

EL DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE LA CALIDAD Y LA TEORÍA PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INVENTIVA: UN ANÁLISIS DE APROXIMACIÓN PARA LA SATISFACCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE*

LIDILIA CRUZ-RIVERO**

<https://orcid.org/0000-0001-9399-3002>

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca,
Veracruz, México

JONATHAN MERÁZ-RIVERA

<https://orcid.org/0000-0002-1026-0071>

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca,
Veracruz, México

ERNESTO LINCE-OLGUÍN

<https://orcid.org/0000-0002-4810-5587>

Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca,
Veracruz, México

Recibido: 16 de agosto del 2023 / Aceptado: 9 de septiembre del 2023

doi: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2023.n45.6595>

RESUMEN. El despliegue de la función de la calidad (QFD) y la teoría para la solución de problemas de inventiva (TRIZ) son metodologías independientes que pueden ser utilizadas y desarrolladas en forma libre; sin embargo, estas pueden ser un potenciador importante de la innovación si se trabajan en conjunto. En relación con ello, el objetivo de este artículo es presentar un análisis de los requerimientos de los clientes en la obtención de un material fabricado con componentes biodegradables (fibra de coco y almidón termoplástico) a través de la aplicación de las metodologías QFD y TRIZ. El resultado de salida al aplicar el QFD fue el crítico de calidad relacionado con la toxicidad, mientras que la información de entrada para la matriz de contradicciones técnicas de TRIZ fue

* Este estudio no fue financiado por ninguna entidad.

** Autor corresponsal.

Correos electrónicos en orden de aparición: lilrivero@gmail.com; merazrivera.j.22@gmail.com; ernesto_lince@hotmail.com

la traducción del crítico de calidad a uno de los treinta y nueve parámetros técnicos de diseño, correspondiente al parámetro 30 (factores nocivos actuando sobre el objeto). Este se considera como el punto de transferencia entre las metodologías, cuyo logro es la integración de ambas.

PALABRAS CLAVE: QFD / TRIZ / requerimientos de los clientes / innovación tecnológica

THE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT AND THE THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING: AN APPROXIMATION ANALYSIS FOR PROBLEM SOLVING

ABSTRACT. The Quality Function Deployment (QFD) and the Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) are independent methodologies, that can be used and developed freely, but can be an important enhancer when you want to achieve innovation if they work together. The objective of this article is to present an analysis of the customers'

requirements in a product manufactured with biodegradable materials, the output result when applying the QFD was the quality critic related to toxicity, while the input information for the matrix TRIZ's technical contradictions were the translation of the quality critic to one of the 39 technical design parameters, corresponding to parameter 30 (Harmful factors acting on the object from outside), being considered as the transfer point between the methodologies thus achieving the integration of both.

KEYWORDS: QFD / TRIZ /customer requirements / technological innovation

INTRODUCCIÓN

El despliegue de la función de la calidad (por sus siglas en inglés, QFD) fue desarrollado por los doctores Shigeru Mizuno y Yoji Akao en 1960. Este se fundamenta en principios de calidad total que son establecidos por el doctor Kaoru Ishikawa. Además, está designado para conocer las necesidades implícitas y explícitas del mercado, atender sus requerimientos y así permitir que la empresa diseñe procesos y productos que correspondan a sus necesidades (Herrera De la Barrera & Narváez Zúñiga, 2017). El QFD, al ser una metodología de uso universal, ha sido utilizado por distintas empresas, tales como automotrices (Toyota), de electrónica, de hogar/vivienda, de bienes de caucho sintético y de servicios (García Ortiz, 2015). QFD es un método para verbalizar requisitos de clientes con necesidades comerciales adaptadas en cada etapa, desde la investigación, el diseño y el desarrollo de la producción, hasta la fabricación, distribución, instalación y la comercialización, ventas y servicios (Frizziero et al., 2017).

La metodología de QFD fue desarrollada en 1972. Esta se basa en el desarrollo de matrices que, por su forma, reciben el nombre de casa de la calidad (*house of quality* [HoQ]) (Vargas Aldás, 2017). Además, sistematiza la relación entre los requisitos de los clientes y las características de la calidad agregadas en los productos. Esta matriz compone la parte central del QFD (García Ortiz, 2015).

Las siglas TRIZ, en alusión a la teoría de la resolución de problemas de inventiva, hacen referencia a una metodología sistemática, o conjunto de herramientas, que proporciona un enfoque lógico para desarrollar la creatividad para la innovación y la solución de problemas (Iliev et al., 2013), ya que esta metodología se basa en patentes a nivel mundial.

La innovación tecnológica, a partir de la utilización de metodologías como QFD y TRIZ en conjunto, permite identificar soluciones y características de puntos cruciales de la problemática central que se requiere solucionar. Esto se realiza mediante un análisis de patentes con el fin de innovar, no caer en errores frecuentes y así brindar una solución óptima (Dos Santos et al., 2016).

Tanto la metodología QFD como TRIZ son herramientas de calidad que tienen funcionalidades distintas y que trabajan de forma independiente, pues sus objetivos trazados perfilan diferentes resultados. A pesar de ello, ambas pueden integrarse entre sí, es decir, la finalización de una metodología, ya sea QFD o TRIZ, puede originar la aplicación de la otra para complementar a la primera y definir de mejor manera el proyecto que se realiza. En esta investigación, se expone el punto en donde la metodología QFD da un paso hacia la aplicación de la metodología TRIZ, ya que el despliegue de la función de la calidad aplicado al inicio del proyecto, mostró un crítico de calidad que, al ser traducido o verbalizado, logró transformarse en uno de los treinta y nueve parámetros que tiene establecida la metodología TRIZ.

En un estudio realizado por Frizziero et al. (2017), se demuestra la interacción que presentan las metodologías QFD y TRIZ para el diseño sostenible de moldes abiertos. En estos se muestran los datos de entrada del QFD, determinados mediante seis cuestiones que definieron nueve requerimientos técnicos que deben tener el molde abierto. Asimismo, con el análisis de importancia de los requerimientos técnicos de la casa de la calidad de la metodología QFD, se logró determinar que la industriabilidad, la personalización, la precisión y la resistencia estructural fueron las características más relevantes para los "clientes", denotando requerimientos de salida del QFD y representando la información de entrada para TRIZ. Para ello, se utilizó el *software* TechOptimizer®, con el "comando de recorte", el cual permitió elegir la ruta y la estructura óptima del proyecto, y así eliminar componentes y acciones innecesarias.

Cruz Rivero et al. (2016) muestran el uso de QFD y TRIZ para solucionar un problema de accidentes laborales en el sector agropecuario. Se aplicó el QFD para conocer los requerimientos técnicos y se utilizó TRIZ para obtener los principios de inventiva que generalizarán una solución al problema. Los requerimientos de los clientes fueron enfocados a rígido, resistente, eficiente, de transmisión mecánica, funcional, ergonómico y seguro, mientras que los principios de inventiva que generalizaban la solución al problema eran los principios 1, 15, 18 y 37.

Ching Hsiang y Chien Yi (2015) utilizan las metodologías QFD y TRIZ para resolver problemas de compatibilidad electromagnética (EMC) en una PC portátil. Con la implementación del QFD 10, lograron determinar requerimientos técnicos enfocados a la PC portátil; mientras que con la aplicación de la matriz de contradicciones de TRIZ, definieron cinco pares en conflicto que representaban problemas o características del producto. Los principios de inventiva que dieron solución a cada problema identificado fueron el 1, 5, 19, 22 y 39.

Tursch et al. (2015) presentan la integración de TRIZ en el QFD, en la cual se exhibe que las metodologías son individuales, pero que en las primeras etapas de implementación del proyecto se puede generar una integración, donde la interdisciplinariedad de las metodologías puede eliminar las barreras del pensamiento y ampliar el conocimiento. En tal investigación, se muestra un ejemplo práctico y sencillo de aplicación de TRIZ a un casco, donde se exponen diversas contradicciones técnicas del producto, tales como la resistencia del material del casco integral versus el deterioro de la ventilación, y la resistencia versus la disminución de los posibles cambios del molde.

Frizziero y Ricci Curbastro (2014) utilizaron QFD y TRIZ para desarrollar un sistema innovador de control de presión en el diseño mecánico, donde al localizar los requerimientos del QFD —seguridad, fiabilidad, uso simple, conformidad de las reglas de carrera, costos— y al identificar los parámetros de TRIZ —resistencia a un ambiente hostil, precisión del dispositivo, reducir las dimensiones del dispositivo, elecciones materiales, simplificar la producción y el montaje—, lograron establecer una válvula pequeña de presión simple que se instala directamente en las ruedas, en lugar de la tapa habitual.

Dos Santos et al. (2016) aplicaron TRIZ y QFD para el desarrollo de un juguete de espuma lego para niños con necesidades especiales. Con el apoyo de expertos en la materia, lograron definir los requerimientos técnicos que debería concebir el juguete y, en la parte final del proyecto, se utilizó TRIZ para la transformación de los requerimientos en parámetros de ingeniería, en la cual se determinaron repetitivos los siguientes principios de inventiva: 35, 1, 2, 10, 15, 28 y 40.

Para desarrollar la metodología QFD, es necesario recoger la voz de los clientes. Para ello existen metodologías, como el modelo Kano, que permiten estructurar y formular de una manera sencilla, puntual y concreta instrumentos que ayudan a compilar las opiniones, comentarios, pensamientos y puntos de vista del segmento de interés, tal como realizaron Ramírez Ruiz y Mejía Trejo (2014). Ellos aplicaron el modelo Kano para construir un cuestionario que les ayudó a obtener requerimientos de calidad para el diseño de un sitio web de turismo. En este, obtuvieron una lista clasificada de los requerimientos de acuerdo a la categoría que se establece en el modelo. De esta manera, lograron que los requerimientos más sobresalientes, de acuerdo a su categoría, fueran el diseño innovador de la página web en la categoría *atractivo*, el incluir el precio de los viajes en la categoría *unidimensional* y las propuestas de viaje a los usuarios en la categoría *indiferente*, sobre la base de sus búsquedas y compras.

González Revaldería et al. (2017) aplicaron una entrevista a profundidad y el modelo Kano para conocer las necesidades de los hospitalizados en una unidad de quemados. La entrevista fue el primer instrumento que utilizaron, cuyo objetivo fue conocer la experiencia de los pacientes quemados (hospitalizados en los últimos meses) durante el proceso de su atención en cualquier área: hospitalización, urgencias, UCI y consultas externas. Esta entrevista logró identificar once requisitos que hacían referencia a aspectos de información, hosteleros, aspectos organizativos y necesidad de mayor cercanía del personal, mientras que con el modelo Kano estructuraron una encuesta donde mostraron cada uno de los once requisitos en forma funcional y disfuncional. De esta manera, obtuvieron la siguiente clasificación: (1) imprescindibles —televisión gratuita y desconexión automática de la televisión a las cero horas—, (2) atractivos —mayor intimidad durante la hospitalización, como habitación individual e información previa del horario en el que se van a realizar las curas para disminuir la ansiedad—, (3) indiferentes —apoyo psicológico a familiares, además del que se da al paciente, como dedicar más tiempo a la limpieza de las habitaciones— y (4) cuestionables —esperar menos de veinte minutos la ambulancia para el traslado al domicilio tras el alta, mejorar el trato al paciente en consultas—.

Aguilar Lasserre et al. (2018) utilizaron algoritmos genéticos y TRIZ para la optimización funcional de un empaque de limón persa. Rediseñaron el empaque calibre 110 para su exportación a Europa y a Estados Unidos. Con la implementación de TRIZ, se determinaron dos contradicciones para el empaque: (1) cantidad de sustancia versus

resistencia y (2) forma versus volumen de un objeto sin movimiento. Así resultaron los principios de acción preliminar (10) y de transformación de los estados físicos y químicos de un objeto (35). Al aplicar los principios 10 y 35, consiguieron que el nuevo diseño tenga un ahorro económico, una disminución del impacto ambiental y una mayor funcionalidad.

Por todo ello, el objetivo de esta investigación es plantear la relación y transferencia de las metodologías QFD y TRIZ para delimitar los requerimientos de los clientes, identificar el crítico de calidad y transformar los datos de salida del QFD a parámetros de entrada para TRIZ. Esto permitirá verificar el punto de correspondencia entre ambas metodologías y reflejar los beneficios máximos de aplicarlas en conjunto, con el fin de obtener un material parcialmente biodegradable a base de fibra de coco y almidón termoplástico.

2. METODOLOGÍA

El objetivo de esta investigación es aplicar la metodología QFD y TRIZ para la obtención de un material parcialmente biodegradable a base de fibra de coco y almidón termoplástico. Para ello, el criterio/atributo más significativo por determinar son los usuarios finales, a quienes se considera como aquellos que utilizarán el composito obtenido para la sustitución de plástico convencional; puesto que, para la aplicación de la metodología QFD, es importante conocer las opiniones de los clientes y verbalizar sus respuestas como parámetros de diseño. Por ello, el tipo de investigación realizado es de enfoque exploratorio y el instrumento utilizado es el cuestionario, con el cual se facilitó llegar a una respuesta al encuestado a través de la selección de una opción (o varias, según la pregunta) entre múltiples soluciones concentradas en el instrumento. La encuesta se diseñó con base en las metodologías de QFD y TRIZ.

En esencia, la aplicación de la metodología del despliegue de la función de la calidad recae parcialmente "en la estructura, la cual contiene matrices de relaciones y correlaciones horizontales y verticales que denotan una ilusión a una casa" (Herrera De la Barrera & Narvárez Zúñiga, 2017). Esta casa, denominada *la casa de la calidad* (HoQ), está conformada de seis partes y se pueden visualizar en la Figura 1.

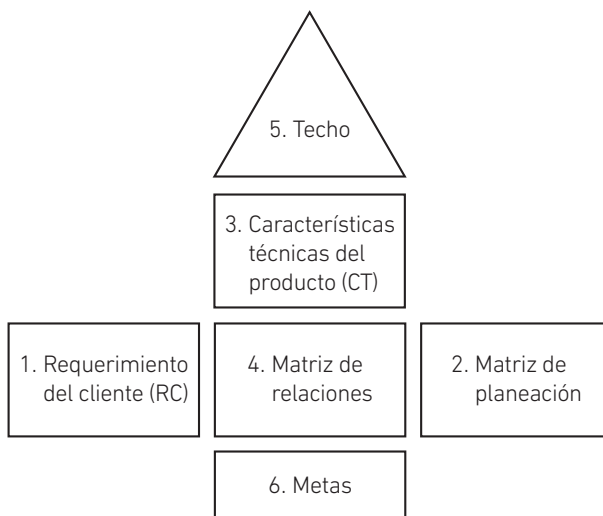
1. *Requerimientos de los clientes* (RC). Conlleva escuchar, analizar y traducir a palabras técnicas las opiniones, conceptos y puntos de vista que tiene el cliente del producto o servicio. De acuerdo con Singh Soin (1997), el desarrollo de una excelente opinión del cliente es de máxima importancia.
2. *Matriz de planeación*. En esta parte, los clientes realizan una evaluación de la forma en que conciben el grado de satisfacción del producto o servicio que provee la empresa y los competidores cercanos (Vargas Aldás, 2017).
3. *Características técnicas del producto* (CT, requerimientos funcionales). En este punto, se identifican varias características de la empresa que permitan

satisfacer las necesidades. Estas deben de ser cuantificables y representar una respuesta total del cliente, debido a que se trata de parámetros que deben ser controlados y medidos para satisfacer los requisitos identificados (Ministerio de la Protección Social, s. f.).

4. *Matriz de relaciones.* Implica determinar el impacto de los requerimientos de los clientes en la satisfacción de cada una de sus expectativas. Para ello, se debe conferir a cada relación una serie de símbolos cualitativos para demostrar el tipo de relación: relación fuerte, relación media, relación débil y sin relación (Esteban Ferrer, s. f.).
5. *Techo, correlación de las características técnicas del producto.* Esta matriz permite identificar las características que están puntualmente relacionadas y el impacto que pueden producir en otra característica. De esta manera, se identifican los efectos desfavorables o problemas que se pueden presentar, lo que permite conseguir una gestión eficaz en el momento de evaluar y realizar cambios de los requisitos (Espitia Peña, 2015).
6. *Metas.* Se establece un valor objetivo esperado, el cual se encuentra en unidades para cada producto y se realiza un *benchmarking* para comparar el producto con el de la competencia. Además, se consideran los requerimientos técnicos de los bienes para poder obtener oportunidades de mejora (Izar Landeta, 2018).

Figura 1

Casa de la calidad y sus partes



Nota. Adaptado de "Aplicación del QFD a la industria refresquera de San Luis Potosí", por Izar Landeta e Ynzunza Cortés, 2013.

Previo a la aplicación de la metodología del QFD, se realizó una encuesta a un grupo *target* conformado por especialistas y profesionistas en el área de materiales biodegradables o afines. Se concentró en una lista las características más relevantes o importantes de los productos que se encuentran elaborados o que están constituidos por materiales que se degradan en el ambiente. Los requerimientos evaluados en la encuesta se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Requerimientos del cliente (expertos evaluados en la aplicación de la encuesta)

Requerimientos del cliente (RC)	
1. Resistente	8. Funcional
2. No tóxico	9. Degradación rápida
3. De bajo costo	10. No contaminante
4. Ligero	11. Manufacturable
5. Buen diseño	12. Reciclable
6. Confiable	13. Fácil de adquirir
7. Normativo	

Una vez realizada la encuesta, se construyó la HoQ para establecer el crítico de calidad que da la pauta para el uso y desarrollo de la metodología TRIZ. El primer paso para constituir la HoQ es definir los requerimientos del cliente y establecer su necesidad superior (NS), es decir, identificar los RC en pequeños conjuntos de familias. Para ello, se establecieron tres grupos o familias (necesidad superior) de RC, como los siguientes:

- Material resistente, no tóxico, de degradación rápida, no contaminante, reciclable, ligero, manufacturable y que cumple con la normatividad.
- Diseño funcional, cumple con el estándar de diseño y buen diseño.
- Mercado de bajo costo, confiable y fácil de adquirir.

Se han definido los requerimientos técnicos de los clientes en la HoQ. Ahora, el siguiente paso es establecer los requerimientos funcionales por parte de la empresa, es decir, se trata de identificar una o más características de calidad para cada una de las necesidades del cliente (Espinoza, 2015).

Los requerimientos funcionales por parte de la empresa, también denominados como requerimientos de diseño o características técnicas de los productos (CT), según Izar Landeta e Ynzunza Cortés (2013), se han establecido como las estrategias, actividades

y operaciones que deben considerarse en el proceso, con el fin de garantizar que los requerimientos de los clientes se cumplan y estén presentes en el producto o servicio de estudio. En la presente investigación se han identificado los siguientes requerimientos funcionales:

- Selección del material
- Proceso de obtención de la fibra
- Proceso de formado
- Condiciones ambientales
- Composición de la mezcla
- Dimensiones
- Apariencia final del producto

Una vez definidos los requerimientos de los clientes (RC) y los requerimientos funcionales, es preciso pasar de la representación de la información de una dimensión (listas) a la representación en dos dimensiones (matrices) (González Sara, 2014). Para crear la relación entre los requerimientos de los clientes y los requerimientos funcionales, existen diversos símbolos que utilizan algunos autores para representar la relación. Por ejemplo, “●” para indicar que existe una relación fuerte, “○” para señalar que existe una relación moderada, “▽” para indicar que existe una relación débil y un espacio en blanco en donde no existe relación. Por otro lado, otros autores prefieren plasmar la relación con valores numéricos como el “9” para una relación fuerte, el “3” para una relación moderada, el “1” para una relación débil y el “0” para una relación nula.

Después de generar la relación, el siguiente paso es determinar la correlación entre los requerimientos funcionales. Para ello, es importante señalar que la correlación se lleva a cabo en el techo de la HoQ, donde se identifica, entre los requerimientos funcionales, qué estrategias, actividades y operaciones tienen correlación entre sí.

La matriz de correlación permite evaluar las relaciones de dependencia o de importancia relativa de varias necesidades o ideas. También se utiliza para definir las prioridades y para establecer la secuencia óptima de acciones (Frizziero et al., 2017). Asimismo, para señalar la correlación de las estrategias, actividades y operaciones, se utilizó la simbología siguiente: “+” para indicar una correlación positiva, “-” para una correlación negativa y un espacio en blanco para una correlación nula.

Una vez definidas las relaciones y correlaciones, se ponderó la relación máxima o el grado de importancia que presiden los clientes en los requerimientos técnicos (los *qué*) del producto. Para ello, se realizó la ponderación en escala del 1 al 5, donde 5 es muy importante y 1 poco importante. La ponderación asignada a cada uno de los

requerimientos de los clientes consideró los resultados proyectados por la encuesta aplicada al grupo *target*. En la Figura 2, se observa cómo quedó establecida la HoQ; para ello, es importante señalar que, de acuerdo a las seis partes que componen la casa de la calidad de la Figura 1, en este trabajo no se realizó la parte 2 (matriz de planeación) ni la 6 (metas), ya que el objetivo del proyecto solo conllevaba puntualizar la transición que genera utilizar la metodología QFD al TRIZ. Además, de acuerdo al área de estudio y al grupo *target* que se encuestó, solo se deseaba determinar el crítico de calidad que percibían los clientes para poder convertirlo/traducirlo a un parámetro de mejora de la metodología TRIZ.

La metodología TRIZ es una metodología propuesta por Genrich Altshuller para resolver problemas de inventiva. Ha sido utilizada por muchos investigadores y emprendedores para mejorar sus bienes, procesos y servicios, gracias a la efectividad y eficiencia que brinda. Esta metodología desarrolla lógicamente la creatividad en el proceso de diseño de productos innovadores (Taşkın et al., 2019). Del mismo modo, se utiliza la matriz de contradicciones de la metodología TRIZ, con el objetivo de localizar principios de inventiva que guiarán a una solución para alcanzar el crítico de calidad definido con la HoQ de la metodología QFD.

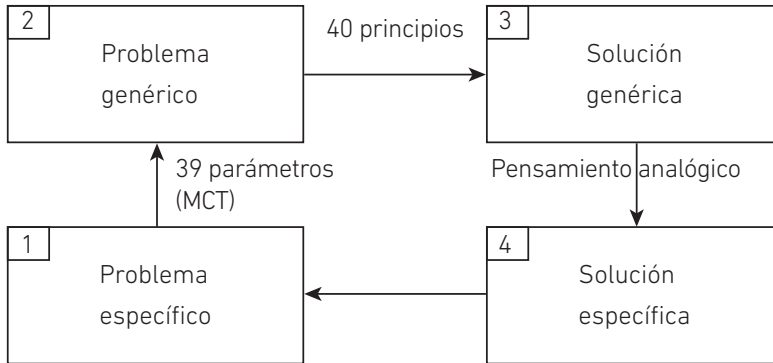
La matriz de contradicciones de TRIZ está constituida por treinta y nueve parámetros y cuarenta principios de inventiva. Para su uso, es importante considerar las siguientes etapas (Orloff, 2017):

1. *Problema específico*. Se plantea el problema que se desea resolver. A partir de ahí, con el uso de los treinta y nueve parámetros, se convierte a un problema genérico.
2. *Problema genérico*. Una vez identificado el parámetro que se desea mejorar (A) y el parámetro que empeora (B), o que se ve afectado en la matriz de contradicciones, se determinan problemas generales análogos al que se plantea y que han sido resueltos por medio de los cuarenta principios, basados en patentes.
3. *Solución genérica*. Son las posibles soluciones obtenidas considerando el cruce entre el parámetro A y el parámetro B. Estas posibles soluciones son conocidas como principios de inventiva y son soluciones genéricas.
4. *Solución específica*. Con base a lo obtenido en la etapa anterior, se soluciona el problema específico utilizando el principio de inventiva que mejor se ajuste. En esta etapa se rompe la inercia psicológica y se encuentra el resultado final ideal (RFI), que es la mejor solución obtenida en el momento del análisis.

En cuanto a lo anterior, se sugiere el uso del algoritmo para la implementación de las cuatro etapas mencionadas (véase la Figura 2).

Figura 2

Algoritmo de solución de problemas de TRIZ



3. RESULTADOS

El resultado con la aplicación del QFD ha derivado un crítico de calidad. Además, de acuerdo al grado de importancia que se estableció en función a los resultados de la encuesta formulada y aplicada, se obtuvo que el requerimiento técnico de los clientes ha sido "no tóxico", es decir, los clientes esperan que un producto que contiene o esté constituido por materiales biodegradables no sea tóxico (véase la Figura 3). Ahora, a partir de este crítico de calidad, se procede a realizar la transición y traducción a un parámetro de mejora en la metodología TRIZ.

Figura 3

Casa de la calidad resultante

		Número de columna						
		1	2	3	4	5	6	7
Relación máxima	Necesidad superior	Requerimientos funcionales						
		Selección del material	Proceso de obtención de la fibra	Proceso de formado	Condiciones ambientales	Composición de la mezcla	Dimensiones	Apariencia final del producto
		Requisitos del cliente (explícito e implícito)						
3	Material	Resistente	○				●	
5		No tóxico	○				▽	
4		Degradación rápida	○			●	▽	
4		No contaminante	●			○	▽	
3		Reciclable	○				▽	
1		Ligero	○				▽	●
1		Manufacturable	○	▽	●			
2		Cumple con normatividad						●
4		Diseño	Funcional		●			
2	Cumple con estándar de diseño		▽		●			○
2	Buen diseño				○			
3	Mercado	De bajo costo		●	○			
1		Confiable	▽		○		●	
2		Fácil de adquirir						○

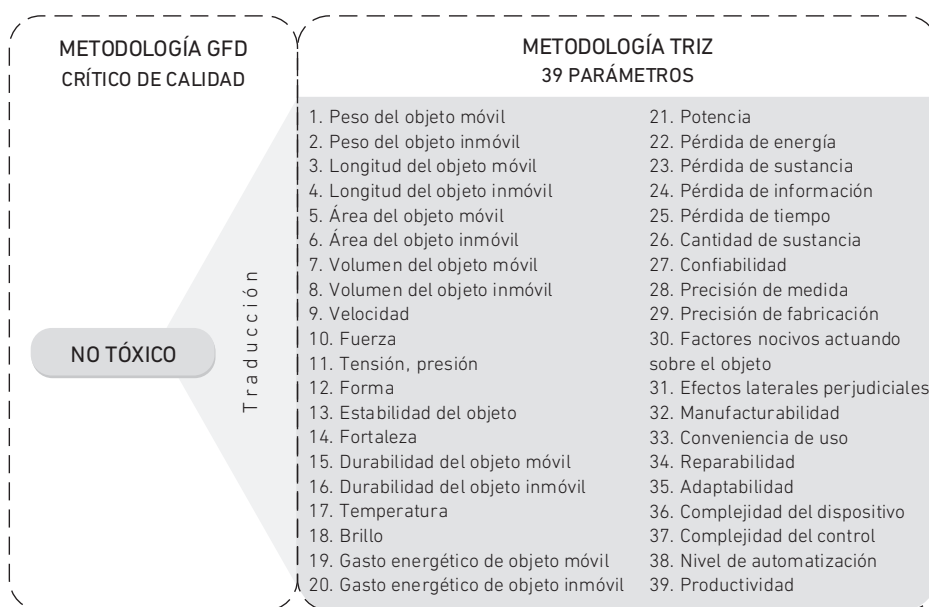
Nota. Adaptado de Battles (2010).

La metodología QFD priorizó los requerimientos del cliente en un orden de relevancia, en donde, de acuerdo a las ponderaciones otorgadas, se consiguió definir un crítico de calidad, el cual se convertirá, para la metodología TRIZ, en un parámetro de mejora (parámetro A). Este deberá ser verbalizado/traducido a uno de los treinta y nueve parámetros estipulados en esta metodología.

Este crítico de calidad definido por la metodología QFD ha sido "no tóxico". Además, al realizar un análisis y una búsqueda comparativa, en relación a la traducción de dicho crítico de calidad versus parámetro, se consiguió establecer que el requerimiento del cliente denominado como "no tóxico" se verbaliza/traduce a "factores nocivos que actúan sobre el objeto", que representa el parámetro número 30 de los treinta y nueve parámetros constituidos en la metodología TRIZ. En la Figura 4, se muestra la parte de la traducción de lo mencionado y la transferencia de la metodología QFD a la metodología TRIZ.

Figura 4

Traducción del crítico de calidad a parámetro



Nota. Adaptado de "Integración de metodologías de diseño para la obtención de un material parcialmente biodegradable a base de fibra de coco", por Cruz-Rivero et al. (2022).

4. DISCUSIÓN

Una vez que se llevó a cabo el análisis de aproximación de QFD y TRIZ, cada uno de los autores citados en la introducción, han implementado de manera efectiva las metodologías QFD y TRIZ para solucionar un problema específico en un área distinta. No obstante, a diferencia de lo que se expone en la presente investigación, el objetivo va más allá de mostrar un ejemplo de aplicación, es decir, la meta del estudio desarrollado es mostrar al investigador la importancia, la máxima relación y el punto preciso de migración que presentan las metodologías expuestas. Todo ello debido a que con el desarrollo,

aplicación e implementación conjunta se pueden cubrir mejores resultados y generar un beneficio óptimo para el estudio que se realice en cualquiera de las áreas de investigación que contextualice el investigador.

Autores como Dos Santos et al. (2016) y Frizziero et al. (2017), que han desarrollado investigaciones con estas metodologías, exponen puntos de reciprocidad entre sí, dado que se presentan conclusiones sobre cómo desarrollar, vincular, relacionar e integrar ambas metodologías para conseguir requerimientos técnicos y parámetros de diseño que conlleven a un resultado final ideal momentáneo. Esa es la solución factible u óptima en el presente, pero dicha solución no garantiza el mismo beneficio en el futuro.

Tal y como lo mencionan Herrera De la Barrera & Narváez Zúñiga (2017), se utilizó el QFD para identificar los requerimientos de los clientes para "verbalizarlos en operaciones y bocetos, enfocando varias funciones hacia la meta en común" (Frizziero et al., 2017, p. 22). Mientras tanto, las diferencias de aplicación han sido parte de la metodología TRIZ, ya que esta metodología posee varios métodos de resolución de problemas, tales como la matriz de contradicciones, el análisis nueve ventanas, el análisis de recorte de patentes, los principios de separación, entre otras. Cada uno de los autores desarrolló un método de TRIZ diferente en sus trabajos.

El objetivo de relacionar y corresponder las metodologías QFD y TRIZ es conocer las ventajas máximas que propician a la investigación. Tal como mencionan Tursch et al. (2015), la combinación de ambas metodologías puede generar un enorme potencial para la innovación, asegurar los prerrequisitos para un producto exitoso, eliminar las barreras del pensamiento y extender el horizonte de conocimiento.

5. CONCLUSIONES

Como se analizó en este artículo, las metodologías tienen aplicaciones libres e independientes una de la otra, aunque la utilización y aplicación de una marca una parte importante para incorporar a la otra; por ejemplo, al desarrollar la metodología QFD se identificó el crítico de calidad "no tóxico" que los clientes denominaron como esencial en un producto constituido por materiales biodegradables y que se tradujo a uno de los treinta y nueve parámetros que están constituidos y establecidos en la metodología TRIZ. Con esta integración de las metodologías, es posible cubrir una mejor investigación en el producto o servicio de interés, puesto que, por una parte, se analizan las necesidades del mercado y, por la otra, se estudian los requerimientos de diseño en base a esas necesidades conceptualizadas.

Cabe mencionar que, a pesar de que se señale la correspondencia de las metodologías en cuestión, no hay ni existe una regla o condición donde se establezca o se exija la aplicación dependiente de ambas metodologías, puesto que cada metodología

tiene su creador y origen marcado, QFD fue creado a finales de la década de 1960 y es proveniente de Japón por Shigeru Mizuno y Yoji Akao, mientras que TRIZ hace sus primeras apariciones en la década de 1950, proveniente de Rusia por Genrich Altshuller. Sin embargo, la aplicación conjunta de ambas puede generar mejores resultados que si son aplicadas de manera independiente.

Se puntualiza que existen otras metodologías que se logran integrar o adicionar a estas herramientas, como el modelo Kano, el análisis de modo efecto y fallo (AMEF), entre otras. Estas pueden ser utilizadas adyacentemente para el diseño y satisfacción de los bienes y servicios que perciben los clientes/usuarios.

REFERENCIAS

- Aguilar Lasserre, A. A., Torres Sánchez, V. E., Fernández Lambert, G., Azzaro Pantel, C., Cortes Robles, G., & Román Del Valle, M. A. (2018). Functional optimization of a Persian lime packing using TRIZ and multi-objective genetic algorithms. *Computers & Industrial Engineering*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.12.005>
- Battles, C. (2010). *QFD: house of quality template*.
- Ching Hsiang, C., & Chien Yi, H. (2015). La sinergia de QFD y TRIZ para resolver problemas de EMC en productos eléctricos: un estudio de caso para el PC portátil. *Revista de Ingeniería Industrial y de Producción*, 32(5), 311-330, <https://doi.org/10.1080/21681015.2015.1046507>
- Cruz-Rivero, L., Mar Orozco, C. E., & Martínez Hernández, M. L. (2016). TRIZ y QFD como herramientas de gestión de la innovación. En R. Pérez Rojas (Ed.), *Gestión de la innovación como agente determinante del cambio* (pp. 921-930). Ediciones ILCSA.
- Cruz-Rivero, L., Meraz Rivera, J., & Méndez Hernández, M. L. (2022). Integración de metodologías de diseño para la obtención de un material parcialmente biodegradable a base de fibra de coco (*Cocos nucifera* L.). En *Investigación pura y avances tecnológicos. Aportación al desarrollo educativo y social en México* (pp. 212-220). Instituto Tecnológico Superior de Naranjos.
- Dos Santos, M., De Carvalho Fernandes, M., Carpinteiro dos Santos, F. M., Da Costa Dias, F., Almeida, J. J., & Agner Júnior, J. (2016). An approach of TRIZ methodology with inventive solutions for toys used by children with special needs based on the requirements of quality house (QFD). *IOSR Journal of Engineering*, 6(12), 45-50. http://iosrjen.org/Papers/vol6_issue12/Version-1/G0612014550.pdf
- Espinoza, C. M. (2015). *Aplicación del método QFD para el diseño de un envase de geometría especial en el proceso de termoformado* [Tesis de doctorado, Universidad de la Rioja]. Universidad de la Rioja.

- Espitia Peña, E. (2015). *Aplicación del despliegue de la función de calidad para el análisis, el diseño y la gestión del currículo para un programa de ingeniería de sistemas* [Tesis de maestría, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional de la Universidad EAFIT. <http://hdl.handle.net/10784/11353>
- Esteban Ferrer, M. J. (s. f.). *Análisis estratégico de la calidad en los servicios jurídicos. Aplicación del despliegue de la función de calidad (QFD) al estudio del sector de prestación de servicios jurídicos a empresas en Cataluña* [Tesis de doctorado, Universidad Ramon Lull]. Tesis Doctorales en Xarxa. <https://www.tdx.cat/handle/10803/9318>
- Frizziero, L., & Ricci Curbastro, F. (2014). Innovative methodologies in mechanical design: QFD vs TRIZ to develop and innovative pressure control system. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9(6), 966-970. http://www.arpnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2014/jeas_0614_1126.pdf
- Frizziero, L., Francia, D., Donnici, G., Liverani, A., & Caligiana, G. (2017). Sustainable design of open molds with QFD and TRIZ combination. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 35(1), 21-31. <https://doi.org/10.1080/21681015.2017.1385543>
- García Ortiz, O. A. (2015). *Mejora a los procesos de servicio de TI mediante la fusión de minería de datos, recuperación de información y QFD para el incremento en la percepción de la calidad en el servicio* [Tesis de maestría, Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas]. Repositorio Institucional de CIATEC. <http://ciatec.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1019/60>
- González Revaldería, J., Holguín Holgado, P., Lumbreras Marín, E., & Núñez López, G. (2017). La entrevista en profundidad y la metodología Kano para conocer los requisitos de los usuarios en una unidad de quemados. *Revista de Calidad Asistencial*, 32(1), 21-26. <https://doi.org/10.1016/j.cali.2016.06.009>
- González Sara, A. (2014). *Quality function deployment: una herramienta para establecer los requerimientos técnicos de un edificio en México* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. RiuNet. Repositorio Institucional UPV. <http://hdl.handle.net/10251/47822>
- Herrera De la Barrera, J., & Narváez Zúñiga, C. (2017). Metodología para la comprensión de la voz del cliente en entornos dinámicos utilizando el despliegue de funciones de calidad (QFD). *Teknos. Revista Científica*, 17(2), 63-72. <https://doi.org/10.25044/25392190.906>
- Ilevbare, I. M., Probert, D., & Phaal, R. (2013, 10 de enero). A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. *Technovation*, 33(2-3), 30-37. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2012.11.003>

- Izar Landeta, J. M., & Ynzunza Cortés, C. B. (2013). Aplicación del QFD a la industria refresquera de San Luis Potosí, México. *Hitos de Ciencias Económico Administrativas*, 19(53), 7-16.
- Izar Landeta, J. M. (2018). Despliegue de las funciones de calidad (QFD). En *Calidad y mejora continua*. LID Editorial.
- Ministerio de la Protección Social. (s. f.). *Guía de instrucción. Despliegue de la función calidad (QFD): identificación y evaluación de las necesidades de los clientes de las instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS)*. Universidad CES; Gesaworld S. A.
- Orloff, M. A. (2017). *ABC-TRIZ: introduction to creative design thinking with modern TRIZ modeling*. Springer.
- Ramírez Ruiz, C., & Mejía Trejo, J. (2014). Metodología Kano para el diseño de un sitio web de turismo de aventura. *Mercados y negocios*, 15(1), 92-110. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=571863945006>
- Singh Soin, S. (1997). *Control de calidad total. Claves, metodologías y administración para el éxito*. McGraw Hill; Interamericana Editores.
- Taşkın, B., Başıoğlu, N., Daim, T., & Barham, H. (2019). Creativity in design process using TRIZ: application to smart kitchen design. En T. D. Daim, M. Dabić, N. Başıoğlu, J. R. Lavoie & B. J. Galli (Eds.), *R&D management in the knowledge era. Challenges of emerging technologies* (pp. 223-236). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15409-7_7
- Tursch, P., Goldmann, C., & Woll, R. (2015). Integration of TRIZ into quality function deployment. *Management and Production Engineering Review*, 6(2), 56-62. <https://doi.org/10.1515/mper-2015-0017>
- Vargas Aldás, J. C. (2017). *Propuesta de aplicación del modelo QFD para el análisis de satisfacción del cliente caso: dental metrópoli* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio de Tesis de Grado y Posgrado. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13398>

