28,10,35,23	13,15,23		35,38



Undesired Result (Conflict)		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
		Reliability	Accuracy of measurement	Accuracy of manufacturing	Harmful factors acting on object	Harmful side effects	Manufacturability	Convenience of use	Repairability	Adaptability	Complexity of device	Complexity of control	Level of automation	Productivity
21	Power	19,24, 26,31	32, 15, 2	32, 2	19,22, 31,2	2, 35, 18	26,10, 34	26,35, 10	35, 2, 10,34	19,17, 34	20,19, 30,34	19,35, 16	28,2, 17	28,35, 34
22	Waste of energy	11,10, 35	32		21,22, 35,2	21,35, 2,22		35,22, 1	2,19		7, 23	35, 3, 15,23	2	28,10, 29,35
23	Waste of substance	10,29, 39,35	16,34, 31,28	35,10, 24,31	33,22, 30,40	10,1, 34,29	15,34, 33	32,28, 2,24	2,35, 34,27	15,10, 2	35,10, 28,24	35,18, 10,13	35,10, 18	28,35, 10,23
24	Loss of information	10,28, 23			22,10, 1	10,21, 22	32	27,22				35,33	35	13, 23, 15
25	Waste of time	10,30, 4	24,34, 28,32	24,26, 28,18	35,18, 34	35,22, 18,39	35,28, 34,4	4,28, 10,34	32, 1, 10	35, 28	6, 29	18,28, 32,10	24,28, 35,30	
26	Amount of substance	18, 3, 28,40	13, 2, 28	33, 30	35,33, 29,31	3,35, 40,39	29, 1, 35,27	35,29, 25,10	2,32, 10,25	15, 3, 29	3,13, 27,10	3,27, 29,18	8, 35	13,29, 3,27
27	Reliability		32,3, 11,23	11,32, 1	27,35, 2,40	35, 2, 40,26		27,17, 40	1, 11	13,35, 8,24	13,35, 1	27,40, 28	11,13, 27	1,35, 29,38
28	Accuracy of measurement	5,11, 1,23			28,24, 22,26	3,33, 39,10	6,35, 25,18	1,13, 17,34	1,32, 13,11	13,35, 2	27,35, 10,34	26,24, 32,28	28, 2, 10,34	10,34, 28,32
29	Accuracy of manufacturing	11,32, 1			26,28, 10,36	4,17, 34,26		1,32, 35,23	25, 10		26, 2, 18		26,28, 18,23	10,18, 32,39
30	Harmful factors acting on object	27,24, 2,40	28,33, 23,26	26,28, 10,18			24,35, 2	2, 25, 28,39	35,10, 2	35,11, 22,31	22,19, 29,40	22,19, 29,40	33, 3, 34	22,35, 13,24
31	Harmful side effects	24,2, 40,39	3,33, 26	4,17, 34,26							19, 1, 31	2, 21, 27,1	2	22,35, 18,39
32	Manufacturability		1,35, 12,18		24,2			2, 5, 13,16	35, 1, 11,9	2, 13, 15	27,26, 1	6,28, 11,1	8, 28, 1	35, 1, 10,28
33	Convenience of use	17,27, 8,40	25,13, 2,34	1,32, 35,23	2,25, 28,39		2, 5, 12		12,26, 1,32	15,34, 1,16	32,26, 12,17		1,34, 12,3	15, 1, 28
34	Repairability	11,10, 1,16	10,2, 13	25,10	35,10, 2,16		1,35, 11,10	1,12, 26,15		7, 1, 4, 16	35,1, 13,11		34,35, 7,13	1, 32, 10
35	Adaptability	35,13, 8,24	35,5, 1,10		35,11, 32,31		1,13, 31	15,34, 1,16	1,16, 7,4		15,29, 37,28	1	27,34, 35	35,28, 6,37
36	Complexity of device	13,35, 1	2,26, 10,34	26,24, 32	22,19, 29,40	19,1	27,26, 1,13	27,9, 26,24	1,13	29,15, 28,37		15,10, 37,28	15, 1, 24	12,17, 28
37	Complexity of control	27,40, 28,8	26,24, 32,28		22,19, 29,28	2,21	5,28, 11,29	2,5	12,26	1,15	15,10, 37,28		34, 21	35, 18
38	Level of automation	11,27, 32	28,26, 10,34	28,26, 18,23	2,33	2	1,26, 13	1,12, 34,3	1,35, 13	27,4, 1,35	15,24, 10	34,27, 25		5,12, 35,26
39	Productivity	1,35, 10,38	1,10, 34,28	18,10, 32,1	22,35, 13,24	35,22, 18,39	35,28, 2,24	1,28, 7,19	1,32, 10,25	1,35, 28,37	12,17, 28,24	35,18, 27,2	5,12, 35,26	



CONTRADICCIONES FÍSICAS⁹

Uno de los objetivos de esta tercer clase es no solo aprender sobre contradicciones físicas y su planteo, sino también la de reafirmar a través de sus diferencias esenciales el concepto y uso de las contradicciones técnicas. A nivel áulico, se presentará algún otro ejemplo de contradicciones técnicas y luego se comenzará con las contradicciones físicas, intentando con esta estrategia que el alumno logre por sí solo diferenciar ambas herramientas, tanto desde lo filosófico, como desde lo metodológico.

INTRODUCCIÓN

El término “contradicción física” es común en TRIZ; este proviene del trabajo original de Genrich S. Altshuller. Una contradicción física no es ni más ni menos científica que las contradicciones técnicas descritas en la clase anterior. Ambas contradicciones pueden aparecer en cualquier técnica. Los requerimientos mutuamente exclusivos son demandados desde el mismo subsistema (funciones, características o propiedades, parámetros, etc.), del sistema técnico o proceso tecnológico para el caso de las contradicciones físicas. Esto es así, pues, una contradicción física representa el problema *puntual* en el así llamado subsistema *clave* (función, característica, etc.). Frecuentemente, resulta más fácil operar con las características opuestas en vez de trabajar con los requerimientos mutuamente exclusivos, o dos valores desiguales de un parámetro para esta característica. Por ejemplo, un emisor de electrones debería tener una forma puntiaguda para emitir una gran corriente eléctrica en el display del panel plano de emisión de campo, pero con tal forma, el emisor no puede mantener la carga eléctrica y se quema.

⁹ Tomado y adaptado de: ENGINEERING OF CREATIVITY (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving) by Semyon D. Savransky. © 2000 by CRC Press LLC.



Podemos formular la contradicción física del siguiente modo: el contorno de un emisor de electrones debería ser grueso para no quemarse y a su vez debería ser puntiagudo para emitir una gran corriente eléctrica. En este caso, el subsistema clave es el contorno de un emisor de electrones y los parámetros opuestos son puntiagudo versus grueso. Tales requerimientos mutuamente exclusivos u opuestos son frecuentemente rotulados como características “positivas y negativas”.

La transición desde una contradicción par técnica hacia una puntual física, frecuentemente, resulta posible debido a la identificación del subsistema clave o característica del resultado deseado que causa el impacto negativo. Este subsistema clave A (o sus características) que debería tener los parámetros opuestos $\pm B$ se convierte en el objeto de la contradicción puntual. Este último, puede ser formulado como:

A tendría / debería ser (+B) y A tendría / debería ser (-B) o
(+A) actúa como B y (-A) actúa como B

La contradicción técnica es que algún subsistema “Y” debería estar caliente para trabajar correctamente, pero el calentamiento causa la degradación del subsistema vecino X. El parámetro clave A aquí es la temperatura. Por eso, la contradicción física puntual es que la temperatura debe ser alta y baja. Ambas contradicciones son idénticas: una alta temperatura mejora “Y” pero degrada “X”, mientras que una baja temperatura no mejora “Y” y no degrada “X”. Algunas veces, es más fácil formular una contradicción física que una técnica. Por ejemplo, un flujo de reactivo debería ser elevado para incrementar la velocidad de una reacción química y bajo para evitar desperdicios de energía y la destrucción de la delgada película del chip de un circuito integrado.



ZONA Y PERIODO OPERATIVO

TRIZ asume que el ST (Sistema Técnico) y el PT (Proceso Tecnológico) existen en el tiempo y en el espacio sin los efectos relativistas de Einstein (lo cual es una buena aproximación para la mayoría de los ST y PT). Por eso, las dos peculiaridades de la contradicción – espacial y temporal- son consideradas en TRIZ. Una contradicción existe en la zona operativa y durante el periodo operativo, mostrando donde la contradicción surge y exactamente cuando.

El Periodo Operativo T consiste del intervalo de contradicciones en sí mismo T1, el término previo a la contradicción T2 y luego de la contradicción T3. Un valor de cualquier Ti no está predeterminado en TRIZ. En el caso general, la suma $T=T1+T2+T3$ representa los recursos de tiempo disponible.

La Zona Operativa consiste del volumen Z1 del subsistema clave en el cual la contradicción ocurre y de la región disponible Z2 alrededor de esta área Z1 (en el subsistema clave, en otros subsistemas, en el ambiente). En el caso general, $Z=Z1+Z2$ representa los recursos de los espacios disponibles.

Para decidir si Z y T (frecuentemente llamada zona y tiempo del conflicto) son seleccionadas correctamente, necesitamos apuntar hacia una herramienta y hacia un producto. Ambas ideas, zona y periodo operativos, son aplicables a una herramienta (Zt y Tt) y a un producto (Zp y Tp), como también para los requerimientos positivos (+B) o negativos (-B) (Z+, Z- y T+, T-) y para el subsistema clave. Como regla, los PF¹⁰ o UF¹¹ son fuentes de los requerimientos positivos, mientras que los HF¹² son fuentes de los requerimientos negativos.

¹⁰ En inglés: **Principal Function**, en castellano función principal.

¹¹ En inglés: **Useful Function**, en castellano función.

¹² En inglés: **Harmful Function**, en castellano función dañina.



TRIZ asume que la zona y periodo operativo muestran donde y cuando una herramienta trabaja desde una técnica interactuando con un producto. De otro modo, este es el error de selección del par producto/herramienta o una o ambas de las peculiaridades operativas. Las herramientas y productos pueden frecuentemente interactuar directamente o vía algún campo dentro de la zona operativa Z1 durante el periodo operativo T1. La identificación de las peculiaridades operativas T y Z pueden ayudar a distinguir la clase de contradicción en un problema y por eso orienta hacia la elección de una heurística apropiada del TRIZ en la búsqueda de la solución del problema.

El subsistema clave, como regla, es una herramienta debido a que normalmente no podemos cambiar los requerimientos de un producto. Las dos características opuestas, físicas, geométricas o funcionales son usualmente requeridas desde la herramienta en el problema puntual.

Por consiguiente, TRIZ, considera solamente unas pocas posibilidades para el periodo y zona operativa de los parámetros opuestos del subsistema clave para ser *separados*, *contactados* o *intersectados*. La figura 1 ilustra esquemáticamente las tres variantes de interacciones entre las zonas operativas y periodos operativos, mostrados por simplicidad con líneas rectas.

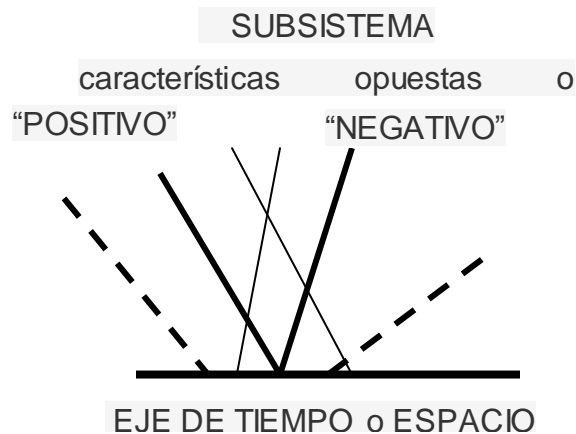


Figura 25. Ilustración de posibles "interacciones" de tiempos operativos y zonas operativas: separadas (líneas cortadas), contactadas (línea sólida gruesa), e intersectadas (línea sólida y fina).



Cualquier punto en el eje horizontal representa un momento único del tiempo o un elemento espacial único (ejemplo: puntual), así, la dirección exacta del eje horizontal no es importante, aunque, debería ser la misma para el parámetro positivo y negativo.

La ilustración unidimensional resulta aquí suficiente (y verdaderamente es usada casi siempre en el análisis TRIZ) porque se asume que ninguna zona operativa intersecta temporalmente (es decir una geometría euclídea newtoniana clásica) para una técnica. En la Figura 25 no hay eje vertical. El cuadro bidimensional es utilizado en la Figura 25 para facilidad visual. La representación de los casos de separación, contacto e intersección es por medio de simples símbolos \setminus , \vee y \times , existentes en cualquier teclado de computadora.

Existen un total de seis casos:

Tres casos para el periodo operativo

$X\tau$ — las propiedades $+B$ y $-B$ existen en el mismo intervalo de tiempo (o incluso, enfáticamente, para algunos problemas: siempre $+B$ y $-B$);

$\vee\tau$ — $+B$ hasta el momento de $\tau \leq \tau_0$, luego $-B$ inmediatamente desde el momento $\tau \geq \tau_0$;

$\setminus\tau$ — $+B$ hasta el momento τ_1 , luego $-B$ desde el momento τ_2 que esta después que τ_1 .

Tres casos para las zonas operativas

Xz — las propiedades $+B$ y $-B$ existen en el mismo segmento espacial (o incluso, enfáticamente, para algunos problemas: en todas partes $+B$ y $-B$);

$\vee z$ — $+B$ hasta la coordenada $\zeta \leq \zeta_0$ (antes del ζ_0) y $-B$ en el punto $\zeta \geq \zeta_0$ (después del ζ_0) (note que en este caso la dimensión del límite entre el Z^+ y Z^- no es mas alto que la dimensión más baja de estas zonas);

$\setminus z$ — $+B$ hasta la coordenada ζ_1 luego $-B$ desde la coordenada ζ_2 que es más alta o más pequeño que ζ_1 , $\zeta_1 \neq \zeta_2$.



BREVE LISTA DE LAS CARACTERÍSTICAS OPUESTAS

Como regla, dos características opuestas físicas, geométricas, funcionales, son requeridas desde la herramienta para la formación de una contradicción física. Cualquier característica puede tener un amplio espectro de valores paramétricos. La lista TRIZ de campos técnicos y estados de la materia, tiene una clasificación más amplia comparada con las ciencias naturales tales como la física o química, donde solamente son considerados los campos “fundamentales” y los estados; sin embargo, la lista TRIZ de formas, es la misma que conocemos desde la geometría, por ejemplo, los campos básicos (gravitatorio, eléctrico, etc.) y los campos (químicos, acústicos, etc.) son considerados en TRIZ igualmente, como lo son las sustancias las cuales pueden existir en el estado fundamental (sólidos y gases) y mezclas (suspensión, gel viscoso, nieblas, etc.).

La siguiente breve lista, muestra algunas características que reflejan varias de las posibles contradicciones físicas.

Tabla VIII. Listado de distintas clases de características opuestas útiles a la hora de definir contradicciones físicas.

Geométricas	Material y Energética	Funcional
Largo vs. Corto	(Grande vs. Pequeño)	Arrojar vs. Tomar
Simétrico vs. Asimétrico	Densidad	Empujar vs. Tirar
Paralelo vs. Intersección	Conductividad	Caliente vs. Frío
Fino vs. Grueso	Temperatura	Rápido vs. Lento
Redondo vs. No circular	Tiempo	Movimiento vs. Quietud
Filoso vs. Desafilado	Viscosidad	Fuerte vs. Débil
Estrecho vs. Ancho	Potencia	Blando vs. Duro
Horizontal vs. Vertical	Fricción	Barato vs. Costoso
Etc.	Etc.	Usar Diccionario de Antónimos

Usted puede expandir esta lista y agregar otras características que son importantes para su sistema técnico o proceso tecnológico.



TIPOS DE CONTRADICCIONES FÍSICAS

Algunas contradicciones físicas se dan en la situación de cuando los requerimientos opuestos son aplicados al mismo subsistema A. El subsistema clave A puede ser alguna sustancia o campo tal como son definidos en TRIZ.

Basados en los resultados descriptos en secciones previas, podemos formular una contradicción física (puntual) de la siguiente forma:

El subsistema clave (*nombre*) debería ser o tener (*parámetro "positivo"*) para (*primer requerimiento para la herramienta*), y el subsistema clave (*nombre*) debería no ser o no tener (*parámetro "negativo"*) para (*segundo requerimiento para la herramienta*).

Las palabras italizadas deberían ser reemplazadas con los términos relevantes al problema.

El TRIZ moderno busca eliminar contradicciones físicas en el subsistema clave por separación de los requerimientos mutuamente exclusivos:

- En el espacio,
- En el tiempo,
- Bajo una condición,
- Entre las partes y el total.

Sergey A. Faer arguyó que los efectos geométricos o químicos deberían ser útiles para la resolución de contradicciones físicas si el subsistema clave es una sustancia, mientras que los efectos físicos son más adecuados cuando el subsistema clave es un campo. Algunas veces una contradicción puede ser resuelta por transición desde una sustancia hacia un campo, o viceversa.



Aunque las dos primeras separaciones aparecen frecuentemente a causa de los errores de selección, estos casos son útiles para reducir la inercia psicológica del analista. La siguiente sección demuestra como los métodos de separación ayudan a resolver contradicciones físicas.

HEURÍSTICAS DE SEPARACIÓN

En esta sección, se detalla a través de diversos problemas resueltos, las **cuatro heurísticas de separación** utilizadas para la resolución de contradicciones físicas.

SEPARACIÓN EN EL ESPACIO

Si los requerimientos mutuamente exclusivos son demandados desde el subsistema clave, la separación en el espacio es posible cuando un requerimiento existe (o es hecho más grande) en un lugar y está ausente (o es hecho más pequeño) en otro. Para aplicar esta heurística de separación, nos hacemos la siguiente pregunta ¿Necesitamos que este parámetro sea “positivo” y “negativo” en todas partes, o hay un lugar en el espacio donde este no se requiera? Si tal lugar existe, entonces, puede ser posible separar los requerimientos opuestos para el subsistema clave en el espacio.

Ejemplo

Un submarino aleja de si los detectores sonar para conseguir información acerca del mundo exterior en la oscuridad marina. Arrastra los detectores en el extremo final de cientos de metros de cable para separar el detector del ruido del submarino. De este modo, un submarino y su sonar están separados en el espacio, ver Figura 26.

Tabla V. Establecimiento de la contradicción técnica 1.



LOS OÍDOS DEL FUTURO SUMERGIBLE DE ATAQUE ESPAÑOL

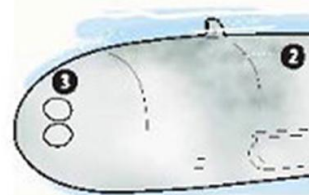
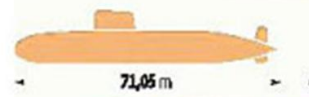
El primer sistema de sónar para el S-80 ya ha superado las pruebas de rendimiento en el teatro de operaciones.

El submarino S-80

Este ingenio atesora la categoría de confidencial y secreto en la mayoría de sus componentes. Construido por Navantia, en 2013 estará listo el primero de los cuatro contratados.

FOJA TÉCNICA

Diámetro casco resistente	7,30 m
Desplazamiento en inmersión	2.426 tn
Flotabilidad	9,4%
Propulsión	Híbrida*
Dotación	32 (+8)



(*): Diésel-eléctrica y AIP de nueva tecnología.

Fuente: Lockheed Martin y Navantia.

Towed Array System

El sónar remolcado es un fino tubo que va sujeto a la popa del submarino. Está compuesto por una serie de sónares pasivos (Hidrófonos) que exploran las bandas medias y anchas del espectro del sonido. Tiene una cobertura de 360°.

Hidrófonos

Están colocados de forma estratégica a lo largo del tubo. Detectan y analizan la energía acústica producida por otra embarcación y por su armamento.

El S-80 también contará con sistemas de sónar de flanco (1), medición de distancia (2) y detección de minas (3)



Para conectar el sónar al submarino se usa un cable flexible. Aunque es de gran resistencia, por encima de ciertas velocidades puede romperse.

infografía@negocio.com

[Diario Negocios, 16/11/09].



Figura 26. Ejemplo de separación en espacio.



Ejemplo

Problema – Piezas metálicas que están ubicadas en un contenedor con una sal metálica en suspensión (níquel, cobalto, cromo en un líquido) para un recubrimiento químico de sus partes superficiales. Durante la reacción de reducción, el metal desde la suspensión precipita sobre sus partes superficiales.

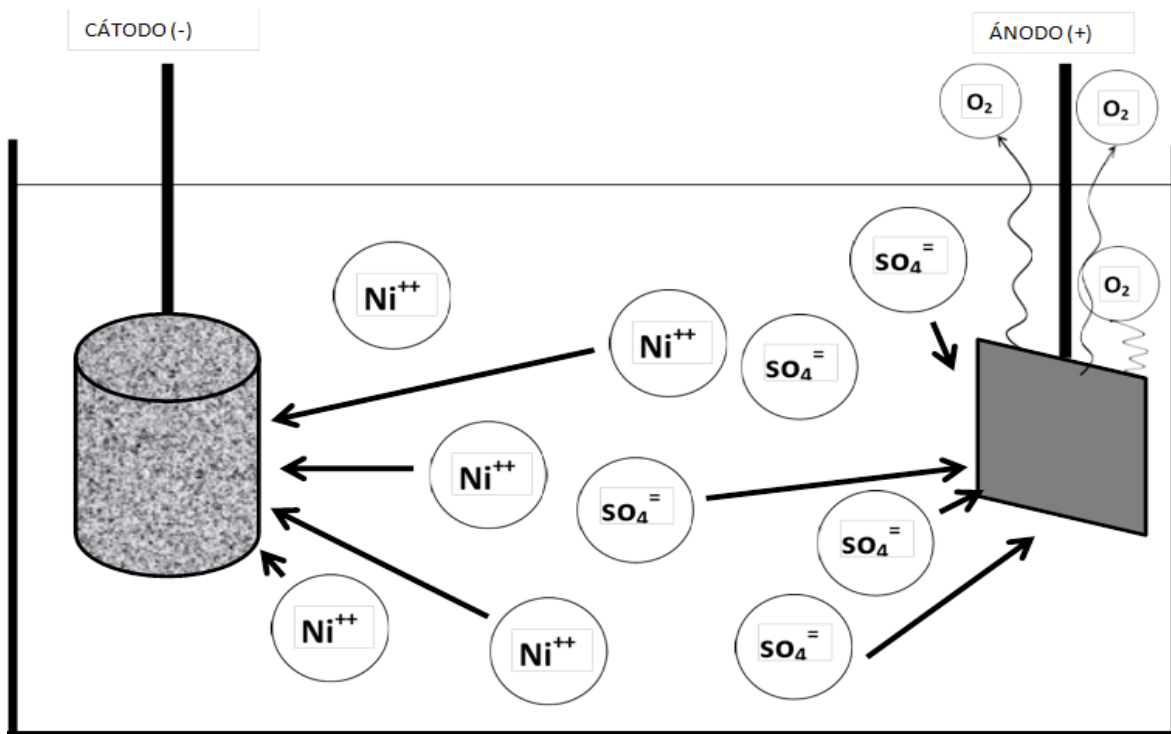


Figura 27. Esquema simplificado del proceso electrolítico de deposición de iones niquelosos sobre la pieza a niquelar colocada como cátodo.

Tradicionalmente, el proceso es llevado a cabo en suspensión caliente. Las temperaturas altas aceleran el proceso, pero la suspensión se descompone a altas temperaturas. Casi un 75% de los químicos caen al fondo y las paredes del contenedor. No resulta efectivo la adición de estabilizadores y conducir el proceso a bajas temperaturas hacer decrecer abruptamente la productividad de este proceso tecnológico.

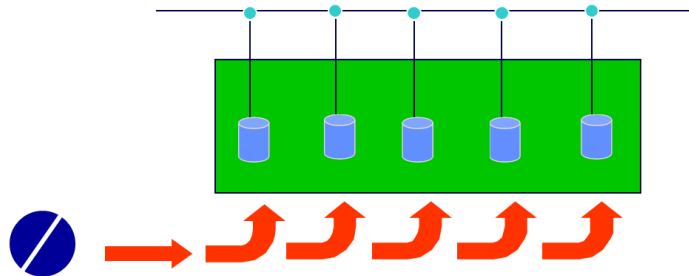


Figura 28. Representación esquemática del calentamiento del baño electrolítico, acción la cual descompone las sales, aunque tal acción mejora el rendimiento de la deposición de los iones cobaltosos.

Análisis – En esta situación la suspensión de la sal metálica es la herramienta y la superficie es el producto. Los requerimientos para la herramienta son caliente y frío.

Contradicción – El proceso debe ser en caliente por la velocidad y efectividad de recubrimiento, y frío para utilizar eficientemente la solución de la sal metálica.

Análisis (continuación) – Ambos, T1h y T1p corresponden al tiempo cuando la sal metálica en suspensión está caliente, por eso T1h y T1p están en contacto o intersectándose y el mismo es verdadero para los requerimientos de la herramienta. Las zonas operativas son diferentes porque Z1h es volumen alejado desde la superficie de la pieza y Z1p es el área de la superficie de las piezas, por eso Z1h y Z1p están separadas. El requerimiento para la herramienta no especifica que debe tener temperaturas opuestas en el volumen total, por lo tanto Z+ y Z- están separados. La pregunta comienza aparentemente con un sucinto fraseo de este problema \sqrt{z} – solamente las áreas de suspensión alrededor de la pieza deben estar calientes.



Solución – El producto es calentado a alta temperatura antes de ser inmerso en una suspensión fría. En este caso, la suspensión esta caliente cerca del producto, pero fría en todas partes. Para llevar a cabo esto, las partes en si mismas, además que la suspensión puede ser calentada.

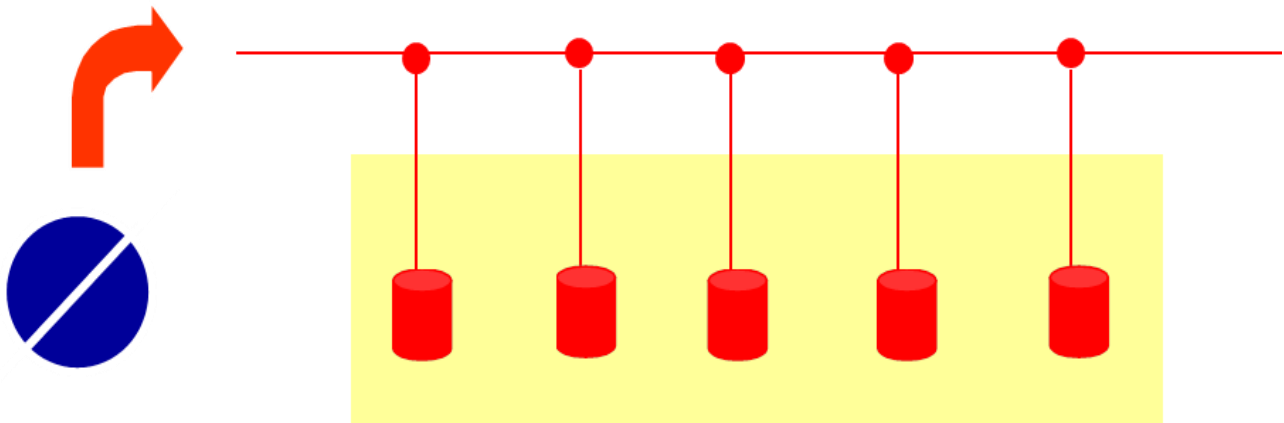


Figura 29. Representación esquemática de la solución sugerida, la cual es la de calentar la pieza antes de introducirla al baño o de calentar la pieza por medio de una corriente eléctrica.

Sugerencia práctica – En el recubrimiento con níquel de las piezas, solo es necesario incrementar la temperatura solamente en la proximidad de las partes. Un camino para mantener el producto caliente es mediante un calentamiento inductivo aplicando una corriente eléctrica en las piezas metálicas durante el proceso de recubrimiento.

En resumen, para un problema puntual \setminus/z , un analista debería

- a. Probar particionar (verdaderamente o teóricamente) el subsistema clave en dos o más subsistemas, y entonces
- b. Asignar cada función contradictoria o requerimiento opuesto a un diferente subsistema.



Note: La disponibilidad de recursos de una herramienta y/o un producto o materia prima en Z2 frecuentemente puede ser usado por separación en el espacio.

Por lo tanto, es posible separar el requerimiento opuesto para el subsistema clave en el espacio cuando Z- y Z+ están *separados* uno del otro.

SEPARACIÓN EN EL TIEMPO

Si los requerimientos mutuamente exclusivos son demandados desde el subsistema clave, la separación en tiempo es posible cuando un requerimiento existe (o se hace más grande) en un periodo y ausente (o se hace más pequeño) en otro intervalo de tiempo. Para aplicar esta heurística de separación, nos hacemos la siguiente pregunta: ¿Necesitamos que los parámetros sean “positivo” y “negativo” en todo el tiempo, o hay algún intervalo (o intervalos) de tiempo durante el cual no es necesario? Si cada uno de los intervalos existe, puede ser posible para separar los requerimientos opuestos para el subsistema clave en el tiempo.

Ejemplos

Los pilotes de concreto deben ser puntiagudos para facilitar su manejo, pero no puntiagudo para soportar cargas. Las pilas son hechas puntiagudas, las cuales luego de manejadas son destruidas por medio de un explosivo insertado. De este modo, los pilotes agudos son dependientes del tiempo.

Las alas de avión son más grandes para el despegue, y luego se retraen en vuelos a altas velocidades. De este modo, la geometría de las alas es dependiente del tiempo.



Figura 30. Las alas de avión son más grandes para el despegue, y luego se retraen en vuelos a altas velocidades. De este modo, la geometría de las alas es dependiente del tiempo.



Ejemplos

Es difícil pasar un hilo grueso a través del ojo pequeño de una aguja.



Figura 31. A la izquierda, una aguja enhebrada, a la derecha, una propuesta de intento de lograr lo mostrado en la foto de la izquierda.

Nosotros podemos formular la contradicción física siguiente para representar esta situación: Una aguja debe tener un ojo grande para facilitar inserción del hilo, y debe tener un ojo pequeño para un conveniente cosido.



Figura 32. Esquema de una aguja de ojo grande, lo cual resulta cómodo para enhebrar, pero no se puede coser con una aguja así, por lo cual para superar esto debe ser el agujero pequeño.



Con separar la contradicción a tiempo este problema puede formularse como sigue: el ojo debe ser grande mientras el hilo se inserta, y debe ser pequeño durante el cosido.

R. Pace de Gran Bretaña diseñó una aguja hecha de dos alambres finos de idéntica longitud, ver Figura 33.

Los alambres se sueldan juntos en un extremo, retorcido en tres cuartos de un giro, luego son soldados al extremo opuesto. El aspecto resultante de la aguja es el de una aguja ordinaria, pero cuando se desenrolla ligeramente, aparece una hendidura, el ojo, grande y a través de él, un hilo puede pasar fácilmente. Cuando se suelta, la aguja vuelve a su forma inicial y con el hilo hilvanado.

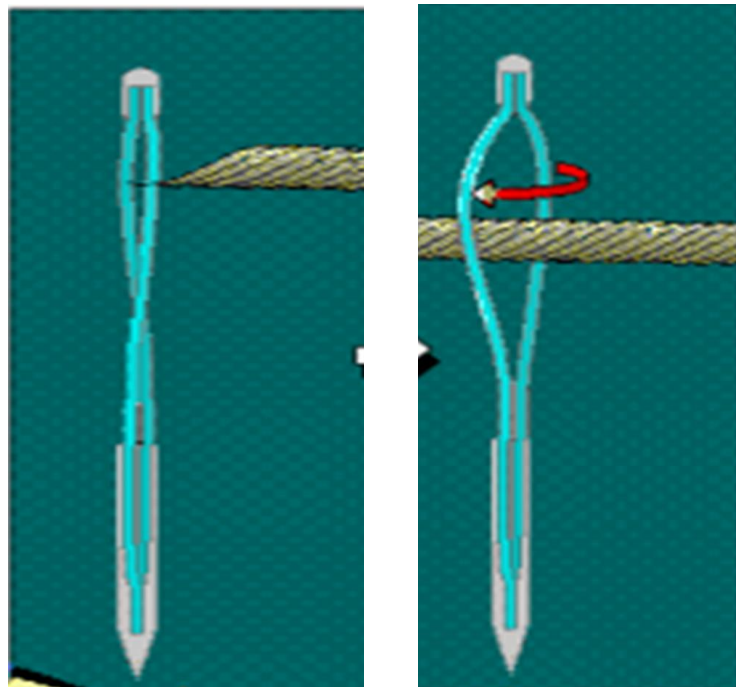


Figura 33. Resultado de la solución haciendo uso del principio de separación en tiempo.



En las Figuras 34 y 35 se muestran otras formas de solución a este problema.

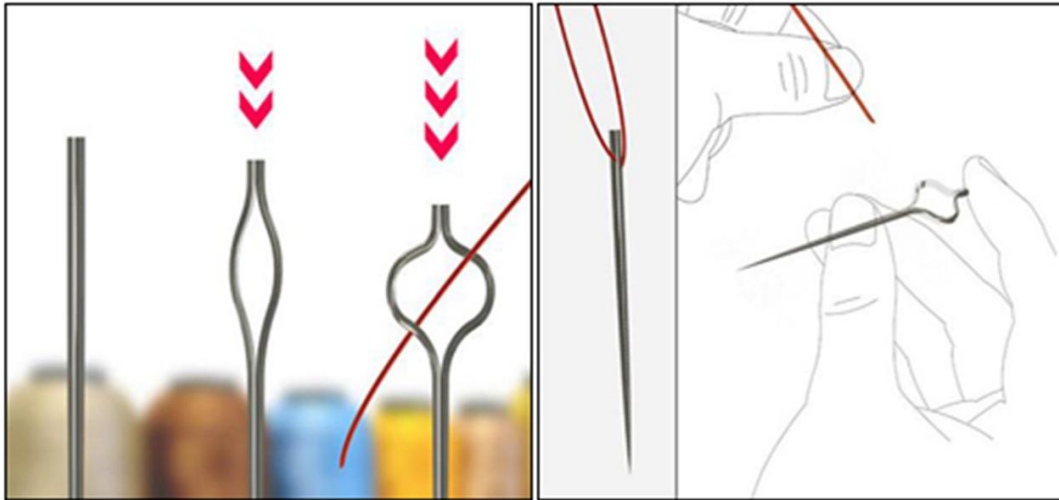


Figura 34. Otras formas de solucionar este proble.



Figura 35. Otras formas de solucionar este problema.



Figura 36. Otras formas de muy distinta solucionar este problema a las anteriores.

En la figura 37 podemos observar un modelo de aguja fabricada con asta de ciervo por civilizaciones muy antiguas. Este diseño se mantuvo hasta la actualidad. Esto es lo que se llama Inercia Psicológica. Romper esta inercia psicológica puede producir alguna invención, innovación, etc.



Figura 37. Aguja para enhebrar muy antigua. Este diseño ha cambiado poco hasta la actualidad. Muchos de los diseños modernos son copias de este primitivo



¿Cuántos artefactos fabricados están aún en este avanzado siglo manteniendo el formato casi original? ¿Lo pensó? ¿No cree estimado alumno que pensar en ello y haciendo uso de TRIZ puede ser una gran oportunidad para invención, mejora, etc.?

Ejemplo

Problema – Cuando un alambre para aplicaciones electrotécnicas es manufacturado, pasa a través de un baño de esmalte líquido y también a través de una matriz la cual remueve el exceso de esmalte controlando el diámetro del alambre. La matriz debe estar caliente para asegurar una calibración confiable. Si el avance del alambre es interrumpido por diez o más minutos, se hornea el esmalte en la matriz caliente y el alambre queda firmemente atrapado. El proceso debe entonces ser detenido para cortar el alambre y limpiar la matriz.

Análisis – En esta situación, la matriz es la herramienta, y el esmalte sobre el alambre es el producto. Los requerimientos mutuamente exclusivos para la herramienta son estar caliente y estar frío.

Contradicción – La matriz debería estar caliente y fría, lo cual está prohibido por las leyes de la física.

Análisis (continuación) - Z+ y Z- la intersección existe porque el total de la matriz debe tener temperaturas opuestas. La intersección posible también existe para Zh y Zp porque el alambre y la matriz deberían estar en el mismo lugar. ¿Es posible intercambiar la herramienta y el producto? Requerimiento para el producto:

El alambre debería estar esmaltado y el diámetro del esmalte debería ser constante. La existencia del proceso permite contactar el alambre que llega con un volumen aleatorio de aislación superficial. No podemos cambiar el producto o



modificar el proceso. Permítanos considerar el periodo operativo. T_{1p} es el intervalo total cuando el exceso de esmalte existe en la superficie del alambre (sin considerar el movimiento del alambre); T_{1h} es el intervalo de tiempo de la matriz para estar fría cuando el alambre con exceso de esmalte no está en movimiento.

T_h y T_p no se cruzan. El alambre debería estar caliente todo el tiempo, y la matriz no debería estar caliente solamente en el periodo cuando se evalúa el tamaño del diámetro del alambre (remoción del exceso de esmalte), y por lo tanto T_+ y T_- están separados.

Detalle de la contradicción – La matriz debería estar caliente cuando el alambre esta siendo jalado y fría cuando el alambre no está en movimiento.

Problema Simplificado - ¿Cómo haremos para mantener la matriz caliente cuando el esmalte fresco del alambre está en movimiento a través de la matriz y fría cuando el alambre no se mueve? ¿Hay una vía para tener la matriz caliente y no caliente automáticamente? Mientras el alambre está siendo jalado sobre la matriz, hay una fuerza significativa de tiro de la matriz en la dirección del jalado del alambre. Cuando el alambre se detiene allí, no será jalado.

Solución – La matriz puede ser fijada a un resorte. Cuando el alambre se mueve, este tira la matriz, la cual comprime el resorte dentro de la zona caliente. La matriz es calentada por inducción. Cuando se deja de tensionar el alambre, el resorte vuelve hacia la parte fría el alambre sin el rebaje del esmalte, y este no se quema, ver Figura 38.

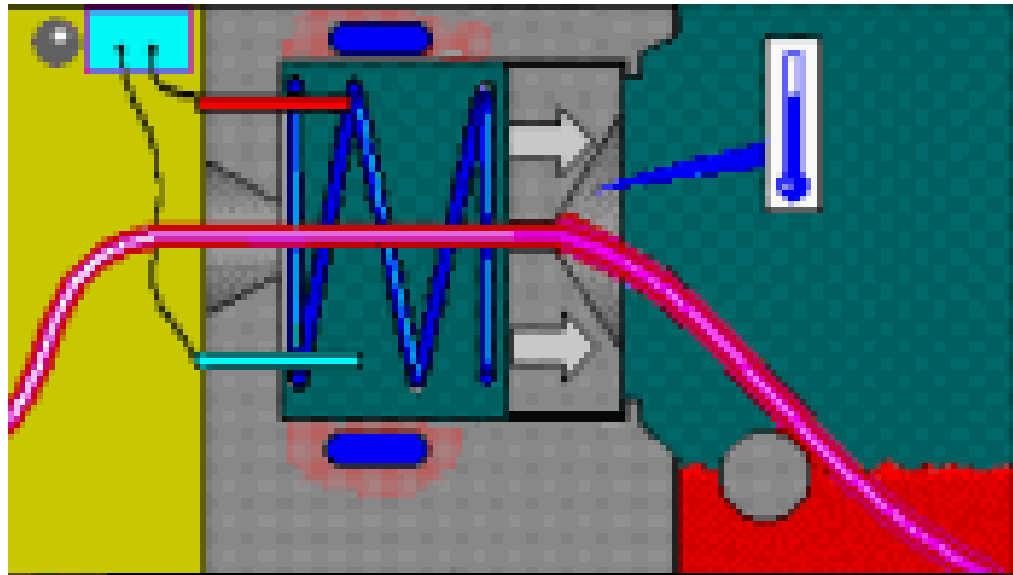
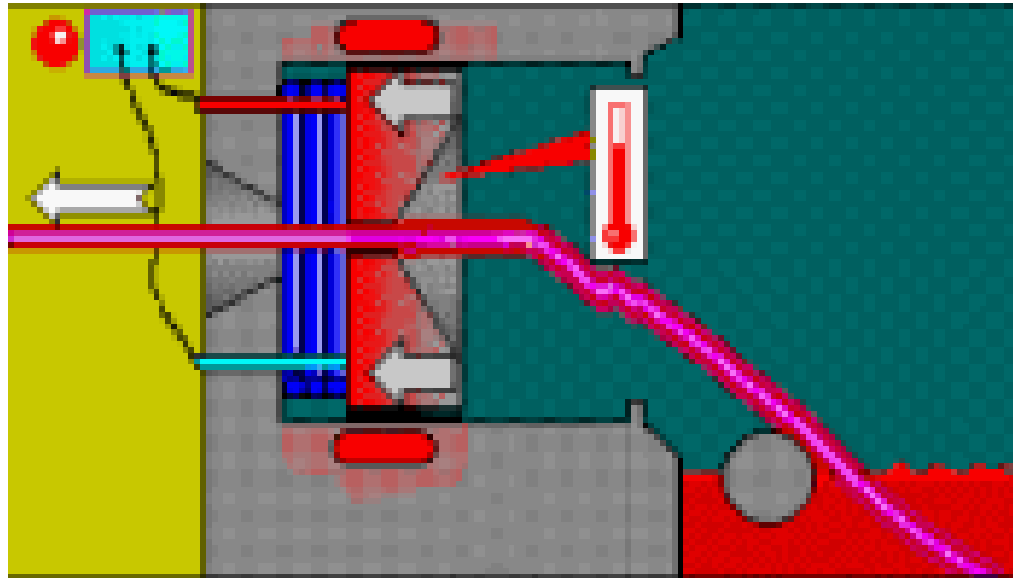


Figura 38. En la foto de más arriba, la matriz puede ser fijada a un resorte. Cuando el alambre se mueve, este tira la matriz, la cual comprime el resorte dentro de la zona caliente. La matriz es calentada y por inducción. En el dibujo de abajo, cuando se deja de tensionar el alambre, el resorte vuelve hacia la parte fría el alambre sin el rebaje del esmalte, y este no se quema.



En suma, para un \setminus / τ problema puntual, un analista debería:

- a. Programar la ejecución (verdaderamente o teóricamente) técnica UF de tal modo que los requerimientos opuestos (o funciones conflictivas) tomen efecto en diferentes tiempos, and/or.
- b. Cambiar los parámetro(s) del subsistema clave o del medioambiente si una contradicción no es inicialmente planteada como una restricción temporal.

Nota: Los recursos disponibles T2 y T3 puede ser empleados por separación en el tiempo.

T2 es usado más frecuentemente que T3.

De este modo, es posible separar los requerimientos opuestos para el subsistema clave en el tiempo cuando T- y T+ están *separados* uno de otro.

Estas dos separaciones posibilitan el encadenamiento de las contradicciones físicas y técnicas. Simon S. Litvin proveyó ejemplos de muchas soluciones patentadas que están basadas sobre Principios Inventivos (ver capítulos previos) para usar cuando las contradicciones físicas aparecen en los casos de “separación”. Estos encadenamientos están resumidos en el Apéndice 6.



SEPARACIÓN BAJO UNA CONDICIÓN

Si los requerimientos mutuamente exclusivos son demandados desde el subsistema clave, la separación bajo condiciones es posible si un requerimiento existe (o es alto) bajo una condición y está ausente (o es bajo) en otras.

Ejemplo

El agua es una sustancia “blanda” y “dura” dependiendo de la velocidad de ingreso de un cuerpo sólido en o sobre la velocidad de un chorro de agua, de este modo, la velocidad es la condición para considerar cuando las propiedades del agua son discutidas.

Un colador es poroso con respecto al agua y sólido con respecto a la comida, por ejemplo, pastas. De éste modo, la dimensión y flexibilidad de la sustancia son las condiciones ha ser considerados cuando un tamiz es utilizado para trabajar con esta sustancia.

Ejemplo

Problema- El agua pura fluye a través de una cañería. El agua se congela en la cañería durante el invierno y el caño se rompe.

Análisis- En esta situación, la herramienta y el producto parecen ser intercambiables; ambos, caño y agua, parecen herramientas y pueden ser considerados como productos. Permítanos formular los requerimientos opuestos primero para el caño y el agua. Los requerimientos mutuamente exclusivos del caño son (1) el caño debe ser blando y (2) rígido para conducir el agua y debe tener agujeros para permitir la remoción del exceso de agua creada por la fuerte expansión térmica del agua cercana a la temperatura de congelamiento. Los requerimientos mutuamente exclusivos del agua cuando se torna hielo a temperaturas bajo 0°C durante el invierno y no expanden durante la transición de



fase. Los requerimientos para el agua son inconsistentes con la naturaleza de este líquido y no podemos cambiar sus propiedades físicas y/o químicas (tenemos que tener agua pura). Por otro lado, el segundo conjunto de requerimientos de la cañería esta casi en contra del comportamiento natural de los materiales de los caños comunes (usualmente plásticos o metálicos). Los plásticos y metales pueden tener agujeros, pero sus aberturas no deberían incrementarse cuando la temperatura decrece a causa del coeficiente positivo de la expansión térmica de estos materiales. De éste modo es conveniente asumir que la cañería es la herramienta y el agua es el producto y el uso del primer conjunto de requerimientos opuestos para formular la contradicción física.

Contradicción- El caño debería ser rígido para que no se curve y debería ser blando para ceder al hielo.

Análisis (continuación)- El período operativo T+ y T- también como T1h y T1p coincide (“contacto” o “intersección”) cuando el agua se congela en un mismo invierno. La zona operativa para la herramienta Z+ (caño rígido) y Z- (caño blando) no pueden ser separados (el caño no debería romperse) y Z+ y Z- no necesariamente interseca a lo largo de todo la longitud del caño. Por otro lado, la zona operativa para la herramienta y el producto son diferentes porque Z1h es una pared del caño y Z1p es el espacio ocupado por el agua en el caño; ellos se contactan uno con otro solamente en la superficie interna de la pared del caño.

Solución- Se coloca una sustancia elástica en un caño.

En resumen, para un problema V_T (o V_Z) puntual, un analista debería

- a. Encontrar las características especiales del subsistema clave,
- b. Determinar y aplicar un estímulo para iniciar o terminar estas características o rasgos del subsistema clave.



En algunos casos, tales contradicciones pueden ser resueltas por aplicaciones de contradicciones físicas en los límites de las zonas operativas Z- y Z+ o en el momento de “colisión” de los períodos operativos T- y T+. De este modo, algunas veces es posible separar los requerimientos opuestos para el subsistema clave bajo condiciones cuando T- y T+ o Z+ y Z- *contactan* uno con el otro.

SEPARACIÓN ENTRE LAS PARTES Y EL TOTAL

Si los requerimientos mutuamente exclusivos son demandados desde el subsistema clave, la separación entre las partes y el total es posible cuando un requerimiento existe (tiene un valor) en el nivel del subsistema clave pero no existe (tiene el valor opuesto) a nivel del sub-subsistema, y/o sistema, y/o del supersistema.

Ejemplo

Una cadena de bicicleta es rígida en el micronivel para resistir y flexible en el macronivel. De este modo, la transición macro→micro es para ser considerada cuando las propiedades de la cadena de bicicleta sean discutidas.



Figura 39. Una cadena de bicicleta es rígida en el micronivel para resistir y flexible en el macronivel para un fabricante de bicicletas.

Las resinas epoxi y el endurecedor son líquidos, pero ambos solidifican cuando son mezclados y forman un compuesto epoxi. De este modo, la transición de los subsistemas \rightarrow sistema (o sistema \rightarrow supersistema) es para ser considerado cuando las propiedades del sistema sean discutidas.

Ejemplo

Problema- Las piezas con forma compleja pueden ser difíciles de sujetar con una morsa común.

Contradicción- La principal función de la morsa es proveer una fuerza de sujeción distribuida equitativamente (una cara de agarre plana y firme). El subsistema requiere algunos medios para conformar la superficie irregular del objeto (una cara de agarre flexible).



Solución- Manguitos duros permanecen en el extremo entre la superficie plana de la mandíbula de la morsa y la superficie irregular. Cada manguito está libre de moverse horizontalmente para amoldarse a la superficie de las piezas cuando la presión se incrementa, mientras distribuye igual fuerza de agarre en el objeto.

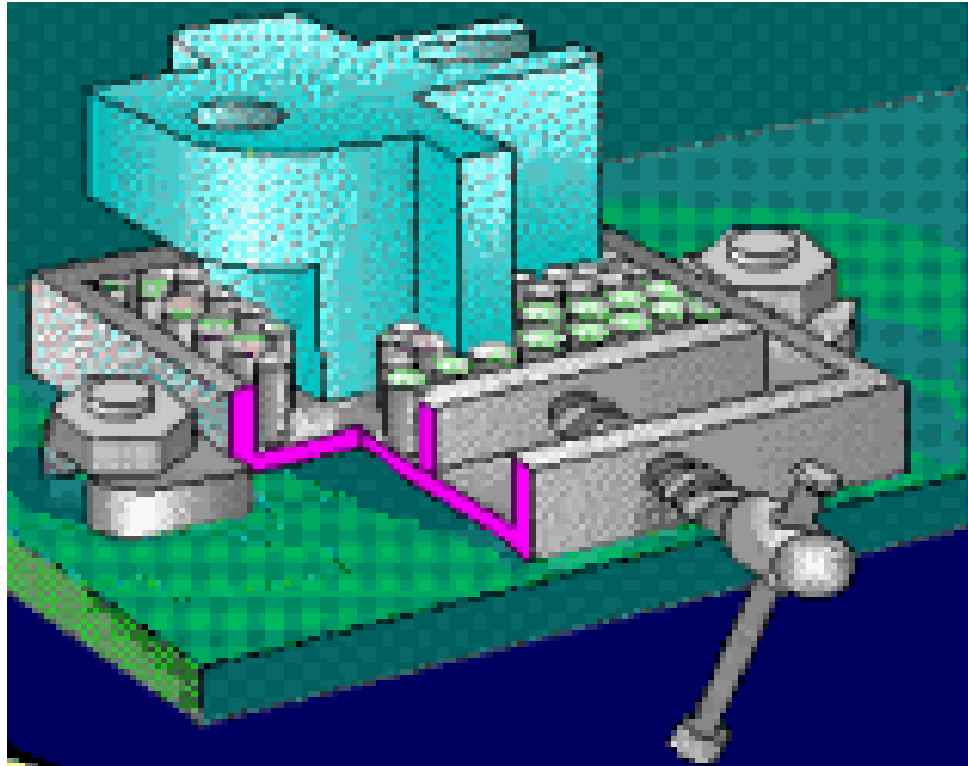


Figura 40. Ejemplo de como sujetar piezas complejas con una morsa.

En resumen, para un problema puntual X_T (o X_Z), un analista debería

- a. Particionar el subsistema clave y asignar una de las funciones contradictorias o requerimiento opuesto a ese elemento del subsistema o
- b. Permitir que la técnica como un total (o unos pocos otros subsistemas de ese TS o TP) retenga las funciones y requerimientos restantes.



Nota: Los recursos disponibles están en la estructura interna del TS o TP (porque la división de una técnica en un subsistema es frecuentemente arbitraria) y ambiental.

En algunos casos, tales contradicciones, pueden ser resueltas por separación artificial de la zona operativa o periodo. Por eso, algunas veces, es posible separar los requerimientos opuestos del subsistema clave dentro de la técnica cuando T- y T+ o Z+ y Z- se *intersectan* una con otra.

Uso específicamente la expresión *algunas veces* en las últimas dos separaciones heurísticas. Es frecuentemente difícil de separar casos de “contacto” e “intersección” para periodos operativos T+ y T- porque el término tiempo τ_0 es incierto para algunos TS y TP. (Quizás, deberíamos comparar la antigüedad de τ_0 con algunas características de tiempo de la técnica). Desafortunadamente es imposible de predecir cuál de las heurísticas de separación deberían trabajar para el problema considerado. Se sugiere usualmente ensayar ambas heurísticas en esta situación. De éste modo, el método de prueba y error esta todavía presente en TRIZ, aunque el conjunto por posibles intentos es bastante pequeño y puede ser manejado cómodamente por un analista.

Ocasionalmente todas las separaciones heurísticas trabajar simplemente por las mismas técnicas. Permítanos demostrar esto a través de un conocido ejemplo.

Problema- Algunas personas tienen dos tipos de mala visión.

Contradicción- Los anteojos son para ver de cerca y de lejos.

Soluciones-

Separación Espacial: Dos lentes diferentes (bifocales)

Separación Temporal: Dos pares de anteojos, cambiando hacia atrás y adelante de acuerdo a la necesidad.



Separación Entre las Partes y el Total: Lentes plásticas con posibilidad de cambiar la curvatura y el enfoque.

Separación bajo Condiciones: Las lentes tipo cámara y autoenfoco.

Si los inventores hubiesen utilizado los métodos de separación una centuria atrás, hubieran diseñado los anteojos hace cien años. Obviamente, el uso de las heurísticas TRIZ para resolución de las contradicciones físicas puntuales ayuda a resolver varios problemas técnicos.

CONCLUSIÓN

Frecuentemente, un simple subsistema, debe ejecutar funciones contradictorias u operar bajo requerimientos incompatibles. En TRIZ, tal situación es llamada una contradicción física (puntual). Algunos subsistemas claves, que deberían tener al menos dos valores no iguales de algunos parámetros, reúnen los requerimientos de las contradicciones físicas correspondientes.

Una descripción de tal subsistema clave con requerimiento mutuamente exclusivo involucra estas características y condiciones para su realización. Las heurísticas TRIZ para resolver contradicciones físicas son separación en el espacio, separación en el tiempo, separación entre las partes y el total (en relaciones), y la separación bajo condición, ellas, usualmente proveen la posibilidad de encontrar poderosas soluciones. Como regla, cada separación heurística debería ser investigada porque uno no puede predecir absolutamente cual guía a la innovación más significativa.



CASO DE CONTRADICCIÓN FÍSICA¹³



Figura 41. Ejemplo humorístico y pedagógico de contradicción física.

¹³ Tomado y traducido del original ruso, "Métodos Paramétricos", capítulo 4 "Método de eliminación de contradicciones físicas o sobre como compatibilizar los opuestos". Glazunov. Rusia

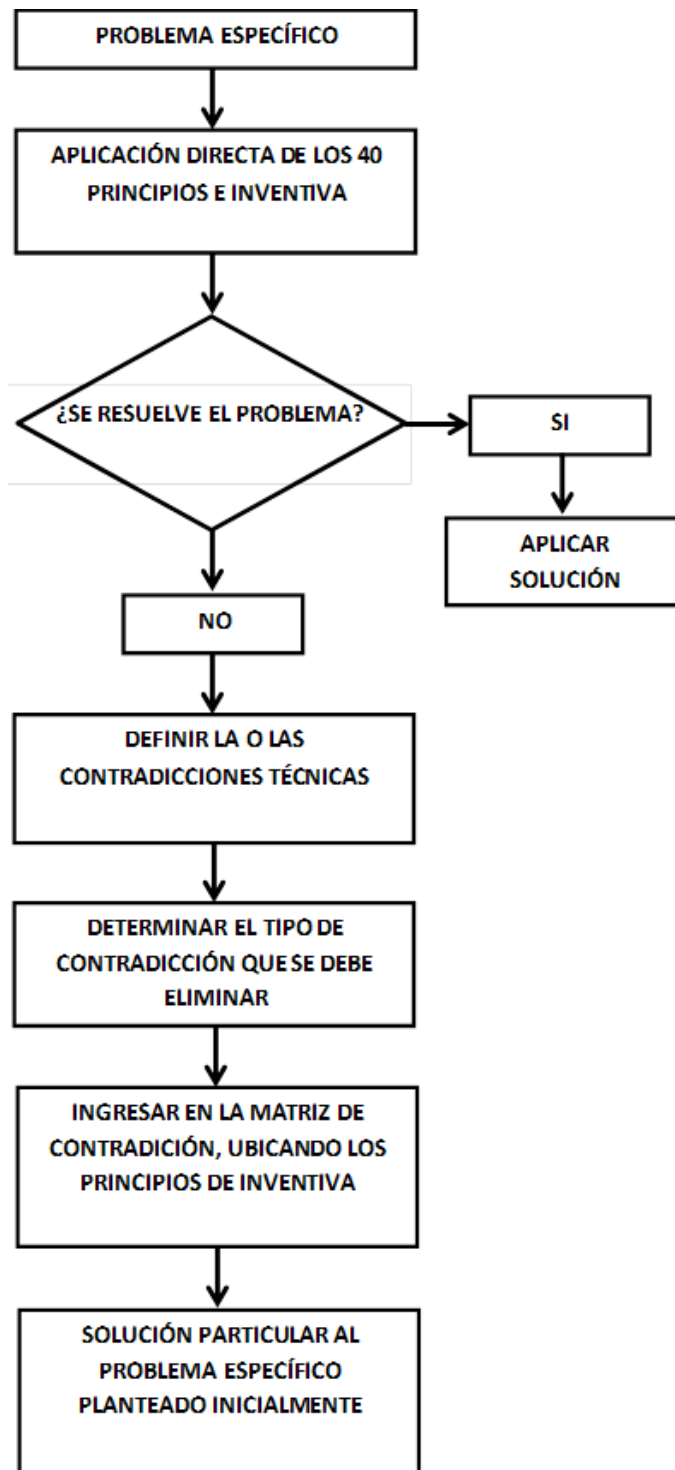


Figura 42.- Principales etapas que se deben cumplir en la solución de un problema de inventiva o innovación tecnológica empleando la “Matriz de contradicción”.



EJEMPLOS APLICADOS DE CONTRADICCIONES FÍSICAS

CASO DE ESTUDIO 1.-¹⁴

AHORRO DE AGUA EN SISTEMAS DE INODOROS

INTRODUCCIÓN

Corea del Sur fue incluido recientemente en lista de la ONU de los países con déficit de agua, lo que indica que la escasez de agua es ahora un problema social importante. Para lograr la reducción drástica del consumo de agua, es necesario el desarrollo de tecnologías de ahorro de agua y activar las industrias relevantes.

Entre las diversas tecnologías de ahorro de agua, la tecnología para inodoro que ahorra agua es muy importante porque la cantidad de agua consumida para el propósito de su lavado en inodoro hogareño es de casi 27%, y más del 50% en edificios comerciales. En general, los inodoros convencionales, utilizan 13 L de agua en una sola descarga.

¹⁴ Hong Suk Lee (1), Kyeong-Won Lee (2). (1) KID Inc. (Korea Item Development Inc. www.innokid.com) e -mail: s-lotus@hanmail.net. (2) Dept. of Mechanical Design, Korea Polytechnic University



En este estudio, se busca una nueva tecnología para inodoro de ahorro de agua mediante el planteo de una idea conceptual innovadora usando TRIZ.

La contradicción física en TRIZ con Despliegue de la Función de Calidad (QFD), se define por la trampa fija de cerámico tipo S en el ahorro de agua con la prevención de los malos olores del tanque séptico.

El concepto de tubo flexible para el ahorro de agua en el inodoro se obtiene mediante el uso del principio de separación en el tiempo para resolver la contradicción física.

Este sanitario emplea un tubo flexible y un mecanismo nuevo, utilizando sólo 3 L de agua, $\frac{1}{4}$ de la cantidad de agua necesaria para el inodoro convencional.

La fiabilidad de la taza del baño real se confirmó en la instalación real y en condiciones severas con ácidos y miles de ensayos.

A modo de ejemplo vamos a explicar el proceso de generación de idea conceptual en el súper ahorro de agua de inodoro con sistema de TRIZ.

¿Por qué razón estructural el inodoro utiliza una gran cantidad de agua? La taza del inodoro utiliza una gran cantidad de agua. Hay quienes insertan ladrillos en el tanque de descarga de agua con el fin de ahorrar agua. Sin embargo, el volumen de agua guardado por tal medida es de sólo unos pocos litros y dicha inserción puede resultar en un pobre efecto. El principio de funcionamiento básico de la taza del inodoro se muestra en la figura 43. También hay un diseño ligeramente modificado denominado "Sifón Jet", pero su principio básico es similar al de la figura 2. Además, hay baños de succión o de espuma



lavable empleados principalmente en trenes o aviones. Estos sanitarios requieren una fuente de alimentación independiente y un agente químico, por lo que no son adecuados para su uso en el hogar.

Como expresamos anteriormente, en general, una taza de inodoro consume aproximadamente 13 L de agua, pero, para un solo uso. El cuenco del inodoro se ve limpio y tiene la ventaja de evitar los malos olores de la fosa séptica debido a que su depósito de agua está siempre lleno de agua. Esta ventaja se logra empleando una trampa en forma de S que contiene agua en un tazón.

Sin embargo, la cantidad de agua que se necesita para hacer que las heces pasen por tales trampas es elevada. Se han hecho intentos de ahorro instalando dispositivos en el interior de los tanques de descarga de los inodoros, logrando una reducción en el consumo de agua de unos 6 a 7 L. Sin embargo, su mecanismo es similar al concepto de "Inserción de ladrillos", y así, no se considera que la solución sea ideal.

Como se muestra en la figura 43, la taza del inodoro convencional consiste en el cuerpo, la salida de drenaje, y tanque de agua y repite el procedimiento de (1) a (5).



Figura 43. Manual de Procedimiento de los inodoros convencionales.

En consecuencia, es necesario hacer una taza nueva para inodoro que logre un eficaz y eficiente ahorro de agua.

En la investigación de las necesidades del cliente y los parámetros principales de diseño se utiliza QFD.

Cuando el fabricante y vendedor investiga las necesidades del cliente, se enumeran principalmente:



1. Eliminación de las heces.
2. Lavado del tazón.
3. Prevención de los malos olores de la fosa séptica.
4. Ahorro de agua para el lavado en la era de la escasez de agua.
5. Reducir el ruido durante el lavado.

Las necesidades están relacionadas con importantes parámetros de diseño tales como recipiente, estructura de trampa-S, tanque de agua, salida / entrada del recipiente y así sucesivamente.

Estas relaciones se resumen en el análisis QFD y evaluados por el parámetro de diseño importante, la estructura S trampa de acuerdo a las necesidades de cada forma siguiente.

La taza del váter cumple con su función de lavado y evitar los malos olores del tanque séptico. Sin embargo, tiene un problema, el de usar una gran cantidad de agua.

Por lo tanto, es necesario mejorar la taza del inodoro, mientras que mantiene su mecanismo básico. Bajo estas consideraciones, el problema de la taza del inodoro se definirá.

La taza del inodoro tiene un desagüe en "S" con el fin de evitar los malos olores. El agua en la taza puede evitar los malos olores. Sin embargo, se requiere una considerable cantidad de agua para eliminar las heces. En resumen, se requiere un método para eliminar las heces con menos agua, manteniendo al mismo tiempo la "S" en forma de estructura de drenaje para evitar los malos olores.



TRIZ requiere que el problema deba ser descrito y definido en una simple y sencilla sentencia.

En consecuencia, el resultado ideal y la solución para el problema actual se puede decir que:

La cantidad de agua requerida para la taza del inodoro es cerca de 2,5 L de agua, que siempre está en el tazón para evitar el mal olor de la cámara séptica. Si hay un método ideal para eliminar las heces y lavar la taza del inodoro con un mínimo de agua (0,5 L), se requiere solo el total de 3 L de agua para limpieza.

¿Cuál es el método más ideal? La "S" en forma de trampa es necesaria para evitar los malos olores desde la cámara séptica, pero esta estructura tiene que ser eliminada durante la limpieza de las heces en para ahorrar el agua. En otras palabras, la estructura de trampa tiene que aparecer y desaparecer.

Así, la estructura de trampa-S es el parámetro de contradicción física en TRIZ. La contradicción física se genera cuando las diferentes necesidades tienen que ser satisfechas al mismo tiempo.

La solución típica para resolver la contradicción física es "separar tales factores contradictorios en el tiempo y en el espacio".

Basado en la solución ideal para el problema actual, la contradicción física puede ser definida de la siguiente manera:

"La estructura de separación es necesaria para evitar los malos olores y tiene que ser removida para eliminar las heces con menos agua".



Esta contradicción física del parámetro de control, estructura de trampa-S, se puede separar en tiempo. En otras palabras, el tiempo que requiere la estructura de trampa y el tiempo que no se requiere pueden ser claramente identificados. Sobre la base de tal solución ideal fueron obtenidos los siguientes resultados:

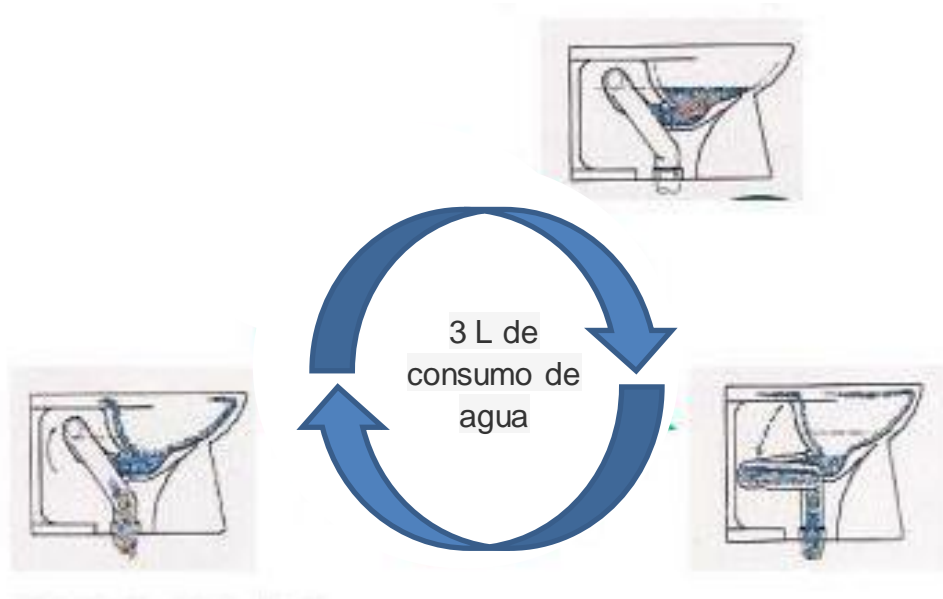
La salida de drenaje de la taza del inodoro tiene una estructura de trampa, pero pierde tal estructura cuando se realiza el lavado de las heces. Una vez que se haya completado el lavado, se recupera nuevamente la estructura de trampa-S.

De este modo, la contradicción física, puede ser superada por el tiempo de separación, esto proporciona una clave para resolver el presente problema.

La figura 44 es un diagrama esquemático de un inodoro nuevo de ahorro de agua obtenido por la aplicación de la solución ideal. El nuevo ahorro de agua de taza de inodoro puede ser implementado por el tubo flexible y repite el procedimiento de (1) a (3).



- (3) Configuración normal para prevenir el mal olor proveniente de la cámara séptica por el agua con la estructura en trampa-S.



- (2) Fin del lavado/suministro de agua luego de elevar el tubo flexible.

- (1) Lavado con 3L de agua por movimiento del tubo flexible hacia abajo.

Figura 44. Método 2 Funcionamiento de la nueva taza de inodoro para ahorrar agua.

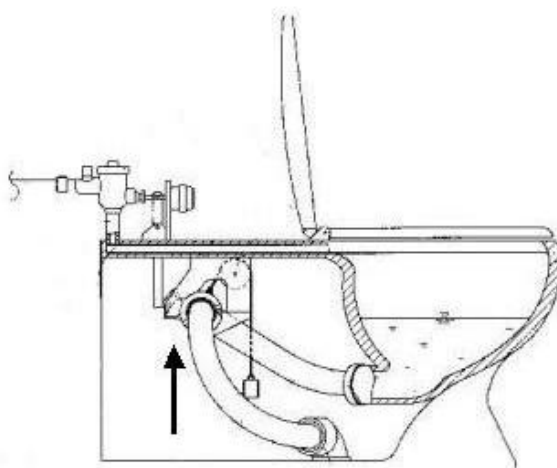
En esta estructura, la separación de la presencia o ausencia en relación con la operación de lavado se realiza con éxito.

En el diseño del mecanismo para mover la estructura de tubo flexible, se aplicó el denominado "Modelado con enanos en miniatura (MMD)", una herramienta de solución creativa de TRIZ para problemas tecnológicos. Esta herramienta nos permite imaginar los enanos trabajando ellos mismos sin uso de dispositivos adicionales. En otras palabras, podemos distinguir una estructura operada por enanos imaginarios para conseguir el resultado deseable.

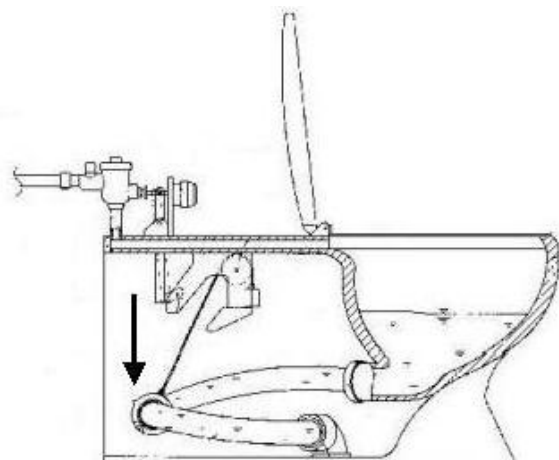


En esta taza del inodoro, que pueden tomar imágenes de una estructura que opere por sí mismo sin bomba eléctrica o motor para bajar y subir el tubo flexible. El peso del agua empuja el tubo flexible hacia abajo y, a continuación, un componente mecánico simple, como un resorte o plomada, ayuda a que el tubo flexible retorne a su posición original, hacia arriba.

Por lo tanto, el tubo flexible se mueve hacia arriba y hacia abajo por gravedad sólo o con cualquier otra energía tal como la electricidad.



(a) Normal: Configuración arriba



(b) Lavado: Configuración abajo

Figura 45. Configuración arriba y abajo del tubo flexible en el nuevo diseño de inodoro ahorrador de agua.



(a) Para los edificios comerciales (inodoro de 3L con válvula de descarga)



(b) Para uso hogareño (3-L inodoro con tanque de agua)

Figura 46. Súper ahorro de agua WC System



Figura 47. Prototipo experimental.

CONCLUSIONES

En este estudio, el tubo flexible y su mecanismo de funcionamiento utilizando TRIZ, se aplicaron para inodoros ampliamente utilizados en los hogares y edificios comerciales para reducir contundentemente el consumo de agua desde 13 L a 3 L. Se comprobó el rendimiento de ahorro de agua. Además, el ruido de lavado se reduce en 1/3 con respecto al inodoro convencional.

A partir de este estudio de la taza de ahorro de agua del inodoro que emplea el tubo flexible, conceptualmente el parámetro de contradicción física en TRIZ es encontrado por medio de una intensa investigación de la estructura de descarga del inodoro, evitando el mal olor proveniente de la cámara séptica, y luego resuelto en el tiempo.



CASO DE ESTUDIO 2.-¹⁵

NAVES ESPACIALES - SIMULADOR DE COLISIÓN CON METEORITOS

PLANTEO DEL PROBLEMA

Para simular un meteorito que golpea una nave espacial, se inyecta en un chorro jet de alta velocidad esferas de acero con un diámetro de 3-5 mm y son aceleradas para colisionar sobre un tramo de la cubierta de una nave (ver la Figura 48). A una velocidad del chorro de 8 km/s, las esferas permanecieron intactas, pero esta velocidad es insuficientemente para representar una colisión. En la velocidad deseada de 16 km/s, las esferas se desintegran al ingresar en el chorro. Los intentos de utilizar un material más fuerte para las esferas han fallado.

MINI-PROBLEMA

Es necesario acelerar las esferas sin grandes cambios en el sistema.

SISTEMA DE CONFLICTOS

Los 16 km/s que alcanza el sistema jet acelera a la esfera pero la destruye y por otro lado los 8 km/s es demasiado lento para la representación.

PROBLEMA REFORMULADO: Ya que ningún material puede sobrevivir a este entorno, la esfera destruida de alguna manera debe ser vuelta a montar.

¹⁵ TRIZ: A New Approach to Innovative. Engineering & Problem Solving. By Victor Fey and Eugene Rivin.

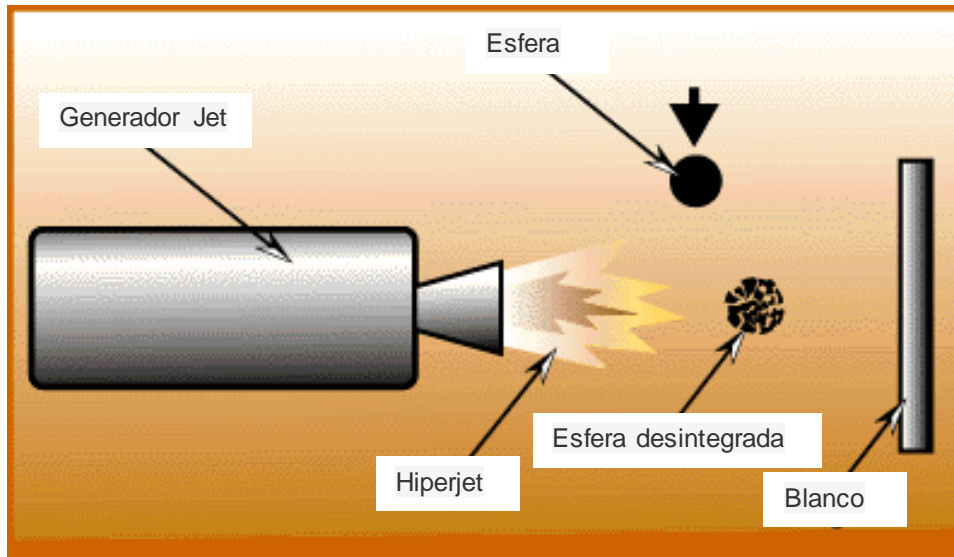


Figura 48. Representación del experimento fallido de la colisión de meteoritos sobre la cubierta de la nave espacial.

MODELO DEL PROBLEMA

Los 16 km/s jet acelera bien a la esfera, pero la desintegra. Algo es necesario para reensamblar los fragmentos y retener la eficacia de la esfera sin golpearla.

ANÁLISIS DEL DOMINIO DE CONFLICTOS Y RECURSOS

El dominio de los conflictos es una capa de jet en las inmediaciones de la "nube" de fragmentos. El único recurso disponible en el dominio de los conflictos es el propio gas.

RESULTADO FINAL IDEAL (RFI)

El gas en el dominio de conflictos deberá desarrollar fuerzas de compresión que actúan hacia el centro de la nube.



CONTRADICCIÓN FÍSICA

Al desarrollar las fuerzas de compresión, las partículas de gas debe moverse hacia el centro de la "nube".

ELIMINACIÓN DE LA CONTRADICCIÓN FÍSICA

La separación de las demandas opuestas en el tiempo: Desarrollar la compresión sólo en el momento de la desintegración de la bola.

SOLUCIÓN INGENIERIL

Cubrir la bola con un explosivo. Cuando la esfera entra en la reacción, la implosión evita el desparramo de los fragmentos. Se comporta como un masa concentrada impactando el objetivo (ver Figura 49).

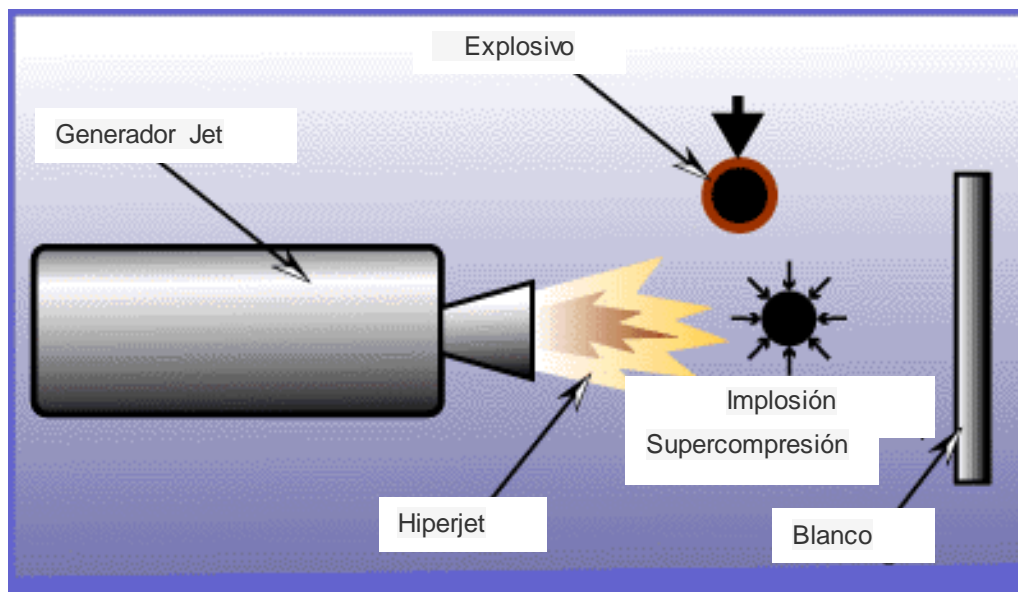


Figura 49. Aplicación de la solución ingenieril.



CASO DE ESTUDIO 3.-¹⁶

PROBLEMA DE ORIENTACIÓN

PLANTEO DEL PROBLEMA

Luego del descortezado en una fábrica de viruta, los troncos caen caóticamente sobre una cinta transportadora y deben estar orientados longitudinalmente. Robot-como dispositivos de alineación son complejos, ocupan una gran superficie, y no son confiables desenredando atascos (Figura 50).

Se necesita un simple, confiable y rentable método para alinear los troncos.

MINI-PROBLEMA

Los troncos deben orientarse sin alteraciones importantes del sistema.

SISTEMA DE CONFLICTOS

La orientación de los troncos requiere un dispositivo de alineación, pero complica el presente sistema.

MODELO DEL PROBLEMA

Algunos elementos del sistema existente deben ser responsable de la orientación.

ANÁLISIS DEL DOMINIO DE CONFLICTOS Y RECURSOS

¹⁶ TRIZ: A New Approach to Innovative. Engineering & Problem Solving. By Victor Fey and Eugene Rivin.



El dominio de conflictos es la superficie de la cinta transportadora. El único recurso es la transportadora.

RESULTADO FINAL IDEAL (RFI)

El propio transportador orienta los registros.

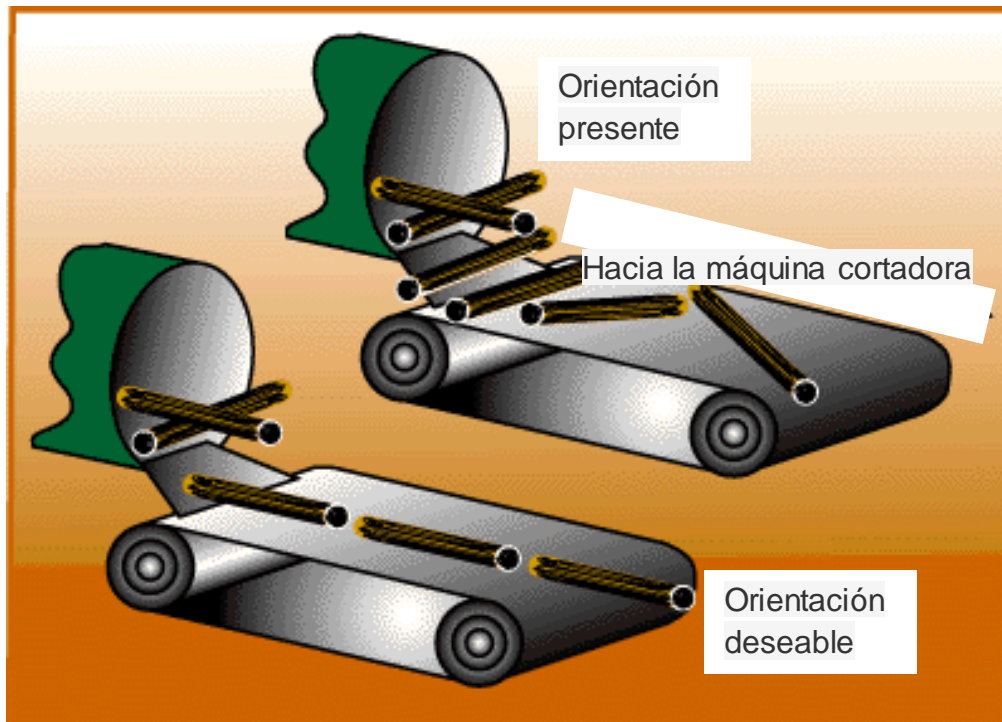


Figura 50. RFI

CONTRADICCIÓN FÍSICA

Para orientar, diferentes partes de la cinta transportadora deberá tener diferentes velocidades, pero para transmitir, la superficie debe moverse a una velocidad.



ELIMINACIÓN DE LA CONTRADICCIÓN FÍSICA

Separar las demandas opuestas entre el sistema y sus componentes. Dejar que los componentes se muevan a la velocidad de la cinta transportadora de toda la producción, pero moverse a una velocidad diferente.

SOLUCIÓN INGENIERIL

Cintas laterales se mueven en direcciones opuestas para alinear los troncos. La cinta central transmite los troncos alineados en la dirección longitudinal (ver Figura 51).

Nota: Los problemas de alineación son comunes, y muchos se resuelven con mecanismos similares. Sin embargo, la solución desarrollada utilizando TRIZ es más cercana al ideal que la mayoría.

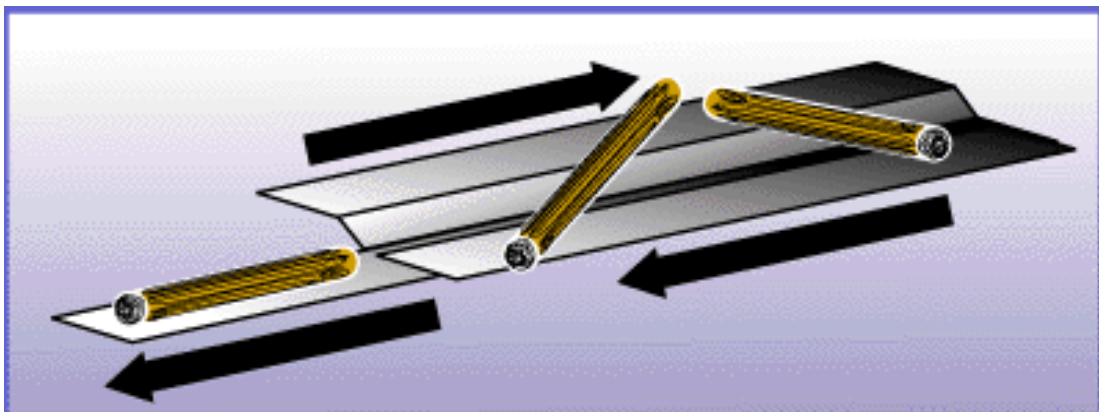


Figura 51. Solución ingenieril.



CASO DE ESTUDIO 5.-¹⁷

ESQUÍES

He aquí dos propiedades mutuamente opuestas: Por una parte, el agarre a la pista y, por otra, el deslizamiento.

Los esquíes constituyen una de las herramientas más antiguas fabricadas por el hombre. Los arqueólogos han hallado esquíes antiguos localizados en pantanos; resultaban extremadamente importantes para el hombre durante el invierno cuando grandes cantidades de nieve impedían el libre movimiento en los bosques durante la práctica de la caza.

Los primeros esquíes estaban fabricados en madera y, en sus comienzos, había dos tamaños diferentes: Los largos, utilizados simplemente para deslizarse y, los cortos, para ganar velocidad. Se hacía uso de un bastón o lanza para impulsarse con las manos.

Durante años, el material natural para proteger los esquíes fue la brea, una modificación de la madera. La brea resultaba útil además para proporcionar tanto el efecto de deslizamiento como el de agarre a la pista (ya tenemos aquí las dos propiedades mutuamente opuestas). Como ninguna resultaba lo bastante buena, el hombre pasó a utilizar sebo o grasa animal como sustancia deslizante a untar bajo los esquíes más largos, mientras que los más cortos se cubrían simplemente con brea.

¹⁷ Tomado de TRIZ Journal: "Ski – a Perfect Example for TRIZ", Pentti Söderlin, Helsinki, Finland.



En sus orígenes, los esquíes debieron ser probablemente lisos y solamente la parte delantera se curvaba hacia arriba para ayudar a mantenerse a flote.

Los esquíes modernos, de tipo cross-country, se fabrican en material plástico y son de igual longitud, y están curvados en su parte central además de tener la punta levantada.

Actualmente, las técnicas del deporte del esquí y las de los propios esquíes se combinan para proporcionar dos funciones: Una, la de deslizar, la otra, la de imprimir velocidad adicional y continuar la marcha. Se dispone aquí de dos tiempos de operación (TO) y dos zonas de operación (ZO).

En el primer caso, el de deslizamiento, correspondiente al TO1, la ZO1 será la punta y la cola del esquí. En el segundo caso (el de imprimir mayor velocidad), la ZO2 durante el TO2, será la parte central del esquí. Para proporcionar fricción y agarre durante el TO2, se aplica una cera especial para agarre sobre dicha parte central o ZO2.

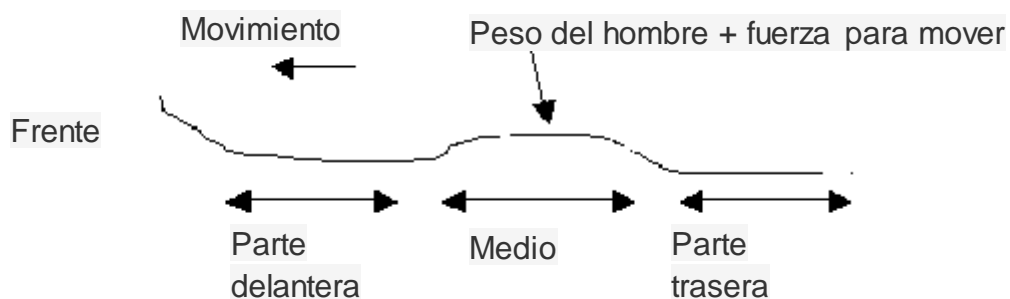


Figura 52. Esquema del esquí y sus zonas operativas.



Se tiene claramente una contradicción física: La cera permitiría deslizar y al mismo tiempo la cera no permitiría deslizar sino proporcionar agarre. La solución a dicha contradicción constituye una separación en el tiempo (OT1 y OT2), separación en el espacio (OZ1 y OZ2) e, incluso, separación en la estructura (forma del esquí). Cuando se elige unos esquíes, estos deben estar lo suficientemente curvados en su parte central para no tocar la pista cuando una persona carga su peso por igual sobre ambos (esto se tiene en cuenta para la fase de deslizamiento). Por otra parte, el esquí debe ser plano y la cera agarrarse a la pista cuando la persona carga totalmente su peso sobre uno de ellos y simultáneamente se impulsa para imprimir velocidad y continuar la marcha, o para efectuar un giro.

Todo lo comentado se aplica solamente a los esquíes de tipo cross-country, y que el nuevo estilo 'libre' utiliza esquíes más cortos y únicamente emplea en ambos cera para deslizar. El estilo de practicar el esquí se denomina 'skating' ('patinaje'), recordando al patinaje sobre hielo.



CASO DE ESTUDIO 6.-¹⁸

EL PROBLEMA DE LA MÁQUINA DE CAFÉ

Un centro tecnológico del norte de España, dedicado a la investigación y desarrollo de materiales, intentó aplicar TRIZ por primera vez a un problema de una máquina que llevaba varios meses intentando resolver. Una nueva máquina de café para hostelería, capaz de servir café solo expreso, café con leche y capuchino (café con leche y aire)¹⁹. La máquina tenía ciertas restricciones tecnológicas debido a la estricta legislación española que impedían hacer grandes cambios en la misma. Una vista esquemática se muestra en la figura 17 sin mostrar algunos elementos confidenciales.

¹⁸ Tomado de José M. Vicente Gomila - "TRIZ UNA NECESIDAD PARA LOS INNOVADORES". 1er Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. 2006. Puebla. México.

¹⁹ El **capuchino** (del italiano **cappuccino**) es una bebida italiana preparada con café expreso, leche, y espuma de leche (en ocasiones lleva cacao o canela en polvo). Un capuchino se compone de 1/3 de café expreso, 1/3 de leche calentada y texturizada al vapor y 1/3 de leche con espuma; la espuma y la leche se obtienen al mismo tiempo durante el calentado. En Italia se consume casi exclusivamente para el desayuno; en algunos otros países se puede consumir a lo largo de todo el día o después de la cena. La calidad del capuchino la dará el café expreso y el elemento más importante al prepararlo es la textura y la temperatura de la leche, ya que esta no debe llegar a ebullición ni pasar de los 70 grados centígrados. Cuando un barista (experto en bebidas basadas en café) crema y da volumen a la leche por medio de vapor para un capuchino, debe crear la «leche especial» introduciéndole minúsculas burbujas de aire. Esto da a la leche una textura extremadamente aterciopelada y un gusto dulce. El capuchino se prepara normalmente con una máquina de expreso. El barista se encarga de introducir la leche fría en una lanceta que arroja vapor, la calienta a unos 70 °C de temperatura y una presión de 0,7 a 1,0 atmósferas, resultando una capa de espuma de 1 cm de espesor, que debe ser compacta y persistente. La espumilla se forma introduciendo pequeñas burbujas de aire en la leche dando al capuchino su característica textura aterciopelada. Se suele acompañar con galletas. Usualmente se sirve espolvoreado con canela o cacao. Tomado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Capuchino_\(gastronom%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Capuchino_(gastronom%C3%ADa))

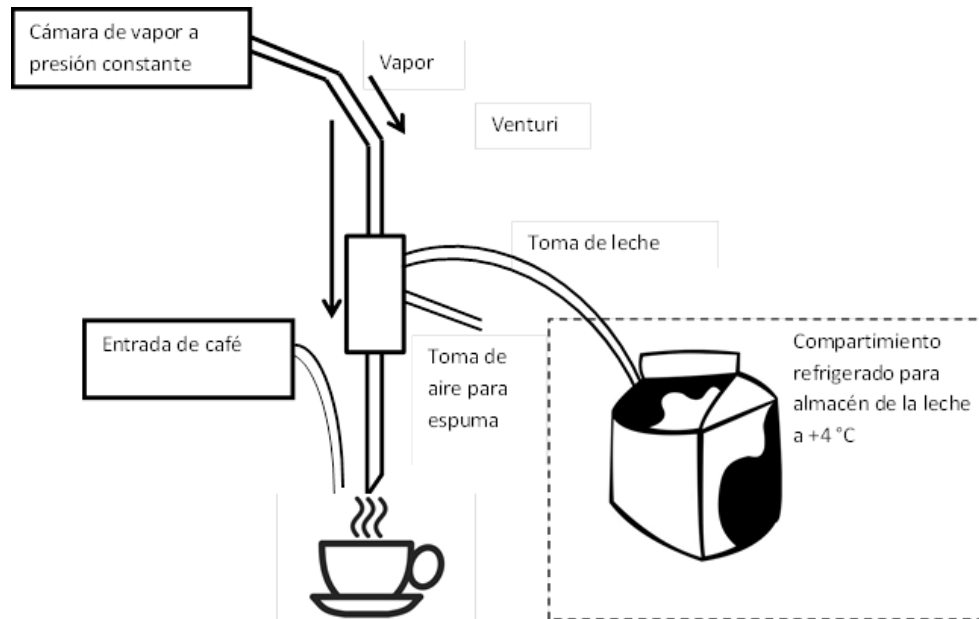


Figura 53. Esquema básico de la máquina de café y el Venturi.

Si la máquina se ajustaba para obtener un buen café con leche, entonces el capuchino estaba sobrecalentado y sin espuma. Si la máquina se ajustaba a una presión y temperatura adecuadas para el capuchino, este salía bien pero el café con leche frío salía frío. Situaciones conflictivas.

Examinando más de cerca el problema se observaban dos situaciones, en una primera, el venturi succionaba leche y aire para el capuchino, y en la segunda, succionaba solo leche para el café con leche. En el segundo caso, como no había aire a succionar, toda la depresión producida por el venturi servía para succionar más leche. El vapor existente no alcanzaba a calentar la leche en exceso, resultando una mezcla por debajo de la temperatura deseada. Si se aumentaba la



cantidad de vapor, el venturi succionaba durante más tiempo y por ello más leche entraba todavía impidiendo alcanzar la temperatura deseada. Una “paradoja” en palabras de los técnicos del Instituto.

Al iniciarse en las distintas facetas de TRIZ, los técnicos pudieron asociar la “paradoja” a un problema de identificación, formulación y manejo de contradicciones, así como la sistémica de su máquina de café.

Examinando la contradicción técnica, (cuanto más calor entraba a través de más vapor, mayor cantidad de leche succionada que a su vez necesitaba aún más calor), y examinando también el venturi, resultó clave estudiar sus parámetros desde la perspectiva de conflictos o contradicciones técnicas.

Repasemos un poco de venturi: Un dispositivo para experimentar el efecto Venturi se compone básicamente de dos secciones cónicas de tubo unidas por una estrecha garganta, ver Figura 54.

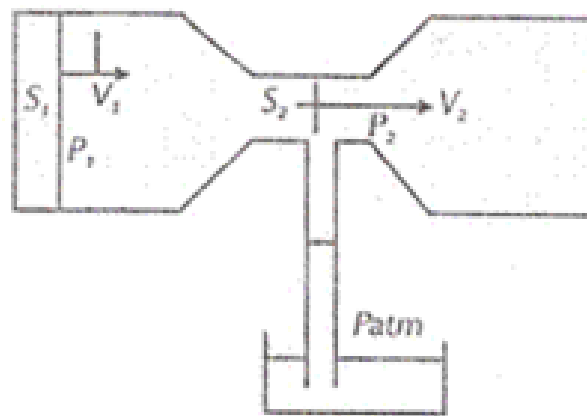


Figura 54. Esquema que muestra simplícidamente el efecto Venturi.



La velocidad del fluido en la garganta aumenta y la presión se reduce por lo tanto, como se aprecia en la Figura 54, el nivel del líquido en el recipiente disminuye y aumenta en el caño conectado a la garganta, siendo consecuentemente aspirado y arrastrado junto a la corriente del fluido que se desplaza en la garganta.

De las variables observamos que lo que produce el vacío para succionar no es la cantidad de vapor sino una variable dependiente, la velocidad a la que pasa y el tiempo que dura el paso (siendo constantes otros parámetros del vapor). Naturalmente el vapor no es un fluido incompresible pero para el alcance del problema esta simplificación no les alejaba en demasía de la realidad.

Retomando el Venturi del problema, a velocidad de paso constante, el caudal de paso del vapor depende del diámetro del tubo, si se duplica el diámetro, se duplica la cantidad de vapor. Por tanto en la situación “café con leche” donde no hay aire, y todo el vacío succiona más leche, necesitamos más vapor para calentar la leche adicional pero manteniendo la velocidad de paso del vapor y el tiempo de paso. Para ello se necesita una sección mayor del tubo.

Para incrementar la cantidad de vapor (mayor energía calorífica) sin aumentar la succión y por ello la cantidad de leche, la velocidad tenía que ser constante o con una ligera variación. Este conflicto en TRIZ se identifica con las contradicciones físicas. Un mismo parámetro debe tener valores opuestos o diferentes. En este caso, como la velocidad de paso para una cantidad de fluido depende de la sección y ésta en un tubo, depende a su vez de su diámetro, éste debe tener dos valores: el diámetro debe ser como el actual, estrecho, para el capuchino pero debe ser mayor, casi el doble para el café con leche. Simplificando, el diámetro debe ser pequeño pero debe ser grande. Dos estados mutuamente excluyentes, un ejemplo de pensamiento dialéctico.



Los técnicos del Instituto pudieron identificar la contradicción física y aplicar los principios de separación para resolverlas. Separación en el tiempo, en el espacio o en estructura y tener una estrategia clara de pensamiento para resolver el problema.²⁰

Separación en el tiempo: el diámetro debe ser estrecho, menor, en el momento del capuchino y ancho, mayor, en el momento del café con leche permitiendo así un mayor paso de vapor y por ende mayor energía calorífica sin succionar más leche. Mediante la introducción de una varilla en el tubo de venturi variamos la sección libre. Existen en el mercado distintas soluciones de válvulas de sección variable cuyo principio es fácilmente aplicable. Existen también incluso venturi de sección variable. Cuando la varilla se desplaza a la zona venturi, la sección disminuye y el capuchino sale correctamente. Cuando la varilla se retira, la sección aumenta y el café con leche sale correctamente.

De igual manera se pudo proceder con la separación en el espacio, utilizando dos tubos, con la particularidad que el mismo tubo de entrada de aire se utilizó para incorporar más vapor.

Identificar la contradicción y aplicar sus vías de solución permite establecer la estrategia más prometedora para obtener resultados. Aún cuando los técnicos deben buscar alternativas de diseño para tubos de sección variable o válvulas de dos pasos, su número se redujo a unas pocas y con estrategia definida. Las alternativas de trabajo se redujeron en gran medida, el ahorro de tiempo y pruebas fue considerable, y sobre todo, los técnicos pudieron abordar la

²⁰ Esta forma de clasificar las contradicciones físicas es del Trizista Kelevi Rantanen. La que presentamos nosotros en el principio de este apunte es una de las más utilizadas, es así como la utiliza el Dr. Savransky, "Engineering of Creativity". Hay otras formas más de clasificar (Orloff, Kai Yang, etc.), pero todas tienen en común la separación en el espacio y la separación en el tiempo.



“paradoja” inicial que los había atenazado con un modelo de análisis, búsqueda de solución abstracta y aplicación el caso específico como el del esquema de la Figura 53.

Resumiendo, cuando una paradoja mantenía a los técnicos con una gran variedad de alternativas sin dirección clara para la solución, en pocas horas pudieron identificar la contradicción y buscar alternativas de mercado o próximas que ofrecían garantías claras de solución.



CASO DE ESTUDIO 6.-²¹

EL PROBLEMA DE LA PRODUCCIÓN DE COBRE

Antes de introducirnos en el problema, haremos un breve recorrido sobre la electrorefinación del cobre y los fenómenos involucrados.

REFINACIÓN ELECTROLÍTICA DEL COBRE

Este proceso de electrorefinación se basa en las características y beneficios que ofrece el fenómeno químico de la electrólisis, el cual permite refinar al cobre anódico (ánodo) mediante la aplicación de corriente eléctrica continua, obteniéndose cátodos de cobre de alta pureza (99,99%), los cuales son altamente valorados en el mercado del cobre.

La electrorefinación se realiza en celdas electrolíticas, donde se colocan en forma alternada un ánodo (que es una plancha de cobre obtenido de la fundición), y un cátodo, (que es una plancha muy delgada de cobre puro), hasta completar 30 ánodos y cátodos en cada celda.

²¹ Ejemplo tomado y adaptado de Ideation-TRIZ.



La electrólisis consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por una solución de ácido sulfúrico y agua. El ion sulfato de la solución comienza a atacar el ánodo de cobre formando una solución de sulfato de cobre (CuSO_4) denominada electrolito. Al aplicar una corriente eléctrica, los componentes de la solución se cargan eléctricamente produciéndose una disociación iónica en la que el anión sulfato (SO_4^{2-}) es atraído por el ánodo (+) y el catión (Cu^{2+}) es atraído por el cátodo (-). El anión SO_4^{2-} ataca al ánodo formando sulfato de cobre, el que se ioniza en la solución por efecto de la corriente eléctrica, liberando cobre como catión que migra al cátodo, y se deposita en él. El ion sulfato liberado migra al ánodo y vuelve a formar sulfato de cobre que va a la solución, recomenzando la reacción.

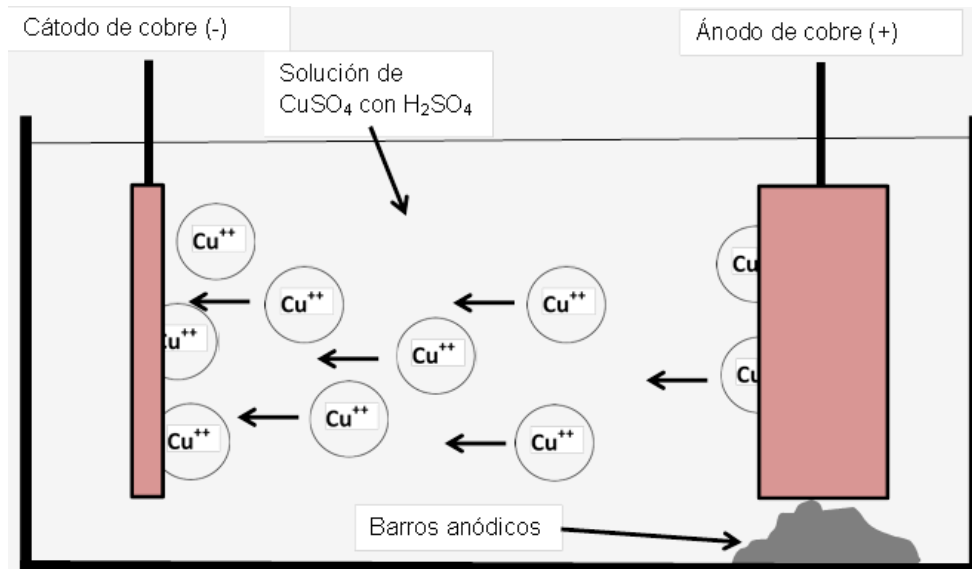
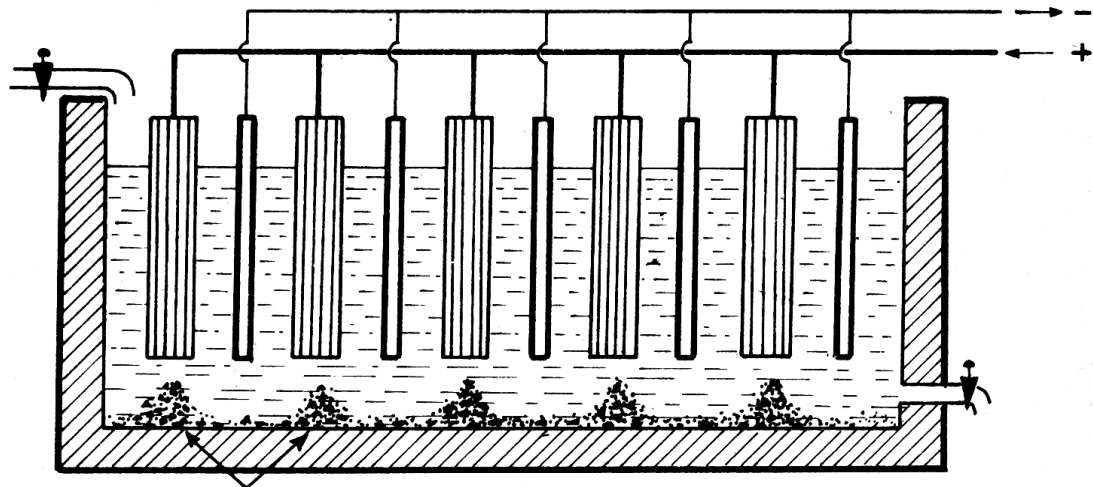


Figura 55. Esquema del proceso de refinamiento del cobre por vía electrolítica.



barro anódico

Figura 56. Ánodos de cobre impuros en láminas gruesas y cátodos de cobre puro en láminas delgadas.

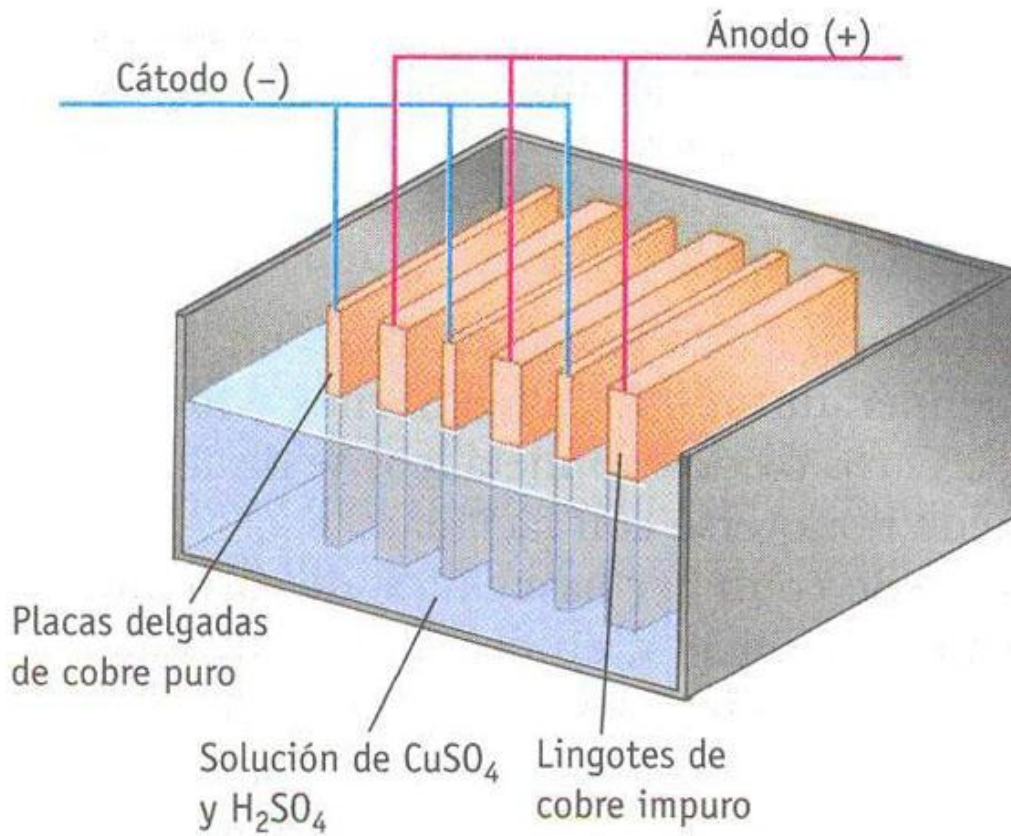


Figura 57. Vista esquemática en perspectiva de una celda para refinación de cobre por vía electrolítica.



Figura 58. Celda vista de arriba



Figura 59. La electrorefinación del cobre se realiza en celdas que son como enormes piscinas.



Figura 60. Los cátodos iniciales son láminas de cobre de alta pureza donde se depositará el cobre proveniente del ánodo.

Este proceso es continuo durante 20 días. El día 10, se extraen los cátodos y se reemplazan por otros y los ánodos se dejan 10 días más y se reemplazan por otros. De esta forma, al final del día 20, nuevamente se extraen los cátodos y se renuevan los ánodos.

Los otros componentes del ánodo que no se disuelven, se depositan en el fondo de las celdas electrolíticas, formando lo que se conoce como barro anódico el cual es bombeado y almacenado para extraerle su contenido metálico (oro, plata, selenio, platino y paladio).

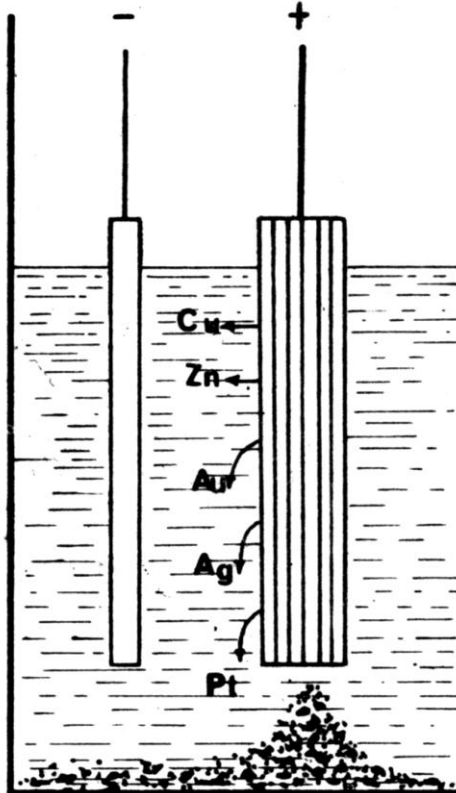


Figura 61. Vista parcial de la celda electrolítica de refinación del cobre y detalle de la composición de los barras anódicas.

Una vez terminado el proceso de refinación del cobre por electrólisis, cada 10 días los cátodos son sacados de las celdas y se examinan cuidadosamente para asegurar su calidad, descartándose todos aquellos que tengan algún defecto.

Los cátodos seleccionados son pesados y embalados para su posterior despacho.



Figura 62. El proceso de electrorefinación dura unos 20 días y en ese plazo se realizan dos “cosechas” de cátodos.

PROBLEMA

En el proceso electrolítico por el que el cobre se purifica, una cantidad pequeña de líquido de electrolito permanece en los poros de la superficie de las hojas de cobre (cátodo).

Cuando estas láminas de cobre son almacenadas el electrolito se evapora, creando manchas de óxido en la superficie, lo cual reduce el valor del



cobre resultando en pérdidas económicas sustanciales. La mejor manera de resolver el problema es evitar producir poros.

Este acercamiento fue rechazado inmediatamente, pues requiere disminuir considerablemente la corriente continua, pero estrae como consecuencia la reducción de la productividad.

Una solución elegida para reducir las pérdidas financieras fue lavar las hojas de cobre previo al almacenado para quitar el electrolito de los poros. Esto es costoso e inadecuado. Se intentó mejorar el proceso del lavado continuo durante más de 15 años.

Cuando los especialistas de TRIZ se dirigieron a este problema, ellos les preguntaron a los fabricantes de cobre si había una manera de eliminar los poros en las hojas cobre. La respuesta fue: es imposible. Hubo algún esfuerzo para entender que había una contradicción detrás de este "imposible":

La corriente debe ser baja para evitar crear poros y debe ser alta para mantener la productividad.

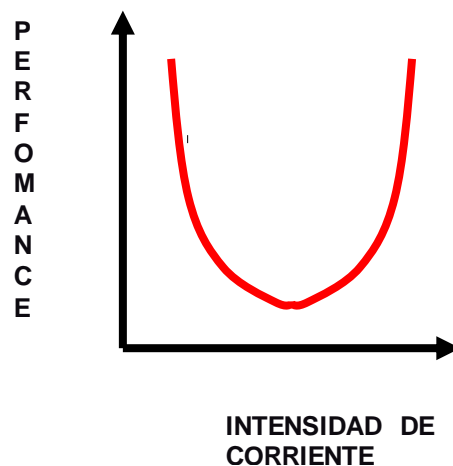
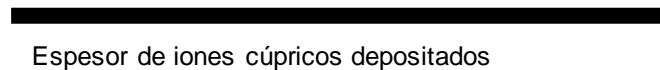


Figura 63. Gráfico representativo de la contradicción física. En este caso para la intensidad de corriente eléctrica, la cual debe ser baja y alta simultáneamente para obtener una alta performance del sistema.



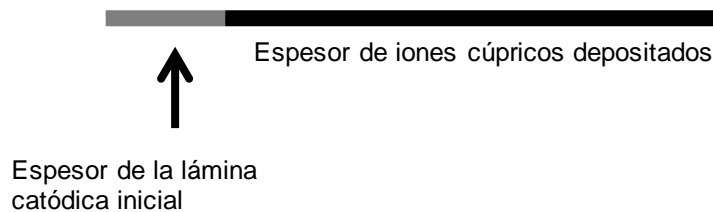
Se puede preguntar si la intensidad de corriente eléctrica debe ser siempre baja y alta o si debe ser baja y alta en todo el espesor.

Tanto en espacio como en tiempo, si observamos, el problema está en el tiempo final, en el tramo final. Tanto en espacio como en tiempo, podemos representar el proceso simplemente así:

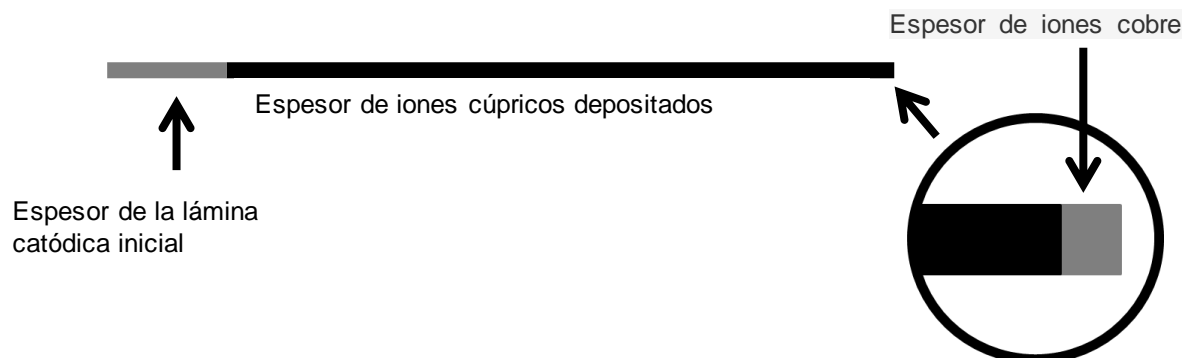


Esta línea puede representar tanto el proceso en longitud (espesor de la lámina catódica) como en tiempo de deposición.

En más detalle podemos dibujar la parte catódica inicial en otro color:



Ahora veamos como queda la parte final, es decir, la zona en conflicto:





Esto significa que el problema, solo se sitúa en los últimos instantes, en el tramo final del espesor de la deposición de los iones, esa es la superficie, y es allí donde el problema surge.

Esto significa que nada tiene que ver con la masa central de la lámina, con la parte que significa la producción. Es decir, solo se necesita intervenir en la parte superficial de la lámina catódica. Todo el resto es un proceso normal y la corriente puede operar al máximo.

Entonces... podemos disminuir la intensidad de corriente eléctrica al final del proceso, esto es en el último momento, en el tramo final del espesor, o lo que es lo mismo, en la zona operativa del conflicto, tanto en espacio como en tiempo.

SOLUCIÓN:

Mantener el proceso normal (intensidad de corriente elevada) hasta cerca de la finalización, del proceso y luego disminuir la intensidad de corriente para evitar la porosidad de la superficie.

No toda la contradicción es solucionable dentro de los confines presentes de la tecnología--no obstante, siempre vale la pena intentarlo. Si de todas las maneras no conocidas se resuelve una contradicción, ésta puede engañarse a menudo cambiando el planteo del problema.



ANÁLISIS SUSTANCIA CAMPO

Para la resolución creativa de los problemas técnicos, se requiere de un programa que permita detectar y eliminar de manera metódica las contradicciones físicas y técnicas. Resulta lógico preguntarse: “¿Acaso no existen problemas, que no estén relacionados con la eliminación de estas contradicciones?”

INTRODUCCIÓN

Dividir un problema grande en partes más pequeñas es un proceso común en ciencia e ingeniería. Los científicos y los ingenieros trabajan frecuentemente con modelos numéricos o materiales de objetos reales. Aquí describiremos brevemente la aproximación TRIZ para la simplificación y el modelado de una técnica.

Un modelo gráfico de una mínima técnica de trabajo es llamado en TRIZ Sustancia-Campo, o Su-Campo. El Análisis Su-Campo es un instrumento para modelar las partes más importantes de un sistema tecnológico y un proceso tecnológico en un problema particular, e identificar el corazón de un problema relacionado a esta técnica. Los modelos Su-Campo y Análisis Su-Campo, creados por G. S. Altshuller, proveen una rápida y simple descripción de subsistemas y sus interacciones en una zona de operación y período vía un modelo bien-formulado de la técnica, en la cual, en todos los subsistemas, entradas y salidas son conocidas o pueden ser determinados muy fácilmente. Cualquier técnica puede ser presentada como el conjunto ordenado de Su-Campos.



TÉRMINOS Y SÍMBOLOS SU-CAMPO

Como en cualquier modelo de la naturaleza, sociedad, o técnica, un modelo Su-Campo tiene algunas simplificaciones y acuerdos condicionales, los cuales son descriptos en esta sección.

El término *sustancia* (S) ha sido usado en TRIZ para referir un objeto material de cualquier nivel de complejidad. S puede ser un elemento simple (tornillo, perno, copa) o un sistema complejo (automóvil, nave espacial, o un ordenador).

Los estados de las sustancias incluyen no solamente los estados físicos típicos (ejemplo, vacío, plasma, gas, líquido, y sólido) sino también un gran número de estados intermedios y compuestos (tales como aerosol, espuma, polvo, gel, esponja, o zeolita), así como también aquellos estados teniendo características especiales térmicas, eléctricas, magnéticas, ópticas, y otras características (termoaislantes, semiconductoras, ferromagnéticas, luminóforas, etc.). La sustancia es en sí misma un sistema jerárquico. Con precisión suficiente para uso práctico, la jerarquía puede ser representada como sigue:

- Sustancia reconocible (ejemplo, una camisa);
- Mínima sustancia tratada (la más simple) (ejemplo, una fibra);
- “Supermoléculas”; red cristalina, polímeros (ejemplo, nylon), asociación de moléculas;
 - Moléculas complejas;
 - Moléculas (ejemplo, NaCl)²²;
- Parte de moléculas; grupo de átomos (ejemplo, -OH);

²² En realidad, el NaCl, cloruro de sodio, es una sustancia iónica, no forma una unidad fundamental, sino que forma parte de una red cristalina, cuya composición es 1 a 1. Sin hilar tan fino, el autor hace una aproximación como si fuese molecular, como en el caso del H₂O.



- Átomos (ejemplo, C, H, O);
- Partes de átomos (núcleos);
- Partículas fundamentales (electrones, neutrones);
- Subpartículas (quarks, gluones).

El término *campo* (C) ha sido usado en TRIZ en un amplio sentido, incluyendo el campo físico (que es electromagnetismo, gravedad, interacciones nucleares fuertes y débiles). Otros campos pueden ser el olfatorio, químico, campo acústico, etc. Un campo TRIZ provee algún flujo de energía, información, fuerza, interacción, o reacción para ejecutar un efecto. La presencia de un campo siempre asume la presencia de una sustancia, así como esta es una fuente del campo.

Los campos que a menudo actúan sobre sustancias en técnicas están dados en la Tabla IX y organizados por frecuencias de aparición y su importancia en varias técnicas.

Note, como sucede frecuentemente en TRIZ, que los límites entre diferentes campos no son marcados. Por ejemplo, la interferencia pertenece a uno de los campos A, O, o R en dependencia de la naturaleza de las ondas mientras el efecto piezoeléctrico pertenece a ambos campos M y E. De este modo, el campo es una forma de interacción entre sustancias, estrictamente hablando, el análisis energía y campo son iguales. TRIZ usa los términos como sinónimos, aunque la representación en términos de energía es más común para diseñadores técnicos mientras que la representación en términos de campos es más común para quienes resuelven problemas. El TRIZ descuida el dualismo onda-partícula conocido en física, porque este no es aún importante para sistemas técnicos y procesos tecnológicos.



Las letras con el campo aplicado son usadas en el modelo Su-Campo de diferentes sistemas; por ejemplo, Su-A_Campo significa Modelo Sustancia – Campo-Acústico y Su-C_Campo significa Modelo Sustancia_Campo-Químico. Tradicionalmente la información es representada a través de campos en modelos Su-Campos. Ver Tabla X.

El Su-Campo es el modelo de cualquier subsistema de un sistema técnico comprendiendo, como regla, tres componentes: dos sustancias y un campo usualmente, aunque una transformación puede ser modelada por dos campos y una sustancia. La identificación de sustancias (S_1 y S_2) depende de la aplicación. Frecuentemente S_1 es un producto objeto en bruto y S_2 es una herramienta.

Tabla X. Campos en TRIZ

Símbolo	Nombre	Ejemplos
G	Gravitacional	Gravedad
ME	Mecánico	Presión, inercia, fuerza centrífuga
P	Neumática	Hidrostática, hidrodinámica
H	Hidráulica	Aerostática, aerodinámica
A	Acústica	Sonido, ultrasonido
T	Térmico	Calor interno, conducción, aislamiento y transferencia, expansión térmica, efecto bimetalico
C	Químico	Combustión, oxidación, reducción, solución, enlaces, conversión, electrólisis, reacciones exotérmicas y endotérmicas
E	Eléctrico	Electrostática, inducción, capacitancia
M	Magnético	Magnetostático, ferromagnetismo
O	Óptico	Luz (infrarroja, visible, ultravioleta), reflexión, refracción, difracción, interferencia, polarización
R	Radiación	Rayos X, ondas electromagnéticas no visibles
B	Biológico	Fermentación, putrefacción, desintegración
N	Nuclear	Rayos de partículas α , β , γ , neutrones, electrones, isótopos.

En el caso de análisis y modelación de procesos tecnológicos (que pueden ser representados como un sistema expandido en el tiempo), resultan más efectivos los modelos comprendiendo un componente sustancia y dos



componentes campo, donde un campo representa la entrada y el otro la salida. Frecuentemente C_1 es una entrada y C_2 es una salida.

Los símbolos Su-Campo reflejan las reacciones entre los subsistemas de una técnica. Se muestran en la Tabla XI por diferentes líneas conectoras. Es práctica común ubicar el símbolo F por encima de las sustancias para una *entrada* al campo y debajo el símbolo de sustancias para *salida* de un campo. Usualmente una sustancia perjudicial o campo perjudicial es marcado con un tilde (~) encima de su símbolo. Si la organización espacio-temporal es importante para una técnica, esta es mostrada como $S(x,t)$ y $C(x,t)$ en el modelo Su-Campo.

Tabla XI. Diferentes líneas conectoras.

—————	conexión (normal)
—————>	acción dirigida
-----	inacción (silencio)
----->	acción deficiente
~~~~~>	acción dañina
———X———>	rotura de conexión
=====>	Transformación
←————→	Interacción
———/———>	} acciones varias
———//———>	



El Su-Campo simple completo puede ser gráficamente representado como:

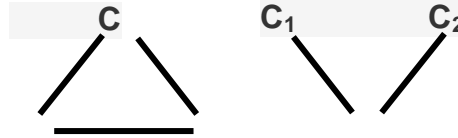


Figura 64. Representación gráfica general de modelos Su-Campo.

El modelo de dos sustancias y un campo (la parte izquierda de la figura de arriba) presenta, como regla, un subsistema del sistema técnico, mientras el modelo de dos campos y una sustancia (la parte derecha de la figura de arriba) presenta, como regla, un subsistema del proceso tecnológico.

El Su-Campo incompleto con solamente uno o dos componentes puede ser gráficamente representado como:

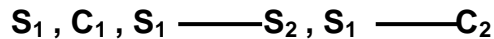


Figura 65. Representación gráfica general de modelos Su-Campo de uno o dos componentes.

Algunas veces, un Su-Campo completo se muestra como un simple triángulo si sus detalles no son importantes. Es interesante que un triángulo sea el bloque de edificación más pequeño en trigonometría, así como para una técnica. Sistemas y procesos complejos pueden ser modelados por múltiples triángulos Su-Campo conectados.

Las transformaciones de los sistemas técnicos y procesos tecnológicos pueden ser mostradas usando fórmulas gráficas para procesos tecnológicos, una flecha tiempo o notación tiempo debería ser designada.



## PROPIEDADES SU-CAMPO

Porque el Su-Campo es un modelo de una técnica, usualmente de alguna parte importante de un sistema técnico o un proceso tecnológico, cuando hablamos acerca de propiedades y acciones de un Su-Campo, nos referimos a las propiedades y acciones de un subsistema de la técnica. Las cinco propiedades más importantes del Su-Campo son las siguientes.

1. Si usted considera un subsistema como un componente Su-Campo incompleto, cualquiera de sus características pueden ser cambiadas, y el subsistema puede ser un componente de un Su-Campo completo:

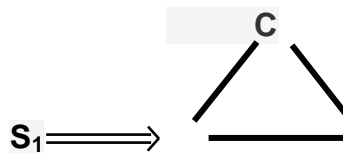


Figura 66. Representación gráfica general de modelos Su-Campo.

El término “cambiadas” significa aquí cualquier transformación o modificación de un subsistema, más que “medición” o “detección”, tal como transferencia, regulación, cambio de forma, separación, etc. Para modificar una sustancia es frecuentemente necesario usar un campo; y para transformación de un campo es frecuentemente necesario usar una sustancia.

2. La acción diferenciada sobre un componente Su-Campo causa la transformación diferenciada de otros componentes. La principal importancia práctica de esta propiedad es la posibilidad de aplicar el control de la acción o diversas acciones al componente Su-Campo más contrastable para obtener uno o diversos cambios



correspondientes en otros componentes Su-Campo que son no controlables desde afuera.

3. Si un componente Su-Campo tiene una estructura espacial-temporal específica, entonces, una estructura similar puede ser creada en otros componentes Su-Campo. Esto significa que, para crear una estructura espacial-temporal específica, a menudo no vale la pena actuar sobre un subsistema pero sí en cualquiera de los componentes que componen una combinación Su-campo completa con el subsistema a cambiar.
4. El número de campos o tipos de interacción entre componentes substanciales Su-Campo no es limitado. Este número es determinado por sus propiedades físicas y carácter de interacción.
5. Cualquier componente de cualquier Su-Campo puede ser un componente de otro Su-Campo al mismo tiempo:

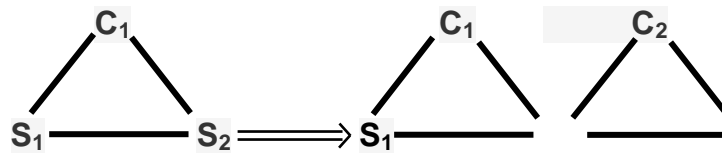


Figura 67. Representación gráfica de cadenas de modelos Su-Campo.

## REGLAS BÁSICAS DE LA TRANSFORMACION SU-CAMPO

El Análisis Su-Campo puede ser usado en el macro- así como en micro-nivel para transformar un problema a una Solución Estándar (presentado abajo en este capítulo). Tales reglas de transformación ayudan a evitar la inercia psicológica durante la resolución de problemas.





A. Para resolver un problema, el componente perdido es introducido al Su-Campo incompleto haciendo este completo.

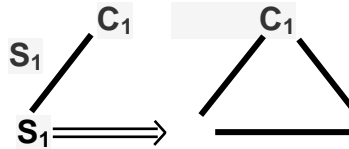


Figura 68. Completando el Su-Campo.

Si hay un problema con un subsistema existente y cualquiera de los tres componentes está perdido, el Análisis Su-Campo indica donde el modelo requiere completarse y los Estándares muestran las direcciones para su terminación. El Método de los Agentes y la Síntesis Estructura y Energía (discutido abajo) puede usualmente ayudar a identificar exactamente el componente perdido. Note que esta regla es equivalente al Estándar 1.1.1

B. Para incrementar la eficiencia de un Su-Campo existente, su componente substancial, que es una herramienta, puede ser expandida en un Su-Campo independiente, conectado a uno inicial (el Su-Campo obtenido es referido como una cadena):

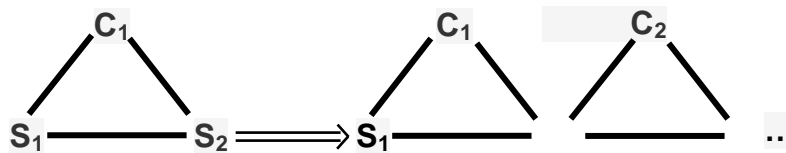


Figura 69. Representación gráfica general de cadenas de modelos Su-Campo.



### Notas:

1. Si un Su-Campo tiene tres componentes requeridos, pero el sistema técnico o proceso tecnológico es inefectivo, el Análisis ayuda a encontrar el componente “débil” y reemplazar este con otro componente del Su-Campo o sumar Su-Campos para incrementar la efectividad del sistema y/o modificar el sistema para mejor ejecución (si cambios radicales en el diseño son posibles).
  2. Frecuentemente la transformación en Su-M_Campo; ejemplo, introduciendo componentes sustancias ferromagnéticas y campos magnéticos, es útil para tales tareas.
  3. Una cadena Su-Campo es una representación de Su-Campos complejos los cuales tienen más de dos sustancias y más de dos campos.
- C. Los problemas de detección y medición pueden ser expandidos en un Su-Campo teniendo campos en ambas entradas y salidas llamadas una “medición” Su-Campo, la salida del campo ( $C_2$ ) lleva la información acerca del sistema.

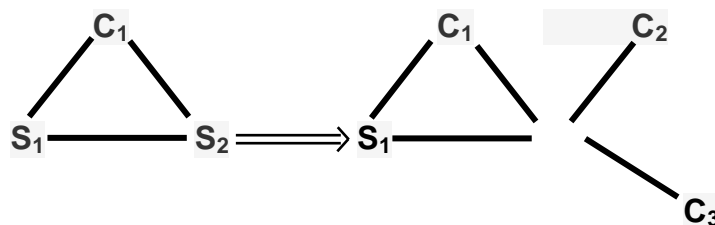


Figura 70. Representación gráfica general de modelos Su-Campo para detección y medición.

- D. La vía más eficiente para destruir un Su-Campo dañino, no deseado, o no necesario es introducir un tercer componente sustancial que es



una modificación de uno o ambos componentes sustanciales compuestos los Su-Campos dados.

**Nota:**

Los problemas de completar los sistemas Su-Campo con conexiones inapropiadas entre componentes funcionando ineficientemente son usualmente por incrementación de la eficiencia vía forzando el dinamismo de la técnica o flexibilizando, su transformación en Su-Campos bien-controlables, magnéticos (Su-M_Campos) o eléctricos (Su-E_Campos). En el caso de cuando los componentes sustancias no pueden ser reemplazados por las condiciones del problema, son introducidas adiciones en el sistema (Su-Campos complejos) o en el medioambiente (Su-Campos complejos externos). Cuando no pueden utilizarse adiciones, se utilizan modificaciones de los componentes de las sustancias iniciales: otros estados agregados de la materia, mezclas con disponibilidad material ilimitada desde el medioambiente (aire, agua, suelo, desperdicios de supersistemas, vacío), usar intensamente efectos químicos y físicos incrementando la eficiencia del sistema Su-Campo.

- E. Si el campo  $C_2$  es necesitado en el sistema de salida (con el campo  $C_1$  en entrada), el Su-Campo debería ser transformado usando transformaciones físicas  $C_1-C_2$ .

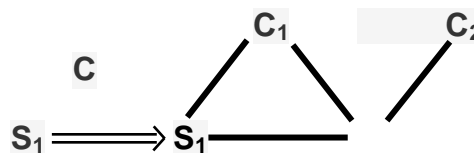


Figura 71. Representación gráfica de modelos Su-Campo usando transformaciones físicas.

Cadenas como transformaciones de Su-Campos usando 2-3 efectos físicos secuenciales son algunas veces requeridas por un problema.



## Ejemplo 1²³

Se tiene un material termoplástico (polímero lineal). De este se requiere elaborar láminas (de un metro por un metro) con pelos finos, es decir, con salientes del mismo material en forma de agujas de 10 mm de altura y con muchas decenas de ellas por centímetro cuadrado. Se intenta diseñar un método de elaboración simple, de alta productividad y de bajo costo. La fundición y el estampado originan demasiados rechazos en la producción.



Figura 72. Representación a modo de caricatura del problema.

La contradicción no se observa, sin embargo, el problema existe, y se procederá a su resolución. Podemos dirigir el estado de agregación de una sustancia mediante la acción de un campo magnético sobre partículas ferromagnéticas, introducidas en la sustancia o que están en contacto con ella.

Probemos utilizar este principio. Supongamos que dentro del material plástico se agregó un polvo ferromagnético. Si ahora acercamos al material plástico calentado un imán con agujas y luego comenzamos a elevarlo, entonces cada aguja va a estirar y arrastrar tras de sí al material en finos hilos de plástico: he aquí el formado de la velloidad...

²³ Tomado y adaptado de: G. Altshuller. Revista "Técnica y Ciencia", 1979, Nº 4. ANÁLISIS SUSTANCIA-CAMPO.

Traducido del ruso por: Tatiana Zagorodnova, Revisión Técnica de Juan C. Nishiyama y Carlos E. Requena. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL PACHECO, ARGENTINA. Especialmente para la Fundación G.S. Altshuller.



Anotemos esta solución al estilo de las fórmulas de las ecuaciones químicas. Según las condiciones del problema existe una sustancia, la cual rotularemos con la letra S. Con una flecha punteada indicaremos que, según las condiciones del problema, la sustancia es poco manejable y se necesita aprender a manejarla:



Figura 73. Representación de un modelo Su-Campo poco manejable.

Ahora anotemos la respuesta. Hemos introducido un campo magnético  $C_M$ , que influye sobre el polvo ferromagnético  $S_F$ , que a su vez influye sobre S:

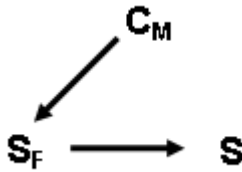


Figura 74. Representación de un modelo Su-Campo con campo magnético y polvo ferromagnético.

Unimos lo “dado” y lo “obtenido” por una flecha doble, esta nos permite reemplazar la frase “Para la resolución del problema hay que pasar a”:

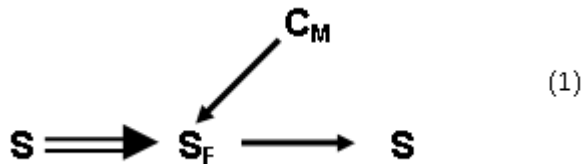


Figura 75. Representación de un modelo Su-Campo con doble flecha.

La anotación indica claramente la clave para la resolución. Teníamos una sustancia (S) que no se sometía a una influencia inmediata. Hemos hecho un



rodeo: tomando un par en interacción “campo magnético–polvo ferromagnético” ( $C_M-S_F$ ) y lo hemos unido con la sustancia existente dentro de un sistema único y manejable. Ahora se observa la contradicción, estaba oculta dentro del problema, y la hemos superado: el campo no influye sobre la sustancia (no existen campos que puedan por sí mismos formar vellos sobre las láminas) y el campo influye sobre la sustancia (a través de una segunda sustancia – el polvo ferromagnético).

Para el problema siguiente, estimamos que el lector puede resolverlo antes de terminar de leer las condiciones. El problema no es sencillo: este fue utilizado para las lecciones en los colegios de creatividad técnica durante varios años y nunca lo pudieron resolver antes de la enseñanza.

### **Ejemplo 2²⁴**

En una fábrica de máquinas agrícolas, existe una pequeña pista de pruebas (30 m x 20 m) para ensayos de arranque de máquinas, maniobras, etc. La empresa recibió un nuevo pedido – la producción debe ser suministrada a varios países. Se calculó que era necesario ensayar sobre 150 tipos de terrenos. ¿Construir 150 tipos de pistas?...

Desde luego, simplemente hay que agregar en el suelo partículas ferromagnéticas y accionando con un campo magnético, modificar las características del terreno en la misma pista de pruebas.

El campo magnético trabaja perfectamente junto con el polvo ferromagnético. Es por eso que hay muchas soluciones técnicas que se adaptan a

²⁴ Tomado y adaptado de: G. Altshuller. Revista “Técnica y Ciencia”, 1979, Nº 4. ANÁLISIS SUSTANCIA-CAMPO.

Traducido del ruso por: Tatiana Zagorodnova, Revisión Técnica de Juan C. Nishiyama y Carlos E. Requena. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL PACHECO, ARGENTINA. Especialmente para la Fundación G.S. Altshuller.



la fórmula (1). El triángulo formado por campo magnético, partículas ferromagnéticas y sustancia (el producto) recibe la denominación de **campo-Fe** (campo ferromagnético).

## SUSTANCIA-CAMPO – ES UN SISTEMA TÉCNICO MÍNIMO

Existen otros campos y otras sustancias que responden bien a las influencias de estos campos. Por lo cual, el campo-Fe es un caso particular de sustancia–campo (triángulo formado por dos sustancias y un campo).

### Ejemplo 3²⁵

Luego del montaje y la carga de las unidades refrigerantes, se debe verificar si existen pérdidas de líquido de trabajo. ¿Sus propuestas?

Anotemos la solución en forma de relación sustancia – campo:

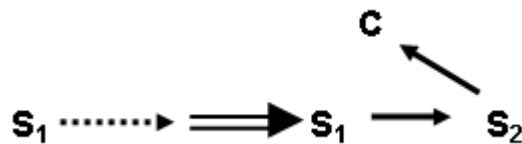


Figura 76. Representación del modelo Su-Campo del ejemplo 3.

Existe la sustancia  $S_1$  (gota del líquido, debida a una filtración); se necesita que esta sustancia proporcione una señal de su presencia (flecha punteada, dirigida desde  $S_1$ ). Para la resolución del problema se debe pasar a la relación Su-

²⁵ Tomado y adaptado de: G. Altshuller. Revista "Técnica y Ciencia", 1979, N° 4. ANÁLISIS SUSTANCIA-CAMPO.

Traducido del ruso por: Tatiana Zagorodnova, Revisión Técnica de Juan C. Nishiyama y Carlos E. Requena. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL PACHECO, ARGENTINA. Especialmente para la Fundación G.S. Altshuller.





Campo, uniendo  $S_1$  con la sustancia  $S_2$ , que pueda dar el campo C “de señal”. En calidad de  $S_2$  se puede utilizar, por ejemplo, una sustancia luminiscente. Entonces, resultará más cómodo formular la “reacción” obtenida de la siguiente manera:

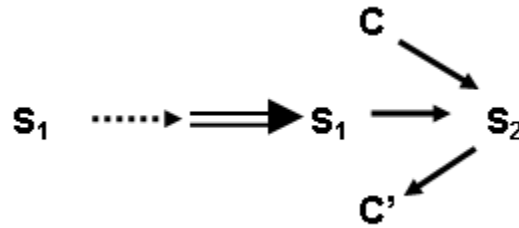


Figura 77. Representación del modelo Su-Campo donde  $S_2$  actúa sobre  $C'$ .

La sustancia  $S_2$ , relacionada con la  $S_1$  transforma el campo óptico (electromagnético)  $C$ , originando en la salida una señal fácil de detectar (campo  $C'$ ).

En el banco de patentes se pueden descubrir muchas soluciones técnicas, inclusive poderosas, ingeniosas, inesperadas, basadas en las “reacciones” entre la 1 y la 2.

### ¿POR QUE PRECISAMENTE EL TRIÁNGULO?

A esta pregunta se puede contestar con otra pregunta: ¿Por qué en las matemáticas se le da tanta importancia al triángulo? ¿Por qué se ha creado una rama especial de las matemáticas – la geometría? La respuesta es evidente: el triángulo – es una figura geométrica mínima según su cantidad de elementos; cualquier otra figura se puede dividir en triángulos. El campo-Fe – es un sistema técnico mínimo. Cualquier sistema técnico se puede representar en forma de sumatoria de campos-Fe. Por ejemplo, en la parte derecha de la fórmula (2) – hay un rombo, es decir dos triángulos. Por eso tiene tanta importancia conocer las



reglas de la construcción y la transformación de la Su-Campo. La regla más sencilla ya se conoce: Para la construcción de un sistema técnico mínimo se requieren dos sustancias y un campo.

### **Ejemplo 4²⁶**

Dada una mezcla de trozos de corteza y de madera similares por su tamaño y con igual densidad. ¿Cómo separarlos?

¿Qué puede ser más fácil que este problema... ahora, cuando se conoce la regla general? Hay dos sustancias; hay que agregar un campo. Se conocen cuatro campos: Electromagnético, gravitatorio, interacciones fuertes y débiles. Dejamos los dos últimos campos – ¿para qué usar fuerzas atómicas en la solución de un problema como este? Y de acuerdo con las condiciones del problema, el campo gravitatorio tampoco sirve (las densidades de las sustancias son equivalentes).

Queda la influencia electromagnética. La corteza y la madera no poseen propiedades electromagnéticas. Por consiguiente, para la construcción de la Su-Campo, se necesita el campo eléctrico. La idea de la solución es deducida con exactitud matemática, se puede realizar el experimento decisivo: Si las sustancias dadas se cargan diferentemente, el problema está solucionado.

¿Y si estas (supongamos) se cargan igualmente? En una de las sustancias, antes de su mezclado, habrá que introducir  $S_3$ , por lo menos el mismo polvo ferromagnético. Se obtiene una relación Su-Campo compleja.

²⁶ Tomado y adaptado de: G. Altshuller. Revista "Técnica y Ciencia", 1979, N° 4. ANÁLISIS SUSTANCIA-CAMPO.

Traducido del ruso por: Tatiana Zagorodnova, Revisión Técnica de Juan C. Nishiyama y Carlos E. Requena. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL PACHECO, ARGENTINA. Especialmente para la Fundación G.S. Altshuller.

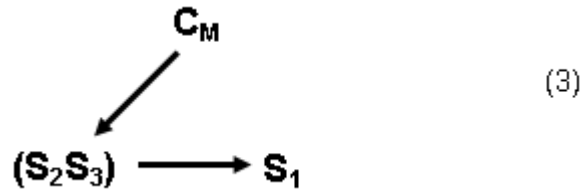


Figura 78. Representación del modelo Su-Campo donde se introduce otra sustancia,  $S_3$ .

Como regla, la posibilidad de construir relaciones Su-Campo complejas, amplía considerablemente el campo de acción al llevarlo a cabo.

A propósito, sobre las palabras “sustancia” y “campo”:

**En el análisis Su-Campo** (es decir, el análisis de estructuras de sustancia-campo bajo la síntesis y la transformación de los sistemas técnicos) por “sustancia” se entiende no solamente la sustancia en sí, sino también los sistemas técnicos o sus partes, y a veces el medio exterior. Por ejemplo, si en el problema se trata del incremento de la velocidad de movimiento de rompehielos en los hielos, entonces las sustancias son: el rompehielos y el hielo.

Además de los cuatro campos físicos “legítimos”, en el análisis sustancia-campo, se utilizan “campos” térmicos, acústicos, mecánicos. Para terminar con los principios del análisis Su-Campo, agregamos que está establecido anotar a las sustancias en una línea, los campos de entrada – sobre la línea, y los campos de salida – bajo la línea. En términos generales, una relación Su-Campo (sin definir) se señala con un triángulo, una acción - con una línea y una acción inadecuada - con una flecha ondulada o una línea.



## Ejemplo 5²⁷

Imaginemos que se necesita comprimir un resorte (de 100 mm de largo y de 10 mm de diámetro), ubicarlo (verticalmente) entre las páginas de un libro, y luego cerrar el libro sin dejar que el resorte se descomprima. Se puede comprimir el resorte con dos dedos. Sin embargo, luego será necesario retirar los dedos, pues si no, no se podrá cerrar el libro... Surge una situación análoga en el montaje de algunos dispositivos. Se necesita comprimir un resorte, ubicarlo y cerrar con una tapa. ¿Pero como hacerlo sin dejar que el resorte se descomprima? Atar el resorte no se puede, dentro del aparato debe estar en funcionamiento.

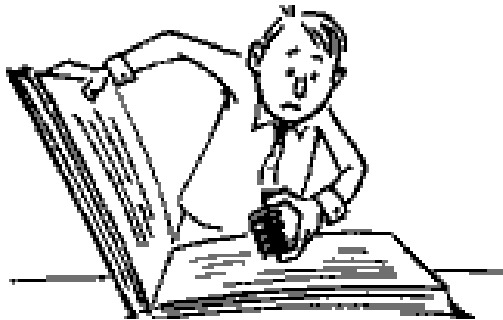


Figura 79. Representación a modo de caricatura del problema.

Realice un esquema de resolución mediante la aplicación del análisis Su-Campo. ¿Con qué datos contamos? ¿Qué debemos introducir para concretar la construcción de la Su-Campo? ¿En que consiste su modelo Su-Campo?: ¿Qué sustancias son tomadas, qué campo es el elegido y como funciona la relación Su-Campo?

²⁷ Tomado y adaptado de: G. Altshuller. Revista "Técnica y Ciencia", 1979, N° 4. ANÁLISIS SUSTANCIA-CAMPO.

Traducido del ruso por: Tatiana Zagorodnova, Revisión Técnica de Juan C. Nishiyama y Carlos E. Requena. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL PACHECO, ARGENTINA. Especialmente para la Fundación G.S. Altshuller.



## JUGADA CON EL CABALLO DE TROYA

Como usted sabrá, la ciudad de Troya resistió un asedio de diez años. Allí, por consejo del ingenioso Ulises, los griegos construyeron un caballo gigante de madera. Dentro del mismo, se escondió un grupo de guerreros armados. Dejando el caballo sobre la playa, los griegos abandonaron el campo de batalla fingiendo levantar el sitio y volver al mar. Los Troyanos se lanzaron hacia el campamento abandonado y hallaron allí al caballo de madera. Llevaron este trofeo a la ciudad. A la noche los guerreros salieron del caballo, mataron a los guardias y abrieron el portón al ejército griego que estaba de regreso. Troya cayó...

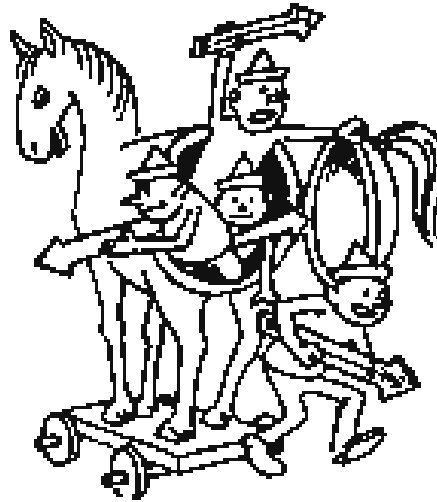


Figura 80. Representación a modo de caricatura del problema.

No hay lugar para la afirmación de que Homero pudo prever la aparición del análisis Su-Campo. Sin embargo, en la historia del caballo de madera se refleja con exactitud una de las ideas más importantes del análisis Su-Campo. Por lo general, la clave del problema consiste en que algunas sustancias no pueden ser manejadas - no cambian del modo requerido, no dan información alguna acerca de su presencia o su estado. El asedio infructuoso de una sustancia rebelde puede durar años. Nada dará resultado hasta que no sea utilizado el



caballo de Troya – el agregado de una sustancia que cumple fácilmente con lo requerido.

El paso con el caballo de Troya fue visto en la fórmula (1), dentro de la idea sobre la construcción de la Su-Campo. En realidad  $S_3$  también toma el papel de caballo de Troya dentro de la fórmula de la relación sustancia-campo compleja. Con frecuencia las condiciones del problema imponen directamente la prohibición de la introducción de sustancias “ajenas”. En este caso el análisis sustancia-campo dispone de una tropilla entera de caballos de Troya – un conjunto de métodos envolventes e ingeniosos. A continuación mencionaremos algunos de ellos:

- 1) No utilizar agregados, sino una representación del agregado;
- 2) No agregar una sustancia, sino un campo (eléctrico, magnético);
- 3) Los agregados se introducen en dosis extremadamente pequeñas;
- 4) En lugar de un agregado interno, se utiliza un agregado externo;
- 5) Hacer un agregado temporario;
- 6) En calidad de agregados, utilizar una parte de la sustancia existente, pero pasada a otro estado de agregación;
- 7) El agregado se introduce en forma de una unión química, de la cual ella luego se deshace.

### **Ejemplo 6²⁸**

Dentro de una máquina textil se desliza un hilo. Recorre un largo camino y además se estira. ¿Cómo se puede controlar el grado de estiramiento del hilo? No

²⁸ Tomado y adaptado de: G. Altshuller. Revista “Técnica y Ciencia”, 1979, N° 4. ANÁLISIS SUSTANCIA-CAMPO.

Traducido del ruso por: Tatiana Zagorodnova, Revisión Técnica de Juan C. Nishiyama y Carlos E. Requena. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL PACHECO, ARGENTINA. Especialmente para la Fundación G.S. Altshuller.



se puede detener el hilo. Tampoco, se puede aplicar sustancias ajenas sobre el hilo, aún en dosis muy pequeñas o temporalmente. ¿Qué hacer?

Desde el punto de vista habitual, las prohibiciones mencionadas en las condiciones del problema, lo agravan. En cambio, para nosotros, estas prohibiciones simplifican la resolución: dos caballos de Troya de los siete se descartan...

### **MUY SENCILLO: SUSTANCIA QUE EXISTE Y SUSTANCIA QUE NO EXISTE...**

Desde hace mucho tiempo, la gran variedad de problemas inventivos mantuvo a los investigadores de las técnicas de creatividad en un estado de confusión. ¿Qué clase de métodos puede existir en común si los problemas son irrepetibles? Trataban de clasificar los problemas según sus rasgos funcionales y por sus ramificaciones, lo cual únicamente incrementaba la confusión: de repente hallaron que algún problema de carácter metalúrgico es parecido a otro, por ejemplo, de carácter electrotécnico; y dos problemas que aparentan ser iguales sobre el control de los parámetros de la sustancia tienen soluciones muy distintas...

El análisis Su-Campo, generó sus principios para la clasificación de los problemas. ¿Cuántos elementos (sustancias, campos) hay en el problema? ¿Cuáles son estos elementos (campos o sustancias)? ¿Hay posibilidad de introducción de elementos adicionales? ¿Es un problema de medición (se necesita un campo en la salida) o de modificación de un objeto (se requiere un campo en la entrada)? A primera vista, parecen principios extraños. Sin embargo, no nos resulta extraña la clasificación de los elementos químicos de acuerdo al número de electrones en la capa electrónica externa del átomo...





**El análisis Su–Campo, descartando todo lo superficial, eventual, permitió construir la clasificación que indica los caminos de solución para cada clase de problemas.**

Todos los problemas están divididos en tres tipos – de acuerdo a la cantidad de elementos en el problema modelo (uno, dos o tres elementos; otros problemas más complejos se ajustan a los tres ítems anteriores). Los problemas del primer tipo se solucionan “directamente” – mediante la terminación de la construcción de la relación sustancia-campo. Análogamente a la química: Todos los halógenos tienden a recibir su electrón para terminar de construir su capa electrónica externa. Las diferencias entre los distintos halógenos pasa al segundo plano ante esta peculiaridad general y principal.

“Directamente”, es decir sin análisis, también se solucionan los problemas de segundo y tercer tipo. Sin embargo, lo más importante es otra cosa: Para cada clase de problema (en la clasificación actual son 18) el análisis Su–Campo ofrece una fórmula general, que indica la **dirección** hacia la solución. A veces esta fórmula ofrece directamente una respuesta. Frecuentemente se necesita ayudar a terminar la solución con un análisis. Pero, ¡Cuánto simplifica el camino al objetivo, de conocer la dirección hacia el mismo!

### **Ejemplo 7²⁹**

En las centrales termoeléctricas, el carbón llega desde una carbonera al molino de bolas a través de una cinta transportadora. Después de la molienda, el polvo de carbón es dirigido a través de un conducto hacia el separador. Las

²⁹ Tomado y adaptado de: G. Altshuller. Revista “Técnica y Ciencia”, 1979, Nº 4. ANÁLISIS SUSTANCIA-CAMPO.

Traducido del ruso por: Tatiana Zagorodnova, Revisión Técnica de Juan C. Nishiyama y Carlos E. Requena. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL PACHECO, ARGENTINA. Especialmente para la Fundación G.S. Altshuller.



partículas gruesas de carbón vuelven a la molienda y el polvo de carbón se lo dirige hacia las cámaras de combustión. Todo sale bien si el carbón no está húmedo. Sin embargo, frecuentemente a la carbonera llega el carbón muy humedecido. Este se adhiere a las paredes de los tubos cuando se lo transporta al molino. ¿Cómo solucionar el problema?

El problema es de tercer tipo (hay tres elementos), que contiene seis clases de problemas. Encontrar la clase necesaria es sencillo: Tenemos **el problema sobre la destrucción de la Su-Campo**. Para la solución de los problemas de esta clase, el análisis Su-Campo recomienda introducir una tercera sustancia entre las dos ya existentes, que provoca la modificación de una de ellas (o la modificación de la mezcla entre ambas sustancias existentes).

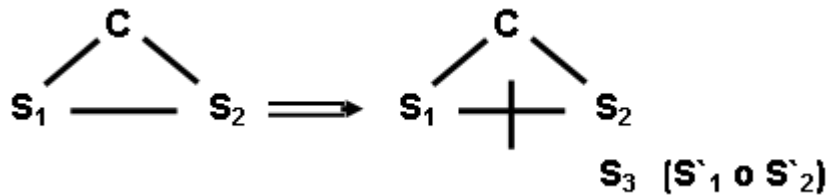


Figura 81. Representación del modelo Su-Campo del problema del ejemplo 7.

Nuevamente nos encontramos frente a una fórmula para la supresión de una contradicción: **La tercera sustancia existe** (por lo tanto, la Su-Campo esta extinguida) y al mismo tiempo **la tercera sustancia como si no hubiera existido** (por lo tanto, no hay gastos para esta sustancia, no hay dificultades relacionados con la misma). Los norteamericanos, por ejemplo, propusieron revestir por dentro a los conductos para el carbón con plástico fluorocarbonado. La Su-Campo fue destruida (se introdujo una tercer sustancia). En la práctica el carbón desgastó rápidamente el recubrimiento, la idea fracasó.

Según la fórmula (4), en calidad de tercera sustancia se debe tomar un metal modificado o carbón modificado. El difícil problema se transformó en



preguntas sencillas. ¿Cómo modificar el metal, para que no se adhiera el carbón húmedo? ¿Cómo modificar el carbón húmedo, para que no se adhiera al metal? La respuesta es evidente: En calidad de una capa intermedia fina entre el metal y el carbón húmedo se necesita utilizar carbón seco. Para este fin se puede utilizar el carbón en polvo, que requiere una segunda molienda. El mismo se dirige a la molienda y al ingresar allí envuelve el carbón húmedo. La tercera sustancia existe y no existe. La capa intermedia de carbón seco no requiere gastos de materiales, y no se rompe. ¡Cuántas variantes “inútiles” han sido probadas, cuando el problema se intentaba resolver por el camino del método de prueba y error!

## PUENTE ENTRE LA FÍSICA Y LA TÉCNICA

El análisis Su-Campo tiene otra importante faceta. Las claves para la resolución de problemas difíciles, frecuentemente, resultan ser los efectos físicos. Es por eso, que es muy importante hallar un método que conduzca el problema al efecto físico correspondiente. El análisis Su-Campo, justamente, resulta ser este método, ya que **los efectos físicos pueden ser expresados en forma de Su-Campo.**

En el caso más simple, la denominación del efecto físico buscado, se puede obtener uniendo los nombres de los campos de entrada y de salida de la relación Su-Campo construida.

### **Ejemplo 8³⁰**

³⁰ Tomado y adaptado de: G. Altshuller. Revista “Técnica y Ciencia”, 1979, Nº 4. ANÁLISIS SUSTANCIA-CAMPO.

Traducido del ruso por: Tatiana Zagorodnova, Revisión Técnica de Juan C. Nishiyama y Carlos E. Requena. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL PACHECO, ARGENTINA. Especialmente para la Fundación G.S. Altshuller.



La medición de alta tensión (2000 – 2500 kilowatt) y de la corriente en los conductores que se encuentran bajo esta tensión, resulta un difícil problema. Se requiere de una enorme construcción, que esté aislada de la tensión total – un “estante” entre 10–12 metros de altura. Se necesita un modo más simple y exacto de medición.

Anotemos lo que está dado según condiciones de problema:



Figura 82. Representación del modelo Su-Campo del problema donde la acción resulta difícil.

Tiene similitud con la fórmula (2). Sin embargo, antes había una sustancia, y ahora tenemos un campo. Por ahora no conocemos otras fórmulas, por analogía nos queda seguir con la fórmula (2):

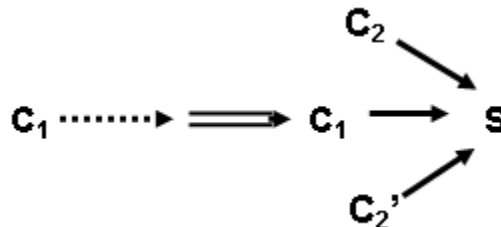


Figura 83. Representación del modelo Su-Campo del problema donde se introduce S.

Tenemos respuesta en forma de Su-Campo: Hay que introducir en el campo  $C_1$  una sustancia S, la cual de acuerdo a los parámetros del campo  $C_1$  pueda modificar los parámetros del campo  $C_2$ , el cual atraviesa esta sustancia. Si por ejemplo, queremos tener en la salida, como en el problema 9, un campo óptico, debemos utilizar un **efecto electro óptico** (efecto Kerr).

Los estándares son los preceptos de síntesis y transformación, con el objetivo de superar o eludir las contradicciones técnicas y físicas. Cuando un



problema se resuelve con la ayuda de los estándares, no hay necesidad de formular una contradicción.

Los estándares se utilizan en aquellas situaciones en las que un problema implica una interacción no deseada entre dos o más subsistemas (o sustancias) las cuales pueden ser:

- **Incompleta:** algún parámetro de un subsistema o producto tiene que ser cambiado durante la operación, pero no se tiene la certeza de qué hacer para cambiarlo;
  - **Nociva:** un subsistema produce un efecto nocivo;
- **Excesiva:** una acción de un subsistema a otro es demasiado fuerte;
- **Insuficiente:** una acción de un subsistema a otro es demasiado débil.

Una vez presentados los conceptos fundamentales del análisis Su-campo, es necesario describir brevemente el enfoque de las ontologías como estrategia para capitalizar la experiencia.



## CASO DE ESTUDIO 1.-³¹

# PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA ESCORIA DE LA ARTICULACIÓN DE DIRECCIÓN

## INTRODUCCIÓN

Como ya vimos, Altshuller desarrolló lo que llamó Su-Campo como un intento de generar un lenguaje sistemático y universal de la definición y solución de problemas. En efecto, el método de Su-Campo representa una forma de clasificar los diferentes tipos de problemas tanto en términos de la cantidad de interacción componentes (sustancias) y las acciones (campos) que actúan sobre ellos. Existen diferentes combinaciones de sustancias y campos posibles. Altshuller identificó posteriormente Soluciones Estándares, que pueden ser aplicadas para resolver cualquier combinación Su-Campo. En total, determinó 76 Soluciones Estándares Inventivas, dónde existen grupos, cuyas combinaciones tienen más probabilidades de ser relevantes para un tipo dado de Su-Campo.

³¹ Este caso (adaptación) fue tomado de: Edgardo CORDOVA LOPEZ, INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE-ENSIACET, Laboratoire de Génie chimique; Germain LACOSTE, Directeur de l'ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE TARBES Laboratoire de Génie Chimique; Jean-Marc LE LANN, Responsable du Département Genie Industriel Laboratoire de Génie Chimique, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES INGENIEURS EN ARTS CHIMIQUES ET TECHNOLOGIQUES (INPT-ENSIACET).



## PLANTEO DEL PROBLEMA

La observación fundamental, en nuestro caso, es que la tolva de arena se coloca en la parte superior de la máquina moldeadora, y sólo para el paso del aire caliente que tiene lugar en el horno de drenado. Esto origina que la tolva tenga una temperatura que oscila entre 45 a 55 ° C en las paredes exteriores donde se recibe la radiación calórica y entre 40 a 48 °C en las paredes opuestas. (Por supuesto que las temperaturas más altas se registran en la parte superior y la más baja en la parte inferior). La temperatura interna de las paredes de la tolva registra una temperatura entre 2 a 5 ° C menos que en la parte exterior de la pared a la misma altura.

Por esta razón, la tolva se convierte en una especie de horno para la arena que almacena en su interior.

De acuerdo con el modelado de Su-Campo, la exposición sería de la siguiente manera:

Los elementos del modelo son:

Función: Un calentamiento indeseado existe por efecto del horno en la tolva de arena.

$S_t$  tolva de arena

$S_a$  arena

$F_c$  radiar calor, acción del horno.





Construcción del Modelo:

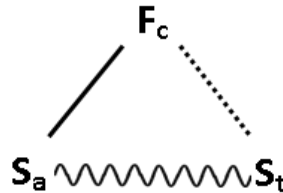


Figura 84. Representación del modelo Su-Campo del problema donde se aprecia los efectos pobres del campo  $F_c$  y el efecto dañino de las sustancias  $S_a$  y  $S_t$ .

Una función perjudicial existe entre la tolva de arena y la arena propia que no permite que su temperatura disminuya, pero, por el contrario, se aumentó de manera sensible. La energía calorífica que llega del horno representa una función perjudicial y es realmente la causa del problema según el procedimiento de TRIZ, es también necesario probar algunas de las 76 soluciones estándar: Dos maneras de aplicar una solución estándar son:

"Introducir otra sustancia o introducir otro campo"

Introducir una nueva sustancia es equivalente a interponer un objeto entre el horno y la tolva con el fin de que actúe como un reflector térmico entre dos elementos, este reflector que absorbe la radiación térmica y hace que la tolva no se caliente demasiado.

Este reflector térmico es de hecho una especie de escudo que impide que la radiación llegue a la tolva y caliente la arena. Este "escudo" sería una placa metálica de manera provisional con el fin de verificar si es funcional, y luego podría ser cambiado por un diseño más adecuado tanto en forma como en material.



El modelo modificado sería de la siguiente manera:

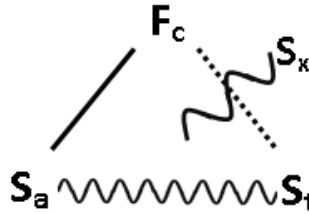


Figura 85. Representación del modelo Su-Campo del problema con la aplicación del aislante térmico  $S_x$ .

Donde  $S_x$  sería el aislante térmico que evita el sobrecalentamiento de la tolva.

Otra forma de añadir un nuevo campo, además de la nueva sustancia o en lugar de ella, es la siguiente:

Existen algunos conductos en las cercanías de la tolva de arena que absorben el aire caliente. Podría adaptarse una extensión de la parte superior de la tolva en la pared que está más expuesta al calor y extraer la energía al cargar la tolva, no permitiendo su calentamiento.

El modelo modificado es de la siguiente manera:

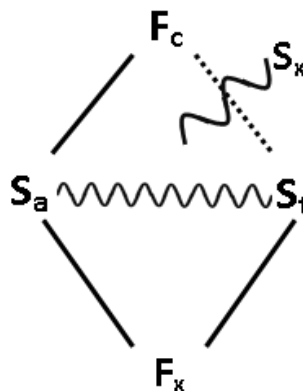


Figura 86. Representación del modelo Su-Campo con otra modificación.



$F_x$  sería la extracción del aire en las cercanías de la parte superior de la tolva, lo que impediría un excesivo calentamiento de esta.

## CONCLUSIONES

La introducción de un "protector" ya ha sido implementada. Esto se evita la radiación térmica en la tolva, de hecho es una placa metálica que logró inmediatamente que la temperatura del tanque descienda entre 8 y 10 °C, permitiendo que la arena disminuya su temperatura entre 4 y 6 °C logrando la mejora del proceso.

Se estudia la posibilidad de mejorar el diseño de este reflector térmico para evitar la alternativa de la extensión del extractor de aire pues implica costos económicos. Seguramente nunca será implementado, por eso no es más necesario.

Esta implementación y el de las placas helicoidales, solución esta última conseguida al plantear las contradicciones técnicas, han sido los cambios más importantes en esta línea de producción desde su apertura.

El costo de estas modificaciones es despreciable. Estas soluciones se han recomendado y aplicado con excelentes resultados y sin inversión de gestión para reducir los desechos y piezas de retrabajos de más de 10 a menos de 3 por ciento.



## CASO DE ESTUDIO 2.-³²

# PROBLEMA DEL DESPERDICIO DEL AEROSOL

## PLANTEO DEL PROBLEMA

El problema planteado implicó la reducción del desperdicio de producto producido por los aerosoles. Una versión extrema del problema puede verse cuando se considera el uso de aerosoles para matar insectos voladores. En este escenario, el problema de desperdicio es extremo ya que los insectos son pequeños y pueden moverse rápidamente en relación con el operador del pulverizador. Como se sugiere en la Figura 87, no es inusual en esta situación que el 90-99% del producto no haga contacto con el insecto.

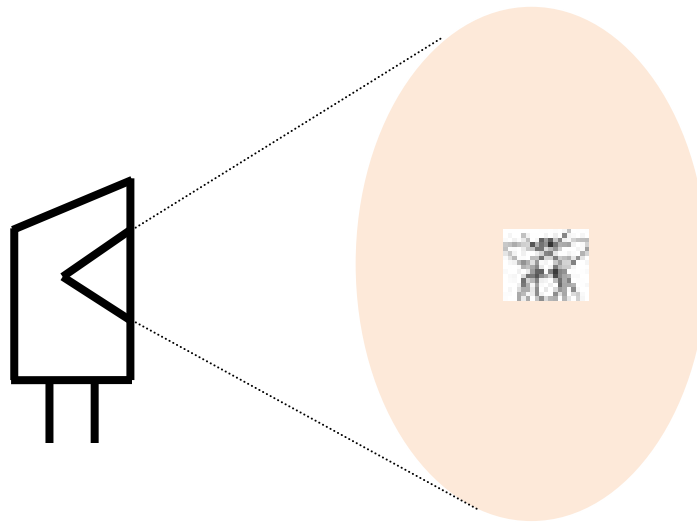


Figura 87. Situación tradicional del pulverizador para insectos

³² Tomado y adaptado de: IDEALITY AND 'SELF-X', Part 2: Meals, Wheels, and Carpet Slippers, Technical Case Studies, Darrell Mann, Director, CREAX nv, Ieper, Belgium,



Con el fin de ayudar a mejorar la situación, se aplicó el concepto de Resultado Final Ideal (RFI) para el aerosol spray (desgraciadamente las restricciones del problema nos impiden buscar soluciones que no impliquen un aerosol – lo cual es otra historia). Lo primero propuesto por el pensamiento RFI fue el concepto sugerido en la Figura 88.

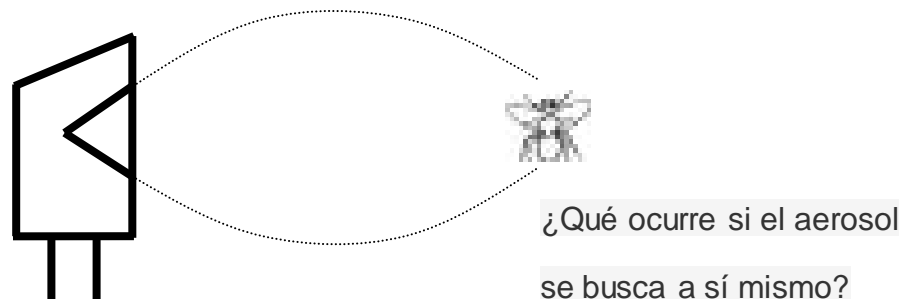


Figura 88. Solución conceptual para el problema del aerosol que se busca a sí mismo.

Para ser honestos, el concepto suena bastante ridículo. No obstante, utilizaremos la sugerencia como la base de una búsqueda de algunas de las bases de datos de patentes en línea. No pasó mucho tiempo desde ese punto hasta que se encontró la patente de EE.UU. 6.199.766 concedida a inventores de la Universidad de Southampton, en marzo de 2001 - Figura 89. Los detalles precisos de la invención no son importantes en el contexto de este artículo. Lo importante es que, incluso una situación como ésta, donde la idea de buscarse así mismo resulta ridícula, alguien, en algún lugar, ya había estado pensando precisamente en esa dirección.

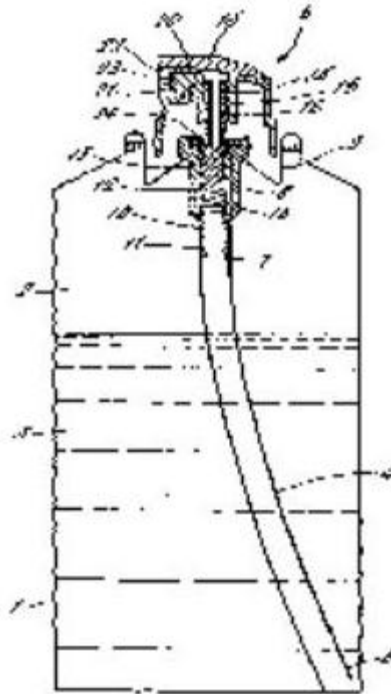


Figura 89: US6, 199,766 Focalización de los insectos voladores con insecticidas y aparato para cargar Líquidos”

La situación inicial del problema es que tenemos dos sustancias - un insecto y una partícula de aerosol - con una escasa interacción entre ellos. La situación deseada es que nosotros entregamos una función útil “partícula golpea insecto”. La regla de Su-Campo para la entrega de una función útil es que el sistema debe contener un mínimo de dos sustancias y un campo. En la situación inicial, el campo no está. Por lo tanto, para proporcionar la función requerida, un campo necesita ser añadido al sistema.

Con el fin de determinar qué tipo de campo es probable que sea más adecuado, resulta útil identificar los recursos posibles de campos presentes en el sistema. El campo identificado existente (pero no utilizado previamente) por los inventores de US6, 199.766 fue la acción del aleteo de las alas de un insecto, el cual genera ciertas cargas electrostáticas. Por lo tanto, todo lo que se requería



para lograr la función “autobuscar” fue generar una partícula con una carga opuesta y consecuentemente la atracción. La Figura 90 resume el problema en forma de Su-Campo.

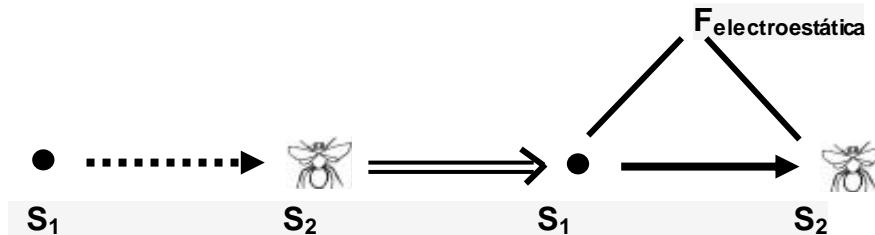


Figura 90. El problema del pulverizador para insecto como un problema Su-Campo.

Las conclusiones generales que pueden extraerse del estudio de este caso, es la estrecha relación entre los recursos existentes y la idealidad, y probablemente más importante en este caso - la necesidad de la fe de que aunque autobuscar suena ridículo, sin embargo, puede producir valiosas oportunidades de solución. El ejemplo específico aquí es sobre las partículas de aerosol y de insectos. En un plano más general, la situación inicial que se indica en la Figura 90 es general en situaciones de aerosoles y partículas pequeñas de muchas clases.





## CASO DE ESTUDIO 3.-

# PROBLEMA DEL EMBOTELLADO DE AGUA OXIGENADA³³

Este caso de estudio fue resuelto con la Matriz de Contradicciones en el capítulo de Contradicciones. Dado que una de las alternativas sugeridas por dicha matriz fue el **Principio 18, Vibración Mecánica**. Se ha procedido a generar ondas sonoras sobre la espuma, a nivel de laboratorio, encontrando que el rango de mayor eliminación de espuma se encuentra entre 0,8 y 1,0 Giga Hertz, en un tiempo de 5 segundos.

El diagrama Su-Campo resultante es el siguiente:

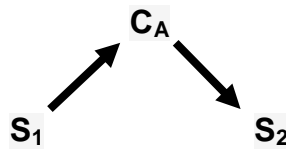


Figura 91. Representación del modelo Su-Campo del problema del embotellado del agua oxigenada.

Dónde:

$S_1$  = Antena emisora de ondas acústicas

$C_A$  = Campo acústico generado

$S_2$  = Espuma

³³ Tomado de "APLICACIÓN DE TRIZ, PARA RESOLVER UN PROBLEMA DE EXCESO DE ESPUMA SUPERFICIAL EN SOLUCIONES ACUOSAS. 2^{do} Congreso Iberoamericano de Innovación Tecnológica. Monterrey 2007.



## CASO DE ESTUDIO 4.-

### PROBLEMA DEL EMBALADO DE FÓSFOROS

Durante su reconstrucción, una fábrica de fósforos estaba equipada con máquinas de alto rendimiento que duplicaban la tasa de producción. Sin embargo, una operación que frenaba el proceso era el embalado de los fósforos terminados en cajas. Las máquinas antiguas no podían hacer frente a la producción dos veces mayor; la falta de espacio hacía imposible la instalación de dos líneas de empaque. Finalmente se tomó la decisión de eliminar el equipo de envasado. Los equipos antiguos tenían deficiencias: eran "ciegos" y con frecuencia quedaban fósforos sin embalar o empacados sin cabezas y con números de cantidad equivocados. Por lo tanto, era de urgencia encontrar un método preciso para el embalaje de millones de fósforos en cajas. Había una necesidad de un sistema que pueda detectar coincidencias erróneas.



Figura 92. Caricatura humorística



No hay ninguna contradicción visible en este problema, pero todavía existe la necesidad de encontrar una solución. La introducción de una pequeña cantidad de polvo ferromagnético (aplicación de una forma estándar de Clase 4, Grupo 4,4) en el compuesto del encendido le otorga ligeras propiedades magnéticas para cada partida. Esto es suficiente para orientar las partidas en un campo magnético y empacar mucho más rápido y con precisión mucho mayor (para un imán de superficie cuadrada atrae un número fijo de fósforos).

Vamos a analizar el problema y su solución en detalle. En primer lugar, como las condiciones del problema sugieren, no hay nada para mejorar: el viejo sistema tecnológico fue desmontado. Por lo tanto, un nuevo sistema debe ser creado. Las partidas están ahí, pero ¿qué se supone que vamos a hacer con ellas? Hay que contar, orientar, y empaquetar los fósforos. El problema se resolvió mediante la introducción de un polvo ferromagnético en el compuesto de ignición de las cabezas del fósforo y el uso de un campo magnético para crear un sistema que podría fácilmente detectar y controlar la reducción de defectos en el sistema de envasado.

Al principio, hay una sustancia (los fósforos,  $S_1$ ), y luego hay dos sustancias (los fósforos,  $S_1$ , y el polvo ferromagnético,  $S_2$ ) y un campo (magnético,  $F_M$ ). Vamos a utilizar los siguientes símbolos para representar el sistema como se muestra en la Figura 30:



Figura 93. Situación inicial y resultado del problema del empaquetado de fósforos.

Veamos ahora cómo funciona el sistema. El campo magnético ( $F_M$ ) actúa sobre el polvo ferromagnético,  $S_2$ , que, a su vez, actúa sobre las partidas ( $S_1$ ). Gráficamente la operación se puede representar como se muestra en la Figura 94.

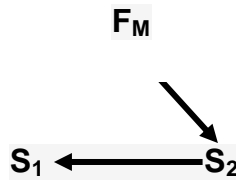


Figura 94. Modelo Su-Campo del problema del embalado de fósforos.

En otras palabras, se trabajó a partir de un solo elemento ( $S_1$ ) hacia un sistema de elementos que interactúan ( $S_1$ ,  $S_2$ , y  $F_M$ ). Una flecha doble (para evitar la confusión con flechas que indican la interacción entre los elementos) indica esta transición. Todo el proceso de transición puede ser como se muestra en la Figura 95.



Figura 95. Proceso de transición del modelo Su-Campo del problema del embalado de fósforos.

Todo esto se parece a las representaciones simbólicas de una reacción química. Dos elementos (por ejemplo, oxígeno e hidrógeno) son calentados (es decir, se introduce un campo térmico externo). Como resultado de la interacción, forman una molécula de agua. Pero si un único átomo es retirado de la molécula, el agua desaparecerá... ¿Se puede tratar el triángulo de la derecha de esta reacción técnica en la Figura 95 como una fórmula molecular de un sistema técnico? Vamos a validar esta idea: que el sistema funcione sin retirar ninguna de las sustancias. Si quitamos una sustancia, el sistema se vendrá abajo y deja de ser un sistema. Lo mismo es válido para la situación en la que se retira el campo. ¿Significa esto que la operación del sistema está asegurada por la presencia de los tres elementos? Sí. Esto se deriva del principio fundamental del materialismo: una sustancia sólo puede ser modificada por factores materiales, es decir, la materia o la energía (un campo). Con respecto a un sistema técnico, este principio



---

es el siguiente: una sustancia sólo puede ser modificada como resultado de una acción directa realizada por otra sustancia (por ejemplo, impacto - campo mecánico) o por la acción de campo de otra sustancia (por ejemplo, magnética) o por un campo externo. Como consecuencia, el número mínimo de elementos de cualquier sistema técnico consiste en tres: dos sustancias y un campo. El concepto de sistema técnico mínimo fue nombrado sustancia de campo del sistema, o Su-Campo, a lo largo de este escrito.



## CASO DE ESTUDIO 5.-

### PROBLEMA DEL CHORRO DE PERDIGONES³⁴

Secciones de tubo curvado en las máquinas de chorro de perdigones de acero llevar casi como si eran piezas de trabajo. Varias capas protectoras sólo para mejorar la situación marginalmente. La Figura 96 ilustra este método original.

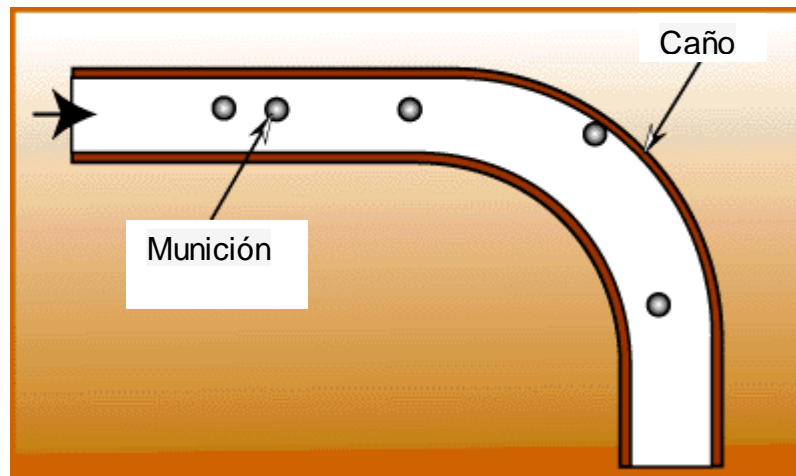


Figura 96. Ilustración del problema del chorro de perdigones que daña la curva del caño.

Se puede formular una Contradicción Física. Para proteger las tuberías, debe haber un recubrimiento. Por otro lado no debería haber ningún recubrimiento, ya que no puede “sobrevivir”. El modelo Su-Campo del problema (véase la Figura 97) se indica, donde en  $S_3$  este caso es un agente que interviene para proteger la tubería.

³⁴ Tomado y adaptado de: TRIZ: A New Approach to Innovative-Engineering & Problem Solving. Victor Fey and Eugene Rivin. The TRIZ Group, L.L.C.

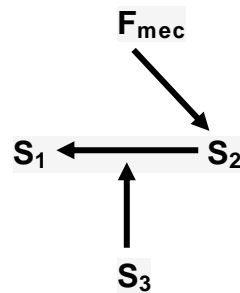


Figura 97. Ilustración del modelo Su-Campo del problema del chorro de perdigones.

## SOLUCIÓN

Las partículas de disparo propios servir como un revestimiento. Un imán colocado por fuera del vuelo de las partículas de tiro, formará una capa protectora en el interior de la curva. Ver Figura 98.

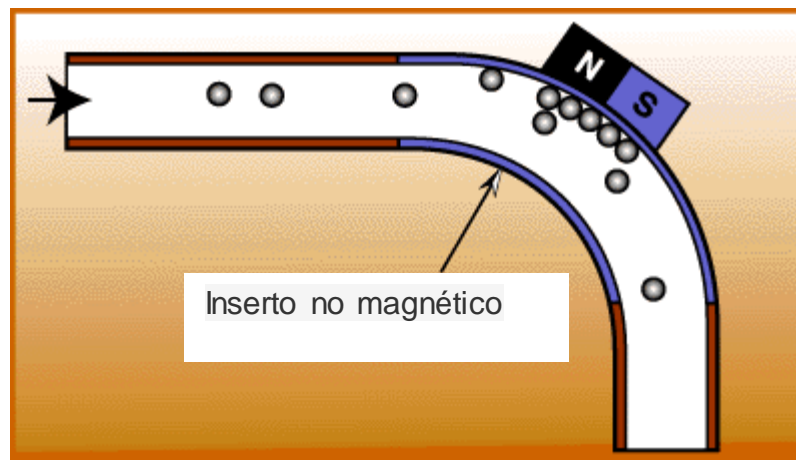


Figura 98. Ilustración de la solución de ingeniería para este problema.

Esta solución fue sugerida por uno de los estándares del conjunto de estándares, y recomienda que, "si una interacción útil entre  $S_1$  y  $S_2$  se acompaña por una interacción perjudicial, y este último puede ser eliminado mediante la





introducción de  $S_3$  entre  $S_1$  y  $S_2$ ,  $S_3$  entonces debe hacerse ya sea de  $S_1$  o  $S_2$ , o bien de modificaciones de  $S_1$  y  $S_2$ . "Esto promueve el principio de Idealidad porque  $S_3$  no es un objeto extraño, pues está hecho de recursos del sistema.

Un resumen simbólico desde las preferencias de los estándares sería  $S_3 = S_1, S_2, S_2', S_3', (S_1' + S_2')$ . El análisis mostró que  $S_3 = S_2$  fue la transformación más eficaz.



*Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Gral. Pacheco*

