

## ARTÍCULOS

# Metodología TRIZ, diseño de productos y mecatrónica

*TRIZ methodology, product design and mechatronics*

### Alan Eduardo Escobar Miranda

CORREO: [aescobarm1501@alumno.ipn.mx](mailto:aescobarm1501@alumno.ipn.mx)

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo (UPIIH),  
Instituto Politécnico Nacional (IPN)

### Jesús Mares Carreño

ORCID: 0000-0002-6367-6062, [jmares@ipn.mx](mailto:jmares@ipn.mx)

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo (UPIIH),  
Instituto Politécnico Nacional (IPN)

### Griselda Stephany Abarca Jiménez

ORCID: 0000-0002-7811-6471, [gabarcaj@ipn.mx](mailto:gabarcaj@ipn.mx)

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo (UPIIH),  
Instituto Politécnico Nacional (IPN)

### Francisco Gutiérrez Galicia

ORCID: 0000-0001-6354-9330, [fgutierrezga@ipn.mx](mailto:fgutierrezga@ipn.mx)

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo (UPIIH),  
Instituto Politécnico Nacional (IPN)

### Manuel Vladimir Vega Blanco

ORCID: 0000-0002-0611-1241, [mvegab@ipn.mx](mailto:mvegab@ipn.mx)

Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo (UPIIH),  
Instituto Politécnico Nacional (IPN)

Recepción: 27/08/24. Aceptación: 10/02/25. Publicación: 18/09/25.

## RESUMEN

El presente artículo aborda temas relacionados con la metodología TRIZ, sus principios y herramientas básicas. Ejemplifica su aplicación en el diseño de productos y resalta para cada ejemplo el problema a resolver, así como los principios y parámetros utilizados para encontrar la solución. Posteriormente, describe la relación y aplicación de TRIZ en el proceso de diseño mecatrónico y ejemplifica su utilidad como herramienta complementaria en la búsqueda de soluciones alternas y en la solución de concesiones de diseño. Finalmente, plantea una discusión acerca de cómo la aplicación TRIZ en el proceso de diseño mecatrónico puede incentivar la inventiva y agilizar la toma de decisiones al enfocarse en puntos específicos del diseño.

## PALABRAS CLAVE

concesiones de diseño, contradicciones de diseño,  
diseño mecatrónico, inventiva, innovación

## ABSTRACT

This article addresses topics related to the TRIZ methodology, its principles, and basic tools. It illustrates its application in product design and highlight for each example the problem to be solved, as well as the principles and parameters used to find the solution. Subsequently, it describes the relationship and application of TRIZ in the mechatronic design process and illustrates its utility as a complementary tool in the search for alternate solutions and in the solving process of design concessions. Finally, it raises a discussion about how the application of TRIZ in the mechatronic design process can encourage inventiveness and speed up decision-making by focusing on specific features of the design.

## KEYWORDS

design concessions, design contradictions,  
mechatronic design, inventiveness, innovation

## Introducción

En el contexto actual del desarrollo científico y tecnológico, la labor de diseño requiere afrontar problemas que demandan soluciones complejas, las cuales deben ser desarrolladas con un enfoque interdisciplinario. El diseño de dispositivos o sistemas complejos que integran múltiples y diversas plataformas tecnológicas puede producir confusión y pérdida de perspectiva en el equipo de trabajo; por esto, el uso de procesos estructurados y herramientas complementarias que permitan mantener el enfoque es fundamental, con el propósito de agilizar y eficientar la toma de decisiones.

Una herramienta útil en el proceso de diseño son las metodologías que permiten estructurar los pensamientos y priorizar las metas de los proyectos. La metodología TRIZ, nombre que proviene del ruso *teorija rezhenija izobretatelskih zadach*, se refiere a una manera inventiva de resolver problemas (Patentes y Marcas, 2014). Esta teoría fue desarrollada por el científico e ingeniero ruso Genrich Altshuller (1926-1998) (Savransky, 2000) y sus colegas, quienes analizaron unas cuatrocientas mil patentes tecnológicas y encontraron ciertas regularidades y pautas básicas que gobernaban el proceso de resolución inventiva de problemas.

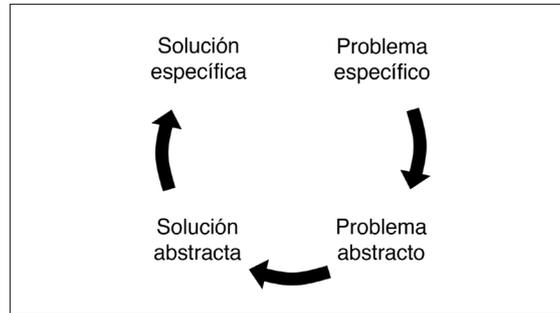
La metodología TRIZ incluye una variedad de herramientas cuyo propósito es dar un enfoque lógico y sistemático al proceso inventivo. Para la aplicación de TRIZ se plantea un problema específico del cual se deben extraer los aspectos esenciales, procedimiento que suele denominarse *abstracción del problema*. Después, a partir de los aspectos esenciales obtenidos, se propone una solución abstracta para ese problema entre un conjunto de soluciones preestablecidas. Finalmente, la solución preestablecida se detalla con el propósito de obtener una solución específica para el problema planteado inicialmente (figura 1, p. 3).

## Conceptos básicos

Altshuller, creador de la metodología TRIZ, introdujo tres conceptos fundamentales: contradicción, idealidad y pautas de evolución. Estos conceptos se definen de la siguiente manera (Altshuller Institute for TRIZ Studies, 2024):

1. *Contradicción*. Se produce cuando existen características o elementos de un sistema que parecen ser incompatibles o, más aún, contrarios. Una manera convencional de afrontar las contradicciones en un proceso de diseño consistiría en llegar a un equilibrio entre las características o elementos en conflicto. TRIZ, por el contrario, intenta resolver la contradicción llegando a una solución inventiva (Rantanen y Domb, 2008). Se pueden distinguir dos tipos de contradicciones principales:
  - a. *Contradicciones técnicas*. Existen cuando, al mejorar una característica del sistema, otra característica se ve afectada, es decir, empeora. Por ejemplo, disminuir el peso de una estructura puede producir un aumento en el costo.

**Figura 1**  
**Proceso de la metodología TRIZ**



Fuente: adaptado de Nishiyama et al. (2013).

- b. *Contradicciones físicas*. Se considera que existen cuando una misma característica del sistema tiene beneficios y perjuicios para el funcionamiento final del sistema. Por ejemplo, un motor de mayor potencia puede proporcionar mayor velocidad pero tendrá mayor consumo energético.
2. *Idealidad*. Es una medida de cuánto se acerca un sistema a un resultado final ideal (RFI). Puede expresarse matemáticamente como sigue (Rantanen y Domb, 2008):

$$Idealidad = \frac{\sum Beneficios}{\sum Costos + \sum Perjuicios}$$

TRIZ tiene como objetivo incrementar la idealidad de un sistema, ya sea aumentando sus beneficios o disminuyendo sus costos o perjuicios. Siguiendo con el ejemplo anterior, si agregamos un motor más potente a un automóvil compacto esto nos daría mayor velocidad, mejor rendimiento, mayor autonomía, mayor fuerza de arrastre, temperaturas frías, pero también perjuicios, como ya se vio antes: mayor peso, requerimiento de mayor espacio físico, mayor gasto de gasolina, más ruido, un tipo de servicio especial, además de los costos que representa el rediseño del auto para alojar el nuevo motor, el diseño del mismo motor, su mantenimiento y el costo del combustible. Con lo antes mencionado se puede determinar la idealidad como:

$$Idealidad = \frac{5}{4+5} = 0.5$$

Donde:

$$\begin{aligned} \sum Beneficios &= Velocidad, rendimiento, autonomía, fuerza de arrastre, temperaturas más bajas = 5 \\ \sum Perjuicios &= Peso, espacio físico, gasto de combustible, ruido, servicio especial = 5 \\ \sum Costos &= Rediseño del auto, diseño del motor, mantenimiento, costo del combustible = 4 \end{aligned}$$

**Tabla 1**  
**Extracto de la matriz de contradicciones TRIZ**

Parámetros técnicos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Peso del objeto móvil	Peso del objeto inmóvil	Longitud del objeto móvil	Longitud del objeto inmóvil	Área del objeto móvil	Área del objeto inmóvil	Volumen del objeto móvil	Volumen del objeto inmóvil	Velocidad	Fuerza	Tensión/ presión	Forma	Estabilidad de composición del objeto	Fortaleza	Duración de la acción del objeto móvil	Duración de la acción del objeto inmóvil	Temperatura	Intensidad de iluminación	Uso de energía del objeto móvil	Uso de energía del objeto inmóvil
1	Peso del objeto móvil	*	/	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	28 27 18 40	5 34 31 35	/	6 29 4 38	19 1 32 34	35 12 34 31	/
2	Peso del objeto inmóvil	/	*	/	10 1 29 35	/	35 30 13 2	/	3	/	8 10 19 35	13 29 10 18	13 10 29 14	10 26 1 40	28 2 10 27	/	2 27 19 6	28 19 32 22	19 32 35	/	18 9 28 1
3	Longitud del objeto móvil	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	8 35 29 34	19	/	10 15 19	32	8 35 24	/
4	Longitud del objeto inmóvil	/	35 28 40 29	/	*	/	17 7 10 40	/	3	/	28 10	1 14 35	13 14 15 7	39 37 35	15 14 28 26	/	1 10 35	3 35 38 18	3 25	/	/
5	Área del objeto móvil	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	3 15 40 14	6 3	/	2 15 16	15 32 19 13	19 32	/
6	Área del objeto inmóvil	/	30 2 14 18	/	26 7 9 39	/	*	/	/	/	1 18 35 36	10 15 36 37	/	2 38	40	/	2 10 19 30	35 39 38	/	/	/
7	Volumen del objeto móvil	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	9 14 15 7	6 35 4	/	34 39 10 18	2 13 10	35	/
8	Volumen del objeto inmóvil	/	35 10 19 14	19 14	35 8 2 14	/	/	/	*	/	2 18 37	24 35	7 35 2	34 28 35 40	9 14 17 15	/	35 34 38	35 6 4	/	/	/
9	Velocidad	2 38 13 38	/	13 14 8	/	29 30 34	/	7 29 3 4	/	*	13 28 15 19	6 18 38 40	35 15 18 34	28 33 1 18	8 3 26 14	3 19 35 5	/	28 30 36 2	10 13 19	8 15 35 38	/
10	Fuerza	8 1 37 18	18 13 1 28	17 19 9 36	28 10	19 10 15 36	1 18 37	15 9 12 37	2 36 18 37	13 28 15 12	*	18 21 11	10 35 40 34	10 35 21	10 35 14 27	19 2	/	35 10 21	/	19 17 10	1 16 36 37

Fuente: adaptado de Nishiyama et al. (2013).

3. *Pautas de evolución.* Los sistemas siguen ciertos patrones durante su desarrollo, a partir de los cuales Altshuller dedujo unas pautas de evolución que permiten predecir la evolución de esos sistemas hacia la idealidad (Rantanen y Domb, 2008). Un ejemplo de esto es una escoba. Inicialmente las escobas eran herramientas basadas en un cuerpo rígido con forma de palo y ramas sujetas en su parte distal. Posteriormente, por medio de la optimización de su forma, evolucionaron hasta diseños ergonómicos ajustables, y hoy en día están siendo sustituidas por sistemas autónomos basados en robots programables.

### **Matriz TRIZ y principios de inventiva**

Una de las herramientas básicas a conocer y usar cuando se aplica TRIZ es la matriz de contradicciones, que es una matriz cuadrada de dimensión 39 x 39 (tabla 1, p. 4), donde filas y columnas se corresponden con una lista de treinta y nueve posibles características del sistema (tabla 2, p. 6). Al usar la matriz de contradicciones, primero se debe seleccionar en una fila la característica o elemento a mejorar, y en correspondencia, en las columnas se tendrán las características o elementos que empeorarán en consecuencia, es decir, existe una contradicción entre la característica de la fila y la de la columna. En la casilla de intersección entre la fila y la columna seleccionadas se enlistan los principios que convendrá utilizar para resolver la contradicción. Estos principios suelen denominarse *principios de inventiva* y existen cuarenta de ellos en TRIZ (tabla 3, p. 6).

Los cuarenta principios inventivos de TRIZ condensan las soluciones estándar identificadas durante el estudio de patentes existentes. Cada principio ha sido aplicado de alguna forma para encontrar una solución innovadora para determinadas concesiones de diseño. Además, estos principios de inventiva tienen un rango amplio de aplicación que puede ir desde campos de investigación básica y aplicada, hasta desarrollo tecnológico, diseño de nuevos productos y negocios (Córdova Ames, 2008).

### **Aplicaciones de la matriz de contradicciones y principios inventivos TRIZ en el diseño de productos**

Con la finalidad de demostrar la utilidad de esta metodología se recopilan algunos ejemplos en donde se muestran distintos escenarios de diseño en los que se implementa TRIZ.

#### *Diseño de una bicicleta innovadora*

Actualmente, el uso de las bicicletas se ha incrementado como medio de transporte urbano, pero una bicicleta de modelo tradicional resulta estorbosa para su almacenamiento, considerando las dimensiones típicas de un hogar urbano. De lo anterior se puede deducir una contradicción: la bicicleta debe adaptarse al espacio disponible para su almacenamiento,

**Tabla 2**  
**Parámetros técnicos**

1	Peso del objeto móvil	20	Uso de energía del objeto inmóvil
2	Peso del objeto inmóvil	21	Potencia
3	Longitud del objeto móvil	22	Pérdida de energía
4	Longitud del objeto inmóvil	23	Pérdida de sustancia
5	Área del objeto móvil	24	Pérdida de información
6	Área del objeto inmóvil	25	Pérdida de tiempo
7	Volumen del objeto móvil	26	Cantidad de sustancia
8	Volumen del objeto inmóvil	27	Confiabilidad
9	Velocidad	28	Exactitud de la medida
10	Fuerza	29	Precisión de la fabricación
11	Tensión/presión	30	El daño externo que afecta al objeto
12	Forma	31	Efectos perjudiciales provocados por el objeto
13	Estabilidad de composición del objeto	32	Facilidad para la fabricación
14	Fortaleza	33	Facilidad de uso
15	Duración de la acción del objeto móvil	34	Facilidad de reparación
16	Duración de la acción del objeto inmóvil	35	Adaptabilidad o flexibilidad
17	Temperatura	36	Complejidad del dispositivo
18	Intensidad de iluminación	37	Complejidad de control
19	Uso de energía del objeto móvil	38	Grado de automatización
		39	Productividad

Fuente: adaptado de Savransky (2000).

**Tabla 3**  
**Principios de inventiva**

1	Segmentación	21	Pasar rápidamente
2	Extracción	22	Convertir lo negativo en positivo
3	Calidad local	23	Retroalimentación
4	Asimetría	24	Mediador
5	Combinar	25	Autoservicio
6	Universalidad	26	Copiar
7	Anidación	27	Objetos baratos o de corta vida
8	Contrapeso	28	Sustitución sistemas mecánicos
9	Reacción preliminar	29	Neumática e hidráulica
10	Acción preliminar	30	Membranas delgadas
11	Precaución previa	31	Material poroso
12	Equipotencial	32	Cambios de color
13	Inversión	33	Homogeneidad
14	Esfericidad o curvatura	34	Restauración y regeneración de partes
15	Dinámica	35	Transformación del estado físico
16	Acciones parciales	36	Transiciones de fase
17	Otra dimensión	37	Expansión térmica
18	Vibraciones mecánicas	38	Oxidantes fuertes
19	Acción periódica	39	Atmósferas inertes
20	Continuidad acción útil	40	Materiales compuestos

Fuente: adaptado de Savransky (2000).

**Figura 2**  
**Bicicleta plegable**



Fuente: Suárez (2017).

es decir, se requiere mejorar la *adaptabilidad* o *flexibilidad* de la bicicleta, pero esto produce que, en términos de TRIZ, la *longitud del objeto móvil* se ve perjudicada. Así, cuando la adaptabilidad o flexibilidad de la bicicleta mejora (parámetro 35), la longitud del objeto móvil (parámetro 3) se ve afectada.

La matriz de contradicciones recomienda usar los principios 1: Segmentación, 35: Transformación del estado físico-químico de un objeto, 29: Neumática o hidráulica y 2: Extracción.

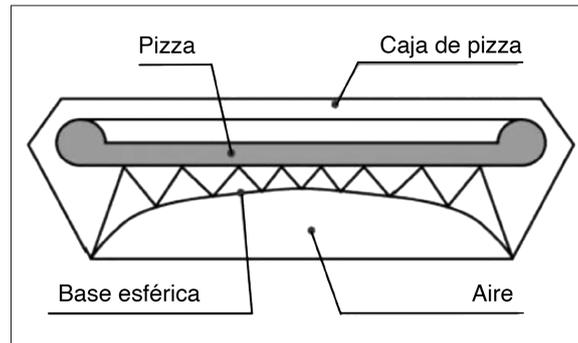
Al emplear el principio 1: Segmentación, se logra un diseño de bicicleta que sea un conjunto de partes fáciles de ensamblar y que la suma de estas partes conforme la bicicleta tradicional. Esto da como resultado un diseño de bicicleta plegable (figura 2) (Córdova Ames, 2008). Para emprender la labor de diseño resulta necesario integrar equipos de trabajo, especialmente cuando se tiene la misión de desarrollar soluciones innovadoras para dispositivos tecnológicos, que en general exigirá la conformación de equipos multidisciplinarios.

#### **Automatización de una máquina alimentadora de cartón para la producción de papel cascarón**

En este caso se desea incrementar la cantidad y velocidad de reproducción de papel cascarón, por lo cual se plantea una modificación en el proceso de alimentación manual. En este caso, la contradicción se da entre el parámetro 39, de mejora de la productividad, y el parámetro 36, relacionado con la complejidad del dispositivo.

Según la matriz de contradicción, los principios que deben ser tomados en cuenta para solucionar la contradicción son el 12: Equipotencialidad, 17: Otra dimensión, 24: Mediador y 28 Sustitución de sistemas mecánicos.

**Figura 3**  
**Diseño de caja para pizza**



Fuente: Ekmekci y Koksal (2015).

Tras el análisis de las posibilidades, los diseñadores determinan que, para garantizar un incremento en la calidad y un tiempo constante en la alimentación de cartón, se aplica el principio 28 de TRIZ, por lo cual se propone un sistema neumático para la alimentación de la máquina (Gutiérrez Argüelles, 2017).

#### *Diseño de empaque para pizza*

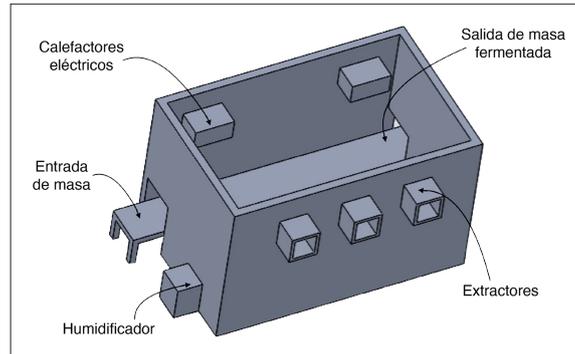
En una caja para pizza común, el alimento puede llegar frío o humedecido por el vapor cuando el cliente la recibe en su domicilio. El objetivo es diseñar una caja para pizza que permita que el cliente reciba en su domicilio una pizza caliente, fresca y seca. En este caso, se debe evitar que circule aire en el interior de la caja para que no se enfríe la pizza; pero, al mismo tiempo, se debe permitir el desalojo de vapor para evitar la humedad, por lo cual ésta es la contradicción por resolver. Para dar con la solución, los diseñadores aplican los principios 2: Extracción, 5: Combinar, 14: Curvatura, 17: Otra dimensión y 22: Convertir lo negativo en positivo, de donde se obtiene un diseño de caja como el que se muestra en la figura 3 (Ekmekci y Koksal, 2015).

#### **TRIZ y diseño mecatrónico**

El término *mecatrónica* y la filosofía interdisciplinaria de diseño que lo acompaña empezaron a tener difusión masiva en los años noventa. Durante los años posteriores, la mecatrónica ha crecido en importancia hasta convertirse no sólo en un término, sino en un enfoque de diseño de uso común, tanto en el ámbito académico como en el de desarrollo tecnológico.

Como lo define Millbank (1993), la mecatrónica no constituye en sí misma una materia, ciencia o tecnología; debe tratarse como una filosofía, una forma de mirar y hacer las cosas que, dada su naturaleza, requiere de un enfoque unificado. Por otro lado, Shetty y Kolk (1997)

**Figura 4**  
**Diseño ilustrativo en CAD de una cámara de fermentación**



Fuente: elaboración propia.

definen la mecatrónica como una metodología usada para el diseño óptimo de productos electromecánicos. Pero se debe tener en cuenta, como establece Bolton (1999), que un sistema mecatrónico no es sólo la unión de sistemas electrónicos y mecánicos, y que, más que un sistema de control, es una integración completa de todos éstos.

La naturaleza misma del enfoque interdisciplinario dentro del diseño mecatrónico, fundamentado en el conocimiento de múltiples y variadas disciplinas, puede propiciar redundancias, divagación y pérdida de foco en los objetivos primordiales de un proyecto de diseño, además de las obvias contradicciones de diseño asociadas a productos complejos (Bradley y Russell, 2010).

En este contexto, la metodología y herramientas de TRIZ son aplicables dentro del proceso de diseño mecatrónico, por lo que resultan útiles en proyectos en los que se quiera tener diferentes versiones o perspectivas (Cho y Kim, 2010; Jiang-hong et al., 2012), la resolución de concesiones de diseño (Ma et al., 2014), e inclusive en labores de rediseño. Esto permite enfocar los esfuerzos de diseño evitando divagar en el proceso de búsqueda de soluciones, justo como se vio en los ejemplos de la sección anterior. Cabe resaltar que TRIZ también tiene el potencial de extender su aplicación a la gestión de procesos (Tiuc y Draghici, 2016), lo cual le da valor agregado en el proceso de diseño de dispositivos mecatrónicos.

#### **TRIZ implementado en el diseño de un dispositivo mecatrónico: mejora de una cámara de fermentación para pan**

Dentro de la manufactura industrial del pan, las fábricas utilizan una cámara de fermentación, la cual se encarga de realizar un levado más eficaz y eficiente de las masas que así lo requieran. Para lograrlo, las variables que se controlan son la temperatura y la humedad, con el propósito de mantener un ambiente donde la levadura se active más rápido.

**Tabla 4**  
**Extracto de la matriz de contradicción para los parámetros 33 y 17**

		17	
		Temperatura	
33	Facilidad de uso	26	
		27	13

Fuente: elaboración propia.

Para este ejemplo de aplicación de TRIZ se considera una cámara de fermentación previamente diseñada (figura 4, p. 9), en la que, para mantener los niveles de humedad adecuados, se utilizaron humidificadores de aire, mientras que para elevar la temperatura se propuso un sistema basado en un calefactor radiante de propano, en conjunto con un sistema de ventilación con extractores de aire para controlar los niveles de humedad y temperatura, con el propósito de mantenerlos en el rango de operación necesario.

Al analizar el diseño previamente descrito, se detectó que el principio técnico 33: Facilidad de uso, era un punto que mejorar para el sistema de calefacción, ya que el sistema propuesto se alimenta de propano o gas LP e implica el control de múltiples variables, como el nivel de combustible, tiempo de encendido y operación, además del flujo de combustible. Bajo el diseño inicial propuesto se deben controlar cuatro variables. Entonces, para mejorar la *facilidad de uso*, se busca un sistema en el cual deba controlarse un menor número de variables.

Para simplificar la operación del sistema de calentamiento se aplica TRIZ. Primero se identifican los parámetros técnicos involucrados en la resolución del problema. Como se busca que el control del sistema de calefacción se simplifique, entonces, como primer punto, se tiene el parámetro que se desea mejorar, que será el número 33: Facilidad de uso, el cual establece que los procesos que son fáciles de operar tienen un alto rendimiento, al ser menos susceptibles de fallas. Como segundo punto se identifica el parámetro que entra en contradicción, el cual es el número 17: Temperatura, ya que es el que se afectaría con los cambios propuestos. Una vez identificados los parámetros, se ubican sus relaciones en la matriz de contradicciones, de donde se encuentran los tres posibles principios inventivos a usar (tabla 4).

**Tabla 5**  
**Diferentes calefactores y precios de sus combustibles**

<b>Tipo</b>	<b>Forma de energía</b>	<b>Costo de la energía que utiliza</b>	<b>Otras especificaciones</b>
<i>Calederas de fluido térmico</i>	Fluidos térmicos como:	Basado en aceite térmico por ser el más usado	Temperatura de operación hasta 400° C
	Agua	Aceite mineral. Bidón de 200 L, con duración de tres a cinco años	
	Mezclas de glicol y agua		
	Glicol	\$693 MXN	Puertas abatibles
<i>Calefactor industrial de aire forzado de queroseno</i>	Para usar como:	Precio de queroseno por litro:	Opera aproximadamente once horas con el tanque lleno
	Queroseno 1 y 2	\$29.56 MXN	50,000 BTU por hora
	Aceite para calefacción doméstica	\$23.4 MXN	Termostato para control de temperatura
<i>Calentador de propano de aire forzado</i>	Funciona con propano	Precio por litro:	60,000 a 150,000 BTU
		\$11.07 MXN	Termostato para control de temperatura 10.5 horas de funcionamiento máximo
<i>Calefactor radiante de propano de alta intensidad</i>	Funciona con propano	Precio por litro:	22,000 BTU por hora
		\$11.07 MXN	Termostato para control de temperatura Funcionamiento silencioso y sin olores Materiales no corrosivos
<i>Calentador industrial de autochispa radiante</i>	Tipo de combustible:	Precio por litro:	40,000 BTU por hora
	Gas natural o propano	\$11.07 MXN	Termostato opcional no incluido
<i>Calentadores eléctricos/Resistencia eléctrica/Calefactor</i>	Funciona con electricidad	Base variables	Requiere cableado para operar
		\$/kwh 1.0696 MXN	Rango del termostato 7-57° C Apagado automático si se sobrecalienta Rejillas ajustables y en ángulo para el flujo de aire

Fuente: elaboración propia.

El primero es el número 13: Inversión, el cual establece que se debe implementar una acción opuesta a la dictada por las especificaciones de diseño. Como el sistema no se puede hacer movable o realizar lo contrario a calentar, este principio no es aplicable.

El segundo es el 26: Copiado, que establece que se use una copia simple y poco costosa en lugar de un objeto que es complejo, costoso, frágil o inconveniente de operar. Tras una búsqueda, se identifica que no existe una copia simple del calentador seleccionado y, por lo tanto, no es factible aplicar el principio de *copiado*.

Finalmente, se tiene el principio número 27: Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable, que establece que se reemplace un elemento costoso por un conjunto de elementos de menor costo, lo que compromete alguna característica como la durabilidad. Al aplicar este último principio se reemplazará el sistema de calentamiento por uno más barato pero más fácil de controlar. Para ello se realiza una búsqueda de posibles alternativas de solución, las cuales se presentan en la tabla 5 (p. 11). Para evaluar las soluciones alternativas y seleccionar una, éstas se valoran primero bajo tres criterios principales: el tipo de energía o combustible de entrada, el costo de la energía o combustible y el número de variables a controlar, además de considerar las especificaciones de temperatura necesaria en la cámara de fermentación y las características complementarias de cada solución.

En la tabla 5 se muestran sólo las opciones de solución que cumplen con la especificación de temperatura en la cámara de fermentación, la cual es de 40° C. Posteriormente, se usan los criterios de número de variables a controlar, tipo de energía o combustible y costo de la energía o combustible. El criterio de número de variables tiene mayor peso en la decisión, ya que se está aplicando el principio técnico 33: Facilidad de uso y, de manera complementaria, los criterios relacionados con la energía o combustible, dado que, desde la perspectiva de la sostenibilidad, resulta necesario contemplar los aspectos medioambientales, económicos y sociales, no sólo los técnicos.

De la evaluación de las posibilidades alternas de solución bajo los criterios antes mencionados, se eligen los calentadores eléctricos o resistencias. Con esto se puede asegurar una temperatura de operación adecuada por medio del control de menos variables y con costos más bajos de consumo de energía.

Mediante la aplicación de TRIZ se obtuvo una solución alternativa a la selección de un componente de una cámara de fermentación, donde el nuevo componente —calentadores eléctricos— que sustituirá a la selección inicial —calefactor radiante de propano— resulta ser un componente que inicialmente fue descartado en el proceso de selección, pero que, a la luz del principio técnico 33 y el principio de inventiva 27 de TRIZ, surge como una solución adecuada para facilitar el uso del dispositivo, además de hacerlo más robusto al disminuir el número de variables a controlar y mantener las condiciones de operación necesarias.

De este ejemplo es posible visualizar que la aplicación de TRIZ es útil, ya que permite enfocar la discusión en un punto específico y explorar soluciones que pudieron ser pasadas por alto, además de poner en perspectiva concesiones de diseño como, en este caso, el tiempo de vida del sistema de calefacción respecto a la facilidad de uso. Lo anterior puede derivar en mejoras en los diseños o incluso en posibles innovaciones.

## Discusión

En secciones anteriores se presentaron ejemplos de aplicación de TRIZ, en los cuales se hace evidente su utilidad en la búsqueda de soluciones alternativas y resolución de concesiones durante el proceso de diseño. Es importante destacar que, en lo que respecta al proceso de diseño mecatrónico, TRIZ representa una herramienta complementaria aplicable en las etapas de diseño conceptual, optimización de diseño o en labores de rediseño, es decir, la aplicación mostrada en este trabajo no sustituye el proceso de evaluación cualitativo y cuantitativo para la selección de componentes, sino que más bien apoya en la búsqueda ágil de soluciones alternas y complementa el proceso de diseño.

En el ejemplo planteado de la cámara de fermentación se decide hacer un cambio de componente para el calentamiento de la cámara, a partir de los parámetros técnicos y la matriz de confusión de TRIZ. De ésta se decide usar el principio de inventiva 27: Objeto barato de vida corta en vez de uno caro y durable. Al usar este principio surge el cuestionamiento natural de qué impacto negativo en cuanto a sostenibilidad se tendrá en el diseño, en especial en lo que respecta al medio ambiente, al usar elementos de vida corta. Claramente, el recurrir a este tipo de componentes implica su sustitución frecuente, lo que en principio podría pensarse como algo perjudicial, pero que requeriría un estudio más a fondo, desde la perspectiva del diseño para medio ambiente, para determinar si efectivamente se tiene un impacto ambiental negativo con esta decisión de diseño.

En el ejemplo de la cámara de fermentación se decidió cambiar un calefactor radiante por calentadores eléctricos, de menor vida útil pero de mayor eficiencia energética, lo cual, desde la perspectiva del impacto ambiental, podría balancear. Resultaría de utilidad hacer un análisis a mayor profundidad, en el que se considere, por ejemplo, la huella de carbono que implicaría cada selección para el producto final, para realizar una selección de componente cuando se actúe considerando el principio de inventiva número 27 de TRIZ. Sin embargo, este análisis escapa del alcance de este trabajo.

## Conclusión

Las concesiones o contradicciones de diseño son inherentes a todo proceso de diseño y representan puntos cruciales que, si son bien resueltos, derivan en productos innovadores y exitosos. La metodología TRIZ ofrece una opción viable a seguir para evitar partir de cero en la solución de las contradicciones durante el proceso de diseño. Dada la naturaleza interdisciplinaria del enfoque de diseño mecatrónico, es común enfrentar múltiples contradicciones o concesiones durante el diseño de un dispositivo.

En la solución de estas contradicciones TRIZ resulta una herramienta útil, como se muestra en el ejemplo en el que se determina realizar un cambio en el sistema de calentamiento de una cámara de fermentación, lo cual llevó a un diseño de mayor robustez, al disminuir

el número de variables a controlar. Además, la decisión de utilizar un componente barato es una conclusión a la que no se hubiese llegado haciendo un análisis cualitativo y cuantitativo clásico, lo cual muestra que TRIZ puede potencializar la inventiva y creatividad en las soluciones de diseño.

El uso de TRIZ integrado al proceso de diseño de dispositivos mecatrónicos permite una focalización y, en consecuencia, una pronta ubicación de características a mejorar en un diseño, además de proponer los caminos de mejora a tener en cuenta. Esto, en el contexto del diseño mecatrónico, resulta valioso, ya que simplifica y acelera la toma de decisiones.

### Agradecimientos

Este trabajo cuenta con el apoyo parcial de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Hidalgo (UPIIH) del IPN (Proyectos Número 20241962, 20241688 y 20241953).

### Referencias

- Altshuller Institute for TRIZ Studies (2024). Category: Altshuller. *The Altshuller Insitute*, sp. <https://www.aitriz.org/altshuller>
- Bolton, W. (1999). *Mechatronics: electronic control systems in mechanical and electrical engineering*. Addison-Wesley.
- Bradley, D. y Russell, D. W. (2010). *Mechatronics in action. Case studies in mechatronics-applications and education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-080-9>
- Cho, C.-H. y Kim, K.-H. (2010). Product development with TRIZ: design evolution of deburring tools for intersecting holes. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 24(1), 169-173. <http://dx.doi.org/10.1007/s12206-009-1122-9>
- Córdova Ames, W. (2008). TRIZ, la herramienta de pensamiento e innovación sistemática. *Contabilidad y Negocios*, 3(6), 38-46. <https://doi.org/10.18800/contabilidad.200802.004>
- Ekmekci, I. y Koksai, M. (2015). TRIZ methodology and an application example for product development. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 195, 2689-2698. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.481>
- Gutiérrez Argüelles, J. (2017). *Automatización de una máquina alimentadora de cartón para la producción de papel cascarón*. [Tesis de maestría, ESIME Azcapotzalco, IPN]. <https://drive.google.com/file/d/1yrT4J1oBNUHIoHSsmBX7o5mJXk4VTP64/view>
- Jiang-hong, Y., Qi-shui, Y., Rui, L. y Ying-hong, T. (2012). A creative design of elastic composite cylindrical roller bearing based on TRIZ contradiction matrix. *Design+ Research*, 61-63.

- Ma, S. S., Yang, S. Y., Xu, Y. X. y Zhang, C. W. (2014). Application of the TRIZ contradiction matrix in equipment's combat resilience design. En X. R. Chen y G. M. Yu (eds.), *Applied Mechanics and Materials* (pp. 149-153). Trans Tech Publications. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.722.149>
- Millbank, J. (1993). Mecha-what? *Mechatronics forum newsletter*, (6).
- Nishiyama, J. C., Zagorodnova, T. y Requena, C. E. (2013). *TRIZ. Teoría de resolución de problemas inventivos*. [Tesis de ingeniería, Universidad Tecnológica Nacional]. <https://www.fie.undef.edu.ar/ceptm/wp-content/uploads/2021/08/manualTrizLicRequena.pdf>
- Patentes y Marcas (27 de marzo de 2014). TRIZ: una teoría para resolver problemas de forma inventiva. *Madrid Blogs*, sp. <https://www.madrimasd.org/blogs/patentesymarcas/2014/triz-una-teoria-para-resolver-problemas-de-forma-inventiva/>
- Rantanen, K. y Domb, E. (2008). *Simplified TRIZ. New problem-solving applications for engineers and manufacturing professionals*. CRC Press/Taylor & Francis.
- Savransky, S. D. (2000). *Engineering of creativity. Introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420038958>
- Shetty, D. y Kolk, R. (1997). *Mechatronic system design*. PWS Publishing Company.
- Suárez, B. (27 de agosto de 2017). TRIZ: la metodología que surgió del frío. *ProblemSolving. Pro. Consulting & Training*. <https://www.problemsolving.pro/triz-la-metodologia-que-surgio-del-frio/>
- Tiuc, D. y Draghici, G. (2016). TRIZ model used for compliant management in the automotive product development process. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 221, 414-422. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.131>