

CASO DEL VACIADO DEL AGUA CONTENIDA EN UN VASO SIN MOVER A ÉSTE

Autores: Vaca, Sergio¹; Navascues, Fernando¹; Requena, Carlos Eduardo¹

1.- UTN FRGP, H. Irigoyen 288, Gral. Pacheco, Partido de Tigre, Prov. de Buenos Aires.
carloseduardorequena@yahoo.com.ar

RESUMEN

En UTN FRGP se implementó en 2015 la materia electiva “Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería”, en tercer año la carrera de Ingeniería Mecánica. Aquí se reproduce un sencillo ejercicio práctico hecho por los alumnos y asistido por los docentes haciendo uso de los pasos básicos de la metodología TRIZ [1], la cual “vertebra” los contenidos [2] en un proceso didáctico inscripto en los lineamientos de la Formación por Competencias [3].

INTRODUCCIÓN

El ejercicio dado a los alumnos consiste en vaciar el agua contenida en un sencillo vaso de vidrio y que está depositado sobre una mesa. Está prohibido retirar el vaso de la mesa o cambiar su posición o volcarlo para realizar la operación de vaciado. ¿Cómo hacerlo? Ver Figura 1.

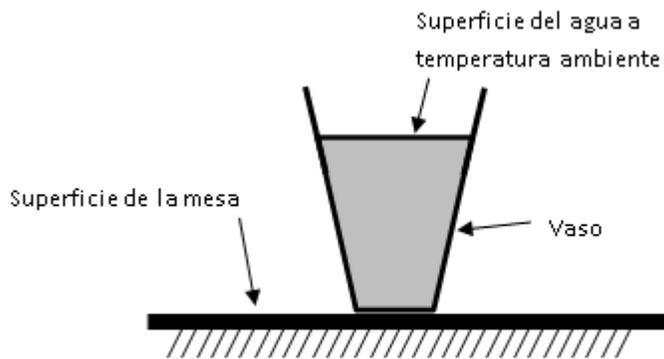


Figura 1. Esquema de la situación del problema a resolver

Inicialmente, el ejercicio fue resuelto por los alumnos en forma individual y en algunos casos con técnicas grupales, según el caso, y aquí se listan una selección de las soluciones halladas por ellos. Primeramente, se utilizaron métodos conocidos y probados que algunos de ellos manejaban por bagaje cultural propio adquirido en su experiencia de vida laboral, tales como Pensamiento Lateral, Brainstorming, también algunos intentaron un análisis morfológico. Otros no conocían ninguno de estos y se volcaron al común, e instintivo, Método de “Tanteos” [4].

Se alcanzaron muchas soluciones, pero en general de una por cada alumno, muy pocos lograron más de una solución, y en todos los casos muy sencillas y similares, por ejemplo, utilizar una pipeta con una propipeta para vaciar el agua contenida en el vaso. En prácticamente en todos los casos, las soluciones halladas eran formas “tímidas”, empleando una lógica, poco arriesgada y basada en cánones preestablecidos.

En esta experiencia, el proceso creativo e innovador se mostró como algo intuitivo, de difícil definición y que se desarrolla en algunos individuos más que en otros, brindando escasas posibilidades de sistematización. Todos los métodos actuales son de ese modo, en general al azar, con excepción de TRIZ.

Luego, tras ofrecer a los estudiantes los instrumentos de TRIZ, se les propuso resolver el mismo problema aplicando el “ABC” de dicha metodología, la cual es la lista de los “40 Principios de

Inventiva” (ver Tabla 1) que constituye su herramienta básica. Surgieron muchas soluciones más. El alumnado se sintió con mayor confianza frente a la búsqueda de soluciones. Posteriormente se propuso resolverlo utilizando otra herramienta más sofisticada de TRIZ y que es el uso del modelado del problema como una Contradicción Técnica y su posterior resolución mediante el uso de la Matriz de Contradicciones Técnicas como modelo de solución. Los resultados fueron notables y de asombro para los mismos alumnos. Incluso postularon el campo de soluciones obtenido como plantilla de resolución a otros problemas, en apariencia distintos, pero con los mismos principios y que requerían las mismas soluciones que para el caso del vaciado del agua del vaso. Para lograr esto se debe tener en cuenta la llamada lista de los “39 Parámetros de Ingeniería”, ver Tabla 2.

LOS 40 PRINCIPIOS INVENTIVOS			
1. Segmentación	13. Inversión.	23. Retroalimentación	31. Uso de material poroso
2. Extracción	14. Esferoidalidad	24. Mediador	32. Cambio de color
3. Calidad local	15. Dinamicidad	25. Autoservicio	33. Homogeneidad
4. Asimetría	16. Acción parcial o sobrepasada	26. Copiado	34. Restauración y regeneración de partes
5. Combinación	17. Moviéndose a una nueva dimensión	27. Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable	35. Transformación de los estados físicos y químicos de un objeto
6. Universalidad	18. Vibración mecánica	28. Reemplazo de sistemas mecánicos	36. Transición de fase
7. Anidación	19. Acción periódica	29. Uso de una construcción neumática o hidráulica	37. Expansión térmica
8. Contrapeso	20. Continuidad de una acción útil	30. Película flexible o membranas delgadas	38. Uso de oxidantes fuertes
9. Reacción previa	21. Despachar rápidamente		39. Medio ambiente inerte
10. Acción previa	22. Convertir algo malo en un beneficio		40. Materiales compuestos
11. Amortiguamiento anticipado			
12. Equipotencialidad			

Tabla 1. Listado de los “40 Principios de Inventiva”

LOS 39 PARÁMETROS DE INGENIERÍA			
1. Peso de un objeto móvil	10. Fuerza	20. Energía consumida por un objeto inmóvil	30. Factores nocivos que actúan en un objeto
2. Peso de un objeto inmóvil	11. Tensión, presión,	21. Potencia	31. Efectos nocivos
3. Longitud de un objeto móvil	12. Forma	22. Desperdicio de energía	32. Manufacturabilidad
4. Longitud de un objeto inmóvil	13. Estabilidad de un objeto	23. Desperdicio de sustancia	33. Conveniencia de uso
5. Área de un objeto móvil	14. Fuerza	24. Pérdida de información	34. Reparabilidad
6. Área de objeto inmóvil	15. Durabilidad de un objeto móvil	25. Pérdida de tiempo	35. Adaptabilidad
7. Volumen de objeto móvil	16. Durabilidad de un objeto inmóvil	26. Cantidad de sustancia	36. Complejidad de un dispositivo
8. Volumen de objeto inmóvil	17. Temperatura	27. Fiabilidad	37. Complejidad de control
9. Velocidad	18. Brillo	28. Precisión de medida	38. Nivel de automatización
	19. Energía consumida por un objeto móvil	29. Precisión de manufactura	39. Productividad

Tabla 2. Listado con los 39 Parámetros de Ingeniería

El ingeniero ruso Genrich Altshuller, creó y desarrolló TRIZ en base al análisis de miles de patentes en la ex URSS durante la década de los 40 del siglo XX [5]. Como se mencionó, con ambas listas, tabla 1 y 2, se crea un Modelo de Problema bajo la denominación de Contradicción Técnica, el cual posteriormente es sometido al procedimiento de un Modelo de Solución, de los muchos de TRIZ, en el particular corresponde la denominada “Matriz de Contradicciones”. Haremos uso de este procedimiento en un ejemplo. (Ver Figura 2).

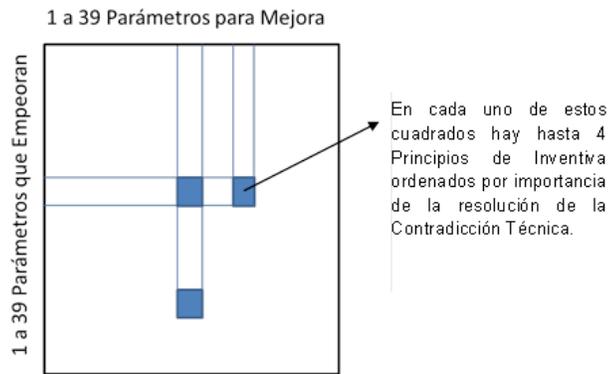


Figura 2. Esquema de la “Matriz de Contradicciones”.

Veamos ahora como se aplica la metodología TRIZ con un resumen, en líneas generales, de cómo lo hizo el alumnado.

APLICACIÓN DEL MÉTODO TRIZ PARA EL PROBLEMA PLANTEADO.

Una contradicción técnica sobre un sistema se produce cuando queremos mejorar un parámetro en vistas a mejorar el funcionamiento del sistema y otro parámetro simultáneamente empeora.

Entonces, hay que buscar esos parámetros en “pugna” y eliminar la contradicción.

Analizando el problema, es fácil ver que:

Si el vaso no se debe mover durante el proceso de vaciado, en la jerga TRIZ nos referimos, luego de examinar los 39 parámetros, al **Parámetro 9: Velocidad**. Esta se empeora al vaciar el contenido líquido que almacena el vaso.

Principio	Definición
29	<p>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).</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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.
4	<p>A. Cambiar la forma de un objeto de simétrico a asimétrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>B. Si un objeto es asimétrico, aumente su grado de asimetría.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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)
38	<p>A. Reemplazar el aire común con aire enriquecido con oxígeno.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buzo que bucea con Nitrógeno u otras mezclas no-aéreas para extender el tiempo de buceo. <p>B. Reemplazar el aire enriquecido con oxígeno puro.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>C. Exponer aire u oxígeno a radiaciones ionizantes.</p> <p>D. Usar oxígeno ionizado.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ionizar el aire para entrapar los contaminantes en un depurador de aire. <p>E. Reemplazar el oxígeno ozonizado (o ionizado) con el ozono.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acelerar las reacciones químicas ionizando el gas antes de su uso.
34	<p>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.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>B. Invertir, restaurar partes consumibles de un objeto directamente en el funcionamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autoafilado de la hoja del cortacésped - Pala autoafilable.

Tabla 3. Principios encontrados en la intersección 9 versus 7.

Lo que se quiere mejorar se lo tomó como el **Parámetro 7: Volumen de un objeto en movimiento**. Este resulta obvio que es para mejorar, pues, con un movimiento de la masa líquida, puedo vaciar el contenido. También parece aplicarse el **Parámetro 26: Cantidad de sustancia**. Dado que se debe eliminar, también resulta obvio que se debe mejorar, esto es disminuir la cantidad. Veamos entonces 9 versus 7 y 9 versus 26 en la Matriz de Contradicciones. Comencemos con el primer par de parámetros en “pugna”. Ver tablas 3 y 4.

Principio	Definición
35	<p>A. Cambio del estado físico de un objeto (por ejemplo a un gas, líquido, o sólido). <i>- Congelar el centro líquido relleno de dulces, luego sumergir esta masa fría en chocolate fundido, en lugar de manejar el líquido caliente.</i> <i>- Transportar oxígeno o nitrógeno o gas de petróleo como un líquido, en lugar de un gas, para reducir el volumen.</i></p> <p>B. Cambiar la concentración o consistencia. <i>- 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.</i></p> <p>C. Cambiar el grado de flexibilidad. <i>- Usar amortiguadores ajustables para reducir el ruido de partes que entran en un recipiente restringiendo el movimiento de las paredes del recipiente.</i> <i>- Vulcanizar caucho para cambiar su flexibilidad y durabilidad.</i></p> <p>D. Cambiar la temperatura. <i>- Elevar la temperatura sobre el punto Curie para cambiar de una sustancia ferromagnética a una sustancia paramagnética.</i> <i>- Elevar la temperatura de la comida para cocinarla. (Cambiar sabor, aroma, textura, propiedades químicas, etc.)</i> <i>- Bajar la temperatura de especímenes médicos conservándolos para el análisis posterior.</i></p>
29	<p>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). <i>- Zapato cómodo cuyas suelas se llenan con gel.</i> <i>- Almacenar energía desde la desaceleración de un vehículo con un sistema hidráulico, luego utilizar la energía almacenada para acelerar.</i></p>
34	<p>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. <i>- Usar medicamento en una cápsula digerible al estómago.</i> <i>- 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.</i> <i>- 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.</i></p> <p>B. Invertir, restaurar partes consumibles de un objeto directamente en el funcionamiento. <i>- Autoafilado de la hoja del cortacésped</i> <i>- Pala autoafilable.</i></p>
28	<p>A. Reemplazar un medio mecánico por un sensor (óptico, acústico, gustativo u olfatorio). <i>- Reemplazar un cerco físico para confinar un perro o gato con un cerco acústico (señal animal audible).</i> <i>- 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.</i></p> <p>B. Usar campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos para actuar recíprocamente con el objeto. <i>- 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.</i></p> <p>C. Cambiar desde campos estáticos hacia campos móviles, de campos no estructurados a aquellos que tienen estructura. <i>- Las primeras comunicaciones utilizaron la radiodifusión omnidireccional. Actualmente se utilizan antenas con estructura muy detallada del modelo de radiofrecuencia.</i></p> <p>D. Usar campos en conjunción con otros campos (por ejemplo el ferromagnético) partículas activadas. <i>- 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.</i></p>

Tabla 4. Principios encontrados en la intersección 9 versus 26.

Aparentemente la resolución de problemas en donde estos parámetros entran en conflicto están principalmente los principios: 29, 35 y 4. Estudiaremos principalmente a estos Principios, dejando al resto para después. Ver Tabla 5.

Principios	
IX vs VII	IX vs XXVI
29	35
4	29
38	34
34	28

Tabla 5. Principios principales elegidos en esta tabla son el 29, 35 y 4.

Nro Ideas	Principio Nro 29
1	Hace pensar en desplazar el líquido ocupando el lugar de este.
2	Puede ser un sólido,
3	Un líquido no miscible,
4	Un gas en superficie libre, es decir burbujeo
5	O con un globo que se vaya inflando.
6	También se puede inflar con un líquido
7	Y por qué no con un sólido pulverizado o
8	Con un armazón se le da la forma del vaso.
9	Utilizar desnivel de agua para extraer.
10	Usar desnivel de distintos líquidos para extraer.

Nro Ideas	Principio Nro 35
1	Hacer hervir el agua.
2	Evaporar con luz intensa.
3	Evaporar con corriente de aire.
4	Evaporar con corriente de aire caliente.
5	Colocar un sólido caliente.
6	Congelar el agua con un gancho.
7	Colocar sustancia absorbente.
8	Hacer una gelatina.
9	Usar sustancias higroscópicas tipo silicagel

Nro Ideas	Principio Nro 4
1	Usar pistón pienso en jeringa.
2	Utilizar recipiente pequeño para retirar el líquido de a pequeños volúmenes.

Nro Ideas	Principio Nro 38
1	Formar algún compuesto volátil con el agua.
2	Electrólisis del agua.
3	Formar compuesto sólido con el agua y extraerlo.

Nro Ideas	Principio Nro 34
1	Utilizar tipo tornillo de Arquímedes.

Nro Ideas	Principio Nro 28
1	Utilizar ferro-fluidos y extraer magnéticamente.

El uso de los 40 Principios, resultó tediosa.

Plantear los parámetros en conflicto, nos llevó a estudiar sólo 6 Principios de los 40. El resultado inmediato fue el de encontrar casi 30 formas de soluciones posibles. Quizás al lector se le ocurran más, eso depende de la perspicacia personal. Como se observa, TRIZ no conduce a una solución, sino hacia un espacio que contiene un conjunto de soluciones, de naturaleza disciplinaria muy dispar, y esto se debe a que TRIZ elimina la inercia psicológica.

CONCLUSIÓN

La aplicación de cualquiera de las metodologías arriba mencionadas diferentes de TRIZ es válida. No obstante todos los métodos actuales, con excepción de TRIZ, consideran al proceso creativo e innovador como algo intuitivo, de difícil definición y que se desarrolla en algunos individuos más que en otros, por lo cual no es posible sistematizarlo.

Dada la contradicción: “El vaso se debe mover y no mover simultáneamente para verter su contenido líquido.” en el pensamiento de la ingeniería de compromiso se aplicaría algo de movimiento, ni mucho ni poco para vaciarlo. TRIZ lo que va a hacer es moverlo y no moverlo simultáneamente. Esto es una contradicción según expresamos, TRIZ rompe esa contradicción.

Esta muestra sobre TRIZ se puso en práctica para ejemplificar sólo una de sus herramientas básicas. Aclaremos que, por razones de espacio y complejidad, no se exponen otras muchas herramientas, muy poderosas al momento de enfrentar problemas de difícil resolución técnica. Herramientas que los alumnos del curso van conociendo e incorporando paulatinamente en el ejercicio de solucionar problemas técnicos de una nueva manera, manera que aún no se conoce en nuestro país en la medida en que su extraordinario potencial lo amerita.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Altshuller Foundation, *Tesauros – terminología del TRIZ y ARIZ* (Traducción del original ruso para la Altshuller Foundation, Zagorodnova, Requena, Nishiyama), Rusia. 2004.

[http:// www.altshuller.ru/thesaur/thesaur.asp](http://www.altshuller.ru/thesaur/thesaur.asp)

[2] Manual de uso para la cátedra de “Metodologías para el Desarrollo de la Creatividad en Ingeniería”. Zagorodnova, Requena, Nishiyama). UTN FRGP, Gral. Pacheco, Partido de Tigre, Prov. de Buenos Aires. Argentina. **2015**.

[3] CONFEDI, Desarrollo de Competencias en la Enseñanza de la Ingeniería Argentina, Villa Carlos Paz - Argentina. **2006**.

[4] Innovación Tecnológica Sistemática Mediante La Triz. “La moderna metodología, que cada día gana terreno, en las grandes organizaciones multinacionales, para inventar o innovar, de manera sistemática”. Margarito Coronado Maldonado, Rafael Oropeza Monterrubio, Enrique Rico Arzate. México.

[5] ENGINEERING OF CREATIVITY (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving) by Semyon D. Savransky. © 2000 by CRC Press LLC.