

REVISTA

**YACHAY**ISSN: 2412-2963  
e-ISSN: 2520-9051

# Technology Readiness Level Y Design thinking: Una revisión de casos desde un semillero de investigación

Recibido: 23/10/2024  
Revisado: 05/12/2024  
Aceptado: 18/12/2024  
Publicado: 27/12/2024

**Autor corresponsal**

Daniel Rocha  
[drochaji@uniminuto.edu.co](mailto:drochaji@uniminuto.edu.co)

**Cómo citar:**

Vargas, E. Rocha, D. Jaime, A. (2024). Technology Readiness Level Y Design thinking: Una revisión de casos desde un semillero de investigación. *Yachay*, 13(2). 124-134. DOI: <https://doi.org/10.36881/yachay.v13i2.954>

**Fuente de financiamiento:**

No financiado.

**Declaración de conflictos de interés:** Los autores declaran no tener conflicto de interés.

**Eduardo Vargas**

Programa de Ingeniería industrial, Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, Bogotá D.C – Colombia  
[evargasvar1@uniminuto.edu.co](mailto:evargasvar1@uniminuto.edu.co)  
<https://orcid.org/0009-0004-6792-5507>

**Daniel Rocha**

Programa de Ingeniería industrial, Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, Bogotá D.C – Colombia  
[drochaji@uniminuto.edu.co](mailto:drochaji@uniminuto.edu.co)  
<https://orcid.org/0000-0001-9471-1476>

**Astrid Jaime**

Programa de Ingeniería Industrial, Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, Bogotá D.C – Colombia  
[mireya.jaime@uniminuto.edu](mailto:mireya.jaime@uniminuto.edu)  
<https://orcid.org/0000-0003-2938-2439>

**Resumen**

El presente documento centra en el análisis de las diferentes innovaciones tecnológicas o desarrollo de productos, observados como fracasos al fallar en alguna de las distintas etapas del Technology Readiness Level (TRL), siendo presentados como mini casos de estudio, sistematización realizada desde un semillero de investigación, y que es interesante puesto que usualmente se documentan profusamente los casos de éxito y no los fracasos. En el documento se revisa la literatura tanto relacionada con los TRL, y sus diversos ejes de análisis, así como el Design Thinking una herramienta tanto como para acortar el tiempo en el avance de los TRL como para mejorar las expectativas de éxito en el desarrollo de tecnologías y productos. El objetivo de la investigación es examinar varios ejemplos de productos que, pese a tener lanzamientos exitosos, no se mantuvieron en el mercado. Este estudio busca detectar errores, aprender de estos y proponer medidas prácticas para mejorar los procesos de creación y desarrollo de nuevos productos. Como metodología se han revisado un conjunto de casos de estudios de productos reconocidos en el mercado mundial que han fracasado bien como soluciones tecnológicas o bien en su aceptación por el mercado; la revisión ha sido realizada a partir de información disponible tanto en la web como en la empresa que oferta el producto como de críticos. El análisis se realiza examinando la empresa, el producto, así como el posible fallo o error. Como resultado, se presentan los mini casos de estudio, y reflexiones sobre como el Design thinking junto con los TRL pueden mejorar el desarrollo de tecnologías y productos, desde la perspectiva del semillero es un aprendizaje no solo sobre aspectos técnicos de los TRL y el Design Thinking sino sobre el fracaso en el desarrollo de empresas y productos.

**Palabras clave:** Technology Readiness Level – TRL, Design Thinking, casos de estudio, Fracaso.

## Technology Readiness Level and Design Thinking: A review of cases observed from a research seedbed

**Abstract**

This document focuses on the analysis of the different technological innovations or product development, observed as failures when failing in any of the different stages of the Technology Readiness Level (TRL), being presented as mini case studies, systematization carried out from a hotbed of investigation., and that is interesting since usually the success cases are deeply documented and not the failures. The document reviews the literature both related to TRLs, and its various axes of analysis, as well as Design Thinking, a tool both to shorten the time in the advancement of TRLs and to improve expectations of success in the development of technologies and products. The objective of the research is to closely examine several examples of products that, despite having successful launches, did not remain on the market. This study seeks to detect errors, learn from them and propose practical measures

**OPEN ACCESS**

Distribuido bajo:



to improve the creation and development processes of new products. As a methodology, a set of case studies of products recognized in the world market that have failed either as technological solutions or in their acceptance by the market have been reviewed; The review has been carried out based on information available on the web from both the company that offers the product and critics. The analysis is carried out explaining the company, the product, as well as the possible failure or error. As a result, mini case studies are presented, and reflections on how Design thinking together with TRL can improve the development of technologies and products, from the perspective of the hotbed it is a learning not only about technical aspects of TRL and Design Thinking but also about failure in the development of companies and products

**Key words:** Technology Readiness Level - TRL, Design Thinking, Case studies, Failure.

## Introducción

En el mundo actual, donde la innovación y la competencia son constantes, las organizaciones se enfrentan a diario con el desafío del desarrollo exitoso de productos. Dos conceptos clave al respecto son el Technology Readiness Level (TRL) y el Design Thinking (DT). TRL es una herramienta utilizada para evaluar la madurez de una tecnología y su viabilidad para la integración en un producto o sistema, mientras que el DT es un enfoque centrado en el ser humano que busca soluciones creativas e innovadoras a través de la empatía y la experimentación. A pesar de los beneficios potenciales, existen casos de fracaso que ilustran la importancia de aplicar estas metodologías de manera correcta y efectiva.

El TRL consta de nueve escalas que van desde la investigación básica hasta la implementación comercial de una tecnología. Esta herramienta ofrece una guía clara sobre el progreso tecnológico y ayuda a los equipos de desarrollo a identificar los posibles riesgos y desafíos asociados con la incorporación de una nueva tecnología en un producto final. Sin embargo, a veces la falta de una evaluación exhaustiva del TRL puede llevar a errores en la planificación y ejecución del desarrollo de un producto, causando costos y retrasos en el lanzamiento del producto.

En cuanto al entorno en el que se desarrolla el proyecto en los cuatro primeros niveles (TRL 1 - TRL 4) el entorno de validación de la tecnología es en el laboratorio, en los niveles TRL5 y TRL6 la tecnología se está validando en un entorno con características similares al entorno real y los tres últimos niveles (TRL 7 - TRL 9) abordan las pruebas y validación de la tecnología en un entorno real (De Aldecoa Quintana, 2014, p. 166).

El DT fomenta la colaboración entre diversas disciplinas, la velocidad en la iteración y la toma de decisiones guiadas por la empatía con el usuario final. Este enfoque ayuda a las organizaciones a tener una comprensión más precisa de las necesidades y deseos de sus clientes, permitiéndoles diseñar productos y servicios realizados para resolver problemas y

generar valor. Sin embargo, si no es implementado de forma apropiada, puede resultar en productos que no satisfagan las verdaderas necesidades del mercado o que no sean rentables desde el punto de vista comercial.

El pensamiento de diseño imagina el futuro y explora posibilidades de lo que podría ser a través de la observación y la empatía, visualiza ideas, experimenta con prototipos para recoger feedback antes de que se empleen muchos recursos en su desarrollo y por último termina implantando aquellas soluciones mejores (Ortega & Ceballos, 2015, p. 11).

En este contexto, es crucial estudiar ejemplos de fallas en el desarrollo de productos que se atribuyen incorrectamente a la aplicación del TRL y el DT. Estos escenarios brindan valiosas lecciones sobre los errores a evitar comúnmente y las prácticas recomendadas para aumentar las posibilidades de éxito en la construcción de productos. Mediante la evaluación de casos de fracaso, se puede obtener una mejor comprensión de cómo incorporar de manera efectiva los TRL y el DT en el desarrollo de productos para alentar la innovación y el crecimiento empresarial.

## Marco teórico

El TRL y el Design Thinking, aunque hayan surgido de campos académicos diferentes, juntos brindan un impulso efectivo para la innovación en las organizaciones. Mientras el TRL lleva a cabo una valoración objetiva del progreso tecnológico de cualquier proyecto, el Design Thinking favorece la perspectiva humana, poniendo el enfoque en las necesidades y experiencias de los usuarios. Este documento analiza cómo estas dos metodologías son implementadas en múltiples industrias, tales como la salud, la energía y la tecnología, y cómo contribuyen a la generación de innovaciones y soluciones exitosas.

A continuación, se muestra la revisión sistemática de la literatura realizada en las bases de datos Scopus y Google Scholar utilizando las palabras clave TRL y Design Thinking. Los hallazgos de los estudios destacan la relevancia de incorporar el Design Thinking en las primeras etapas del desarrollo tecnológico, específicamente en niveles bajos del TRL. Esto se hace con el propósito de identificar las necesidades de los usuarios y estimular ideas innovadoras. Además, se resalta la funcionalidad del TRL al evaluar la madurez tecnológica de las propuestas y al manejo de los riesgos inherentes al desarrollo de los proyectos.

### 2.1 TRL (TECHNOLOGY READINESS LEVELS)

El método de TRL fue inicialmente ideado por la NASA en el año 1970 para evaluar la madurez tecnológica en sus proyectos espaciales. , sobre la historia de los TRL Mankins (2009) hace una revisión de los últimos 30 años dado que la exploración espacial se iba dificultando. La NASA entendió que era fundamental estructurar un entorno que permitiera comprender la fase de preparación de una tecnología para su funcionalidad espacial. Este sistema de clasificación tecnológica cubría varias etapas, desde la investigación básica hasta la operación en un entorno real. A medida que pasaban

las décadas, diferentes entidades y sectores descubrieron la utilidad de esta estructura, ajustándola a sus requisitos. Hoy en día, el TRL se aplica en diversas industrias, como la defensa, la medicina, la energía y las telecomunicaciones, entre Olechowski et al., (2020) identifica los desafíos de las implementaciones de TRL en tres categorías: complejidad del sistema, planificación y revisión, y validez de la evaluación.

El propósito del TRL es comprender las mediciones de madurez tecnológica de desempeño, confiabilidad, durabilidad y experiencia operativa en el entorno esperado. Los TRL bajos, o la baja madurez tecnológica, se correlacionan con el riesgo de desarrollo. En general, las tecnologías han demostrado ser más riesgosas en los niveles anteriores de los TRL que en los niveles posteriores (Salazar & Russi-Vigoya, 2021, p. 25).

El TRL ofrece una rápida evaluación del progreso tecnológico y concepto en distintos proyectos, proporcionando un respaldo estructurado sobre la evolución tecnológica, desde la etapa de innovación hasta su distribución, Straub (2015) discute la necesidad de introducir niveles más altos de TRL para indicar operaciones más extendidas de operación, ayudan en la comparación detallada y al descubrimiento de indirectos en distintas facetas de un proyecto, tales como la industria de fabricación, la cadena de suministro, el proceso tecnológico o la logística. Para Sira y Anwar (2020) es en una comprensión diferente de las cuestiones fundamentales, los problemas del usuario, las funciones del producto, el valor estético y la solución de problemas. Conformaron la principal herramienta para la determinación de la dimensión tecnológica variada de distintos sistemas de innovación. Los TRL permiten al equipo de gerencia del proyecto señalar rápidamente la probabilidad de conseguir el objetivo esperado del proyecto.

Los TRL ayudan a mejorar la gestión de riesgos desde las primeras etapas del desarrollo del producto. Al comprender la madurez de la tecnología, los gerentes pueden tener una comprensión adecuada del riesgo potencial y estar mejor preparados para las negociaciones. La comprensión de los diferentes niveles ayuda a facilitar la toma de decisiones sobre acciones de investigación y desarrollo e innovación. (Salazar & Russi-Vigoya, 2021, pp. 25-26).

### 2.1.1 Estructura de los niveles de TRL (Technology Readiness Level)

Los niveles de madurez tecnológica (TRL) constituyen un elemento esencial en el manejo de procesos de innovación. es una escala de nueve niveles. Su alcance abarca desde la investigación básica hasta la implementación comercial. proporcionando una evaluación objetiva del progreso de una tecnología. Los TRL son esenciales para tomar decisiones estratégicas, asignar recursos de manera eficiente, y gestionar riesgos, garantizando así el éxito de los proyectos de desarrollo tecnológico.

TRL 1: Investigación básica: antecedentes teóricos o estudios conceptuales preliminares.

TRL 2: Concepto formulado: diseño y teorización de la

tecnología.

TRL 3: Experimentación crítica: pruebas de laboratorio para confirmar aspectos esenciales de la tecnología.

TRL 4: Validación del componente en entorno de laboratorio: comprobación de elementos en un laboratorio simulado.

TRL 5: Validación del sistema en entorno relevante: ensayos del sistema en un contexto similar al real.

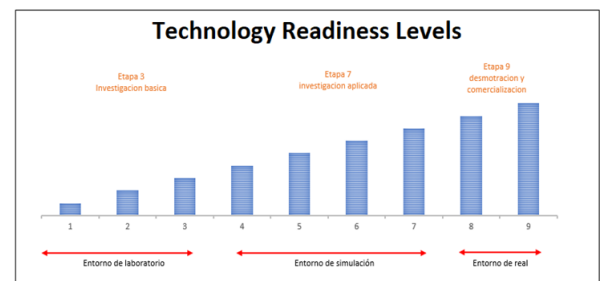
TRL 6: Demostración del sistema en entorno operacional: prueba del sistema en un entorno operativo realista.

TRL 7: Sistema prototipo demostrado en entorno operacional: comprobación funcional del prototipo en un entorno relevante.

TRL 8: Sistema completo y calificado: sistema finalizado y apto para comercialización, con todas las pruebas y certificaciones necesarias.

TRL 9: Sistema en operación: implementación y éxito operativo del sistema a gran escala comercial.

En la **Figura 1** se muestra la escala de Technology readiness levels y los tres entornos y etapas en los que se basa el Technology readiness levels.



**Figura 1.** Niveles de TRL [Gráfica]. Elaborada por el autor basándose en (Macaronesia Digital, 2024)

### 2.2 Design Thinking - DT

El DT (pensamiento de diseño) alcanzó renombre a partir de los años 60 y 70. No obstante, la concepción de centrarse en el usuario en el diseño tiene su origen en una fecha más anticipada. Herbert Simón, figura destacada en la administración, definió la esencia de dicho enfoque en su libro “The Sciences of the Artificial”, publicado en 1969. Herbert Simón postuló que el diseño es un método de abordaje de problemas, en donde los profesionales deben comprender las necesidades de los usuarios y proponer soluciones, por una parte, prácticas y por otra agradables. Estas convicciones resultaron siendo cruciales para el desarrollo del DT que se conoce hoy.

El Design Thinking es una manera de resolver problemas reduciendo riesgos y aumentando las posibilidades de éxito. Empieza centrándose en las necesidades humanas y a partir de ahí, observa, crea prototipos y los prueba, consigue conectar conocimientos de diversas disciplinas (psicología, sociología, marketing, ingeniería...) para llegar a una solución humanamente deseable, técnicamente viable y económicamente rentable (Ortega & Ceballos, 2015, p. 17).

De Villiers (2022) indica que el DT es un proceso centrado

en el ser humano que ayudará a diseñadores, innovadores, emprendedores y ejecutivos de negocios a resolver sistemáticamente problemas complejos, no solo en el diseño de productos y procesos comerciales, sistemas y otros problemas organizacionales difíciles. El enfoque centrado en el ser humano del DT es vital porque incentiva a resolver problemas de una manera enfocada en el usuario. Acompaña a identificar genuinamente las necesidades del usuario y a producir ideas innovadoras y efectivas. El fomento de la creatividad, la colaboración y las iteraciones, hace que este método nos ayude a crear productos y servicios que acertadamente satisfacen las demandas del mercado. Sin duda, su enfoque iterativo y empático contribuyen a disminuir el riesgo de fracasar al verificar constantemente las sugerencias de los usuarios finales. En conclusión, el DT es crítico para impulsar la innovación y la resolución de problemas de manera efectiva y eficiente.

Trabajar con el pensamiento de diseño, supone, trabajar con el usuario, recopilando información que el maneja, ideando y diseñando prototipos que ofrezcan las mejores soluciones al problema para luego testearlas. Debemos involucrar a toda la organización para que los tres elementos confluyan y podamos innovar en la experiencia (Ortega & Ceballos, 2015, p. 61).

### 2.2.1. Fases del Design Thinking

El Design Thinking es un método iterativo destinado para crear soluciones innovadoras. Esta táctica conjuga un amplio entendimiento del usuario y se organiza en cinco etapas secuenciales: la etapa de empatizar, la de definir, la de idear, la de prototipar y la de testear. Todas estas etapas contribuyen singularmente a la fase de diseño y desarrollo de productos o servicios.

Fase 1: Empatizar: Entender las necesidades y problemas del usuario.

Fase 2: Definir: Clarificar el problema que se quiere abordar.

Fase 3: Idear: Generar ideas creativas para afrontar el problema.

Fase 4: Prototipar: Crear prototipos para testear y perfeccionar las soluciones.

Fase 5: Testear: Probar los prototipos ante usuarios reales, para recoger y utilizar su retroalimentación para la mejora continua.

La **figura 2** muestra las 5 etapas del Design Thinking y las tres etapas en las que se desarrolla el Design Thinking.

En total, 31 documentos cumplieron con el criterio de búsqueda del período de publicación de 2018-2023 (Ver Tabla 2).

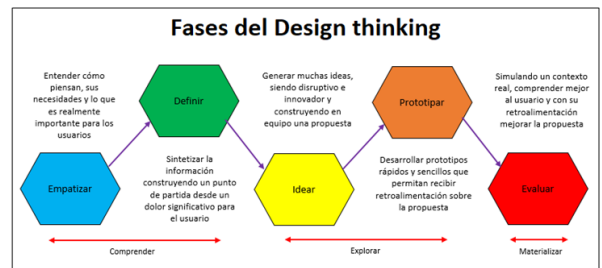
### 3. Casos de uso de TRL y DT

A continuación, se relacionan un conjunto de casos exitosos de uso de TRL y DT, identificados en la web.

#### 3.1. Ejemplos de utilización de TRL que obtuvieron resultados positivos

##### Caso 1. El sector de la salud: la vacuna contra el COVID-19

El sector de la salud se ha visto enormemente beneficiado



**Figura 2.** 5 fases del Design Thinking. [Gráfica]. Elaborada por el autor con base en Bferandois (2021)

por la implementación de TRL. Este método proporciona una escala que muestra la madurez de una tecnología en su desarrollo. Por ejemplo, si se examina la creación de un nuevo medicamento, el nivel TRL 1 estaría asignado a la investigación sobre los mecanismos biológicos de la enfermedad. Para las fases de ensayos preclínicos y clínicos avanzadas, estas se considerarían en niveles superiores de TRL que bien podrían ser TRL 2, 3 o 4. Para el caso del desarrollo de las diversas vacunas contra el COVID-19, el desarrollo de las diversas vacunas se dio de la siguiente manera: el nivel de investigación inicial (TRL 1) sobre el virus y la identificación de antígenos (TRL 2) avanzó rápidamente a través de ensayos preclínicos y ensayos clínicos (TRL 3 a TRL 6), finalizando en la aprobación y distribución comercial (TRL 8 y TRL 9). El uso de TRL en este contexto asegura la evaluación exhaustiva y precisa de cada fase del desarrollo de la vacuna, logrando no solo su eficacia sino también su seguridad para su uso en la población.

La vacuna de Pfizer, en conjunto con BioNTech, ha evidenciado una alta eficacia en la prevención del COVID-19. Esta vacuna emplea tecnología de ARN mensajero, se considera una innovación revolucionaria para el mundo de la inmunización. Los datos clínicos reflejan que la vacuna de Pfizer logra una eficacia superior al 90%, situándola entre las mejores opciones en el mercado actual. Gracias a su rápida aprobación y distribución mundial, y es la primera vacuna contra COVID-19 que cuenta con la autorización del (FDA).

Hasta ahora la vacuna fabricada por Pfizer/BioNTech tenía aprobación para uso de emergencia. Con esta decisión, entregada por la Administración de Medicamentos y Alimentos de Estados Unidos (FDA), se convierte en la primera contra el COVID-19 en recibir aprobación completa (El Espectador, 23 de agosto del 2021, párr. 1).

##### Caso 2. El sector de las energías renovables: baterías de litio y de estado sólido

El sector de las energías renovables ha registrado un notable ascenso en la implementación de TRL para evaluar tecnologías emergentes, incluyendo la energía solar, eólica y otras fuentes sostenibles. El almacenamiento energético, especialmente las baterías, es un campo muy importante donde los TRL desempeñan un papel esencial. El desarrollo de baterías de litio y tecnologías recientes como las baterías de estado sólido requieren una evaluación a través de los distintos escalones de

TRL. En este proceso, el desarrollo de prototipos de baterías (TRL 6) sigue unas rigurosas pruebas de laboratorio (TRL 4 y TRL 5) y precede a la validación comercial (TRL 8). Estos TRL permiten a los creadores identificar problemas técnicos y hacer las modificaciones necesarias, al tiempo que evitan grandes inversiones para la producción en masa.

No obstante, lo anterior, hay muchos otros trabajos más incipientes de tecnología para baterías de carros eléctricos. Por ejemplo. Las baterías de iones de sodio, como alternativa a las baterías de iones de litio, utilizan sodio en lugar de litio para ser más accesibles y abundantes. Aun así, presentan una menor densidad de energía, pero ofrecen mayor seguridad y reducen la posibilidad de sobrecalentamiento. Actualmente, se están estudiando para su uso en el almacenamiento de energía en grandes escalas, destacándose su potencial para impulsar sistemas de energía renovable y redes eléctricas.

Un compuesto que podría tener resultados factibles, siempre que evolucione acorde a las expectativas, es el sodio. Es cierto es que ahora mismo no son capaces de competir en densidad energética con las de litio y eso hace que su hándicap sea el peso, pero la investigación y los avances en la materia podrían hacer que las baterías de iones de sodio o SIB tengan un futuro prometedor (Leal, 22 de marzo del 2024, párr. 2).

### **Caso 3. El sector de la tecnología digital: implementación de inteligencia artificial**

La inteligencia artificial es un campo donde los TRL resultan fundamentales. Por ejemplo, el desarrollo de algoritmos de aprendizaje automático abarca varias etapas de TRL, desde la investigación básica sobre técnicas de aprendizaje (TRL 1) hasta la implementación de sistemas industriales (TRL 9). Los ensayos en entornos simulados (TRL 6) y la aplicación en contextos reales (TRL 7) son puntos cruciales para el uso de estas tecnologías. La implementación de la inteligencia artificial para pronosticar enfermedades. El avance en los sistemas de diagnósticos basados en la inteligencia artificial siguiendo la trayectoria del método de TRL, abarcando desde la formulación de modelos hipotéticos (TRL 2), hasta la validación en contextos de simulación clínica (TRL 5), finalmente culminando con su incorporación en centros hospitalarios (TRL 9). Este enfoque metodológico garantiza que las aplicaciones de inteligencia artificial sean eficaces y seguros para la atención médica.

Sin embargo, se ha visto la irrupción de OpenIA, con su producto ChatGPT, que, en los dos últimos años, ha presentado al menos tres versiones, provocando una estampida en el mercado, y una carrera por el desarrollo de nuevas propuestas de IA. Los resultados son la respuesta de Google con Gemini, Youchat, ChatSonic, Bloom y Perplexity AI, dado que el avance de la inteligencia artificial se está desarrollando en todos los sectores como el sector médico, educativo y laboral.

En los últimos diez años, la inteligencia artificial ha experimentado un crecimiento vertiginoso, que ha dado lugar a avances significativos en replicar la

inteligencia humana en las máquinas. Estos avances no son meras especulaciones futuristas, sino que ya han demostrado resultados tangibles en la práctica. Ejemplo de ello son los asistentes virtuales en los teléfonos inteligentes, el diagnóstico y tratamiento de enfermedades a través del análisis de imágenes médicas, y el conocido ChatGPT, utilizado para mejorar la eficiencia laboral y optimizar los tiempos de trabajo. (Universidad de los Andes Colombia, sin fecha, párr. 1).

### **3.2 Ejemplos de aplicación de Design Thinking que obtuvieron resultados positivos**

#### **Caso 4. El sector de la salud: gestión de citas médicas**

La Clínica Mayo implementó el DT en varios sectores de su estructura, tanto en el desarrollo de nuevos servicios como en la mejora de los procedimientos internos. Al poner en marcha un enfoque humano, la Clínica Mayo pudo abordar acertadamente los obstáculos y oportunidades en el ámbito de la medicina. Además, el DT estimuló la cooperación multidisciplinaria dentro del organismo, permitiendo a los profesionales de diferentes campos colaborar para idear soluciones innovadoras y centradas en el paciente. Este método ha tenido un impacto significativo en la reputación de excelencia de la Clínica Mayo y en su capacidad para ofrecer una atención de alta calidad y centrada en el paciente.

La Clínica Mayo trabaja activamente con la metodología del Design Thinking, por lo que en 2008 decidieron crear el Centro para la Innovación (CFI), actuando como un puente entre el Design Thinking y la práctica de la medicina. El CFI tiene un laboratorio en sus propias instalaciones donde realizan observaciones, entrevistas e investigación con pacientes, familiares y usuarios (Seoane, 2016, párr. 4).

Comenzaron identificando fallas como la escasez de información y largos tiempos de espera, el equipo siguió con la etapa de ideación, proponiendo distintas soluciones para optimizar el procedimiento. Luego, desarrollaron prototipos de nuevas herramientas de comunicación y un sistema de administración de citas, que simplificaban la experiencia del paciente. Una vez que se pusieron en práctica estas modificaciones, se vio un incremento en la satisfacción del paciente y disminución notable en las cancelaciones de citas.

Es un entorno sencillo a través de una aplicación móvil para pacientes y visitantes de clínica Mayo. Esta aplicación ayuda a las personas a encontrar información, itinerarios y tiempos de permanencia de las actividades dentro y fuera de la clínica y recibir información centrada en el paciente relacionado con mensajes, educación y citas (Seoane, 2016, párr. 11).

#### **Caso 5. El sector del transporte: transporte público**

Uber ha aprovechado el DT para detectar y abordar desafíos de manera innovadora en su operación. Siendo conscientes de las demandas de los clientes y los conductores, Uber ha incorporado soluciones creativas para mejorar su experiencia.

Haciendo uso del pensamiento de diseño, Uber ha podido realizar pruebas rápidas en sus servicios, ajustándose a las demandas cambiantes del mercado y manteniendo su posición relevante en la industria del transporte.

Además, el diseño de Uber se extiende a características como protocolos de seguridad, seguimiento en tiempo real y opciones de pago sencillas, que en conjunto contribuyen a un servicio fácil de usar, confiable y eficiente. Este enfoque de diseño holístico y centrado en el usuario no solo ha resuelto desafíos prácticos de transporte, sino que también ha redefinido la estructura misma de la movilidad urbana, convirtiendo a Uber en una herramienta indispensable en la vida diaria (Mayka, 2024, párr. 23).

Uber ha utilizado el DT en varios sectores de su actividad empresarial, incluyendo el desarrollo de la aplicación móvil y la experiencia del usuario, así como la mejora de los servicios de transporte compartido. Se centra en satisfacer las necesidades de los clientes al trabajar en conjunto con ellos, permitiéndole identificar oportunidades de mejora y crear soluciones innovadoras que han cambiado la forma en que las personas se mueven en las ciudades.

Uber revolucionó la industria del transporte al conectar pasajeros con conductores a través de una aplicación móvil. Utilizando el Design Thinking, Uber se centró en crear una experiencia de usuario fluida y conveniente. Desde la facilidad para solicitar un viaje hasta la transparencia en los costos y el seguimiento en tiempo real del vehículo, cada aspecto del servicio fue diseñado para satisfacer las necesidades de los usuarios de manera eficiente (Altimira, 2024, párr. 10).

#### **Caso 6. Sector financiero: accesibilidad de su sitio web**

BBVA ha adoptado el DT, una técnica de innovación, como parte integral de su estrategia empresarial para impulsar la transformación digital y centrarse en las necesidades de sus clientes. Esta práctica les permitió crear productos y servicios que se ajusten a las demandas del mercado, al enfocarse en el entendimiento y la colaboración entre disciplinas y en el rápido experimentar para resolver problemas de forma creativa y efectiva. Integrar el DT en sus operaciones ayudó a fortalecer su posición como líder en el ámbito financiero.

El equipo de BBVA utilizó el Design Thinking para empatizar con los usuarios, comprendiendo sus necesidades y frustraciones con respecto a la banca en línea. A través de la colaboración interdisciplinaria, idearon una aplicación que no solo facilitaba las tareas bancarias cotidianas, sino que también ofrecía características innovadoras, como la capacidad de personalizar la experiencia del usuario y acceder a asesoramiento financiero en tiempo real (Otero, 2023, párr. 116).

BBVA ha puesto en marcha el enfoque de DT en la creación de sus aplicaciones móviles para incrementar la experiencia del usuario. Este enfoque se centra en conocer las necesidades de los clientes, hacer prototipos y agregar retroalimentación

de forma iterativa, con el fin de crear productos más efectivos y centrados en el usuario. Combinado con estos esfuerzos, el resultado es que las aplicaciones móviles de BBVA han podido innovar y proporcionar funcionalidades que mejor se ajustan a las expectativas y preferencias de sus clientes. Esto resulta en una experiencia de servicio general mejorada y un vínculo más fuerte con los clientes.

Todo empezó en España en el año 2014, cuando el banco quiso desarrollar una nueva aplicación móvil que resolviera más rápido las necesidades de gestión de los clientes. Eso llevó al banco español a formar equipos pequeños y autónomos que trabajaban de una forma muy diferente a como lo venía haciendo la institución. Se trataba de personas con un perfil especializado en diseño UX (experiencia de usuario) que recurrían a las prácticas ágiles y al DT, una metodología centrada en el usuario para ofrecer soluciones innovadoras y creativas, que realmente impacten en la vida de las personas (Malacara, 2021, párr. 3).

#### **4. Revisión de casos de estudio de fracasos en el desarrollo**

A continuación, se muestran un conjunto de mini casos de estudio del desarrollo de productos o tecnologías en las últimas décadas, que han de una forma u otro fracasado por tener tecnologías inmaduras, o por no poder llegar con soluciones bien recibidas por el mercado.

El problema presentado se centra en identificar y analizar casos de fracasos en la creación de nuevos productos observados desde el Technology Readiness Level y Design Thinking. El propósito inicial era identificar elementos fundamentales que sugirieron un resultado negativo. Algunos de estos incluyeron la estructura de la información, la experiencia del usuario, la ponderación en los motores de búsqueda (SEO), el diseño visual y la calidad del contenido producido. Posteriormente se realizó una revisión detallada de las páginas web de los productos/empresas que experimentaron una mala recepción en el mercado o críticas por la calidad o desempeño de los productos. El análisis de estos casos se sistematizó en forma de tablas para explicitar la empresa, el producto, el posible fallo detectado, y finalmente una aproximación de cual pudo ser el fracaso en el uso del TRL.

##### **4.1. Casos de TRL que obtuvieron resultados negativos**

#### **Caso 7. Proyectos de vehículos autónomos en el TRL 8**

Los vehículos autónomos han pasado por un progreso significativo, pero muchas compañías han lanzado sus proyectos bajo la premisa de que estaban listos en TRL 8. Sin embargo, la realidad fue muy diferente. Incidentes de accidentes y problemas de seguridad pública surgieron casi inmediatamente después de la implementación en el mundo real. A pesar de que las pruebas habían demostrado un funcionamiento aceptable en condiciones controladas, la complejidad y la imprevisibilidad del entorno urbano resultaron ser más desafiantes de lo anticipado.

Los retos a los cuales están expuestos este tipo de implementaciones experimentan unas necesidades

sociales, técnicas y de adaptación. Si se piensa, podría estarse ante una nueva idea de prolongación del usuario, como ha ocurrido con los teléfonos inteligentes. El piloto deseará encontrar una herramienta que facilite el ejercicio de trabajos, pero a la vez que cumpla estándares ecológicos, que sea comfortable y seguro. Otro factor será la conectividad, pues es apenas razonable pensar que el vehículo autónomo se convertirá en un dispositivo más, si bien el vehículo ya es concebido como una necesidad, es de esperarse que las funcionalidades del vehículo autónomo sean accesibles por conexión (Londoño, 2023, p. 29).

En la **Tabla 1** se presenta una evaluación inicial de los defectos potenciales detectados en el sistema Autopilot de Tesla, vinculándolos con los respectivos grados de madurez tecnológica (TRL).

**Caso 8. La Red 5G y el TRL 9**

La implementación de la tecnología 5G ha sido una de las más esperadas en el ámbito de las telecomunicaciones. Aunque muchos operadores han afirmado haber alcanzado el TRL 9, las dificultades operativas han demostrado que las expectativas a menudo superan la realidad. Problemas relacionados con la cobertura, la compatibilidad con dispositivos más antiguos y los costos de infraestructura han hecho que la introducción de la 5G no sea tan efectiva como se había pronosticado. Estos fallos han llevado a una percepción global negativa de la fiabilidad del 5G, impactando tanto a consumidores como a empresas.

Por otro lado, el país debe tener en cuenta los problemas identificados en otros países de la región, por ejemplo, México, que en su puesta en marcha 5G se encuentran restricciones regulatorias referentes a concesiones únicas que generan dificultades en lo referido a esquemas de acceso dinámico y uso compartido del espectro, aumentando dificultades en el tema de cobertura (Moreno, 2022, p. 48).

La **Tabla 2** presenta una evaluación inicial de los defectos potenciales detectados en el sistema de Red de quinta generación, vinculándolos con los respectivos grados de madurez tecnológica (TRL).

**Caso 9. La tecnología de baterías de sodio y el TRL 3**

Un caso emblemático de fracaso en la etapa de investigación es el desarrollo de baterías de sodio. En un intento por encontrar alternativas a las baterías de litio, algunos investigadores centraron sus esfuerzos en el sodio, un elemento más abundante y menos costoso. Sin embargo, al escalar la investigación a un nivel más avanzado (TRL 3), se descubrieron problemas fundamentales en cuanto a la conductividad y la durabilidad del material. A pesar del interés inicial y las inversiones significativas, las limitaciones inherentes a la tecnología no permitieron su progreso hacia un nivel más alto.

**Tabla 1.** Posibles fallos y niveles TRL en el Autopilot de Tesla

Nota: con base en Londoño (2023).

Empresa	Producto	Posible fallo identificado	Error en la aplicación del TRL
Tesla	Auto autónomo (Tesla Autopilot)	Problemas con hardware o sensores: si alguno de los sensores, como cámaras o radares, funciona erráticamente o se está obstruyendo, podría ocurrir fallos en el sistema Autopilot debido a la información inexacta que recibe. • Vía inadecuada: marcados del carril oscuros, señales de tráfico dañadas o ausentes y áreas de construcción en la carretera pueden desorientar al sistema Autopilot y generar situaciones inesperadas. • Clima adverso: el Autopilot de Tesla puede verse afectado por climas extremos, como nubes densas, intensas lluvias o nieve, lo que dificulta la identificación de los obstáculos para el sistema.	• TRL 7: Sistema prototipo demostrado en entorno operacional: comprobación funcional del prototipo en un entorno relevante. • TRL 8: Sistema completo y calificado: sistema finalizado y apto para comercialización, con todas las pruebas y certificaciones necesarias.

Sin embargo, a pesar de sus ventajas, las baterías de sodio también presentan desafíos técnicos que deben superarse. Por ejemplo, el sodio tiende a formar dendritas (cristales alargados) durante los ciclos de carga y descarga, lo que puede provocar cortocircuitos y disminuir la vida útil de la batería. Asimismo, las baterías de sodio todavía se encuentran en etapas de investigación y desarrollo, por lo que no son tan comunes ni maduras como las baterías de iones de litio en términos de tecnología y disponibilidad comercial (Mecalux, 2023, párr. 8).

La **Tabla 3** presenta una evaluación inicial de los defectos potenciales detectados en el sistema de Baterías de iones de sodio, vinculándolos con los respectivos grados de madurez tecnológica (TRL).

**4.2. Casos de Design thinking que obtuvieron resultados negativos**

**Caso 10. El caso de Nissan y el modelo Leaf**

Nissan es una de las marcas de coches mejor conocidas y admiradas en todo el mundo. Se fundó en 1933 y ha alcanzado una posición importante en la industria de los vehículos, no sólo en Japón, donde tiene su sede, sino también en el mercado internacional. En los años, Nissan ha mudado, ajustándose a las tendencias del mercado, innovando con tecnología y sostenibilidad, y superando desafíos económicos y competitivos. Este documento deseado va a examinar el pasado, la evolución, los eventos notables y la influencia de Nissan en la industria automovilística mundial.

**Tabla 2.** Posibles fallos y niveles TRL en la Red de quinta generación

Empresa	Producto	Posible fallo identificado	Error en la aplicación del TRL
Huawei	Red de quinta generación (5G)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Despliegue de infraestructuras: el desarrollo de la infraestructura requerida para las redes 5G, incluyendo antenas y torres de transmisión, puede ser complicado y costoso. Además, puede elevar preocupaciones sobre la salud y el medioambiente.</li> <li>Problemas de compatibilidad: los dispositivos más antiguos pueden no ser compatibles con las redes 5G, lo que limita su adopción. Esto puede crear un desigual acceso a la red 5G.</li> <li>Interferencia y cobertura reducida: las altas frecuencias utilizadas en las redes 5G pueden ocasionar interferencias y limitar la cobertura en comparación con las redes 4G, lo que puede llevar a deficiencias de servicio en ciertas áreas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TRL 7: Sistema prototipo demostrado en entorno operacional: comprobación funcional del prototipo en un entorno relevante.</li> <li>TRL 8: Sistema completo y calificado: sistema finalizado y apto para comercialización, con todas las pruebas y certificaciones necesarias.</li> </ul>

Nota: con base en Moreno (2022).

**4.2. Casos de Design thinking que obtuvieron resultados negativos**

**Caso 10. El caso de Nissan y el modelo Leaf**

Nissan es una de las marcas de coches mejor conocidas y admiradas en todo el mundo. Se fundó en 1933 y ha alcanzado una posición importante en la industria de los vehículos, no sólo en Japón, donde tiene su sede, sino también en el mercado internacional. En los años, Nissan ha mudado, ajustándose a las tendencias del mercado, innovando con tecnología y sostenibilidad, y superando desafíos económicos y competitivos. Este documento deseado va a examinar el pasado, la evolución, los eventos notables y la influencia de Nissan en la industria automovilística mundial.

El Nissan Leaf es un vehículo eléctrico compacto creado por la empresa japonesa. Este modelo eléctrico ofrece un diseño novedoso y eficiente, la autonomía difiere en función del modelo y la generación, además, es un auto sin emisiones. Como un vehículo totalmente eléctrico, no provoca contaminación. Adicionalmente, está equipado con avances tecnológicos, como sistemas de asistencia a la conducción y conectividad avanzada

El Nissan LEAF ha sido uno de los coches eléctricos más exitosos de la historia. Un pionero que ha sido arrollado por la evolución y la competencia, y que

además arrastra una serie de errores de fabricación que le han perjudicado. Pero, aunque muchos puedan pensar que la batería es su único problema, esto también se puede extender a las dificultades para realizar recargas rápidas repetidas, por ejemplo, en un viaje, a lo que se suman fallos extraños como el que sufre este propietario (Noya, 2021, párr. 1).

**Tabla 3.** Posibles fallos y niveles TRL en las Baterías de iones de sodio

Empresa	Producto	Posible fallo identificado	Error en la aplicación del TRL
Enelvenue	Batería de iones de sodio	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrosión de electrodos: la corrosión de los electrodos de la batería de sodio puede disminuir su capacidad y eficacia.</li> <li>Sobrecalentamiento: si la batería se sobrecarga o se descarga de forma rápida, puede originarse un sobrecalentamiento, situación potencialmente peligrosa y que puede resultar en incendio.</li> <li>Capacidad reducida: al transcurso del tiempo, las baterías de sodio pueden mostrar una disminución en su capacidad para almacenar energía, lo cual implica un funcionamiento menos eficaz.</li> </ul>	<p>TRL 3: Experimentación crítica: pruebas de laboratorio para confirmar aspectos esenciales de la tecnología.</p> <p>TRL 4: Validación del componente en entorno de laboratorio: comprobación de elementos en un laboratorio simulado.</p> <p>TRL 5: Validación del sistema en entorno relevante: ensayos del sistema en un contexto similar al real</p>

Nota: con base en Mecalux (2023).

Aunque se realizó una considerable investigación sobre la sostenibilidad y la electricidad, el equipo de diseño no logró anticipar completamente las preocupaciones de los consumidores en cuanto a la autonomía del vehículo. La batería de iones de litio del Leaf tiene una mayor degradación de lo imaginado, especialmente en ambientes cálidos. Han surgido problemas con el sistema de carga, incluyendo puntos de conexión problemáticos y complicaciones con el cargador integrado a bordo.

Los retos tecnológicos más importantes que enfrenta actualmente vehículos de propulsión eléctrica son el costo y el rendimiento de sus componentes, en particular la de la batería. El precio por kilovatio hora utilizable de una batería de iones de litio oscila entre USD 500 a 650 y por lo tanto hace que una gran parte del coste de un vehículo esté en función del tamaño de la batería (Montenegro & Torra, 2015, p. 43).

La **Tabla 4** presenta una evaluación donde se exponen los potenciales fallos del Nissan Leaf, evaluados bajo la lente del Design Thinking.

**Caso 11. El caso de Facebook y su plataforma para empresas**

Desde 2004, Facebook modificó significativamente cómo las personas se comunican, comparten y establecen relaciones en todo el mundo. Al principio diseñado como una red social para



estudiantes de Harvard, creció rápidamente para convertirse en una de las plataformas más influyentes y usadas a nivel global, con más de dos mil millones de usuarios activos mensuales. Esta expansión generó una gama de discusiones y análisis sobre su impacto social, político y económico, y su rol en la configuración de las interacciones humanas en la era digital.

**Tabla 4** Posibles Fallos y Errores en el Diseño del Nissan Leaf

Empresa	Producto	Posible fallo identificado	Error en la aplicación del Design thinking
Nissan	Auto eléctrico Nissan Leaf	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas con la batería: puede experimentar una pérdida de capacidad de la batería con el tiempo, lo que afecta la autonomía del vehículo.</li> <li>• Problemas de carga: pueden surgir problemas al intentar cargar el vehículo, desde problemas con los puertos de carga hasta fallas en el cable de carga.</li> <li>• Posibles problemas con el sistema de gestión térmica de la batería: los propietarios han reportado problemas relacionados con el enfriamiento y la gestión de la temperatura de la batería, lo que puede afectar su rendimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de empatía con los usuarios: no tener un completo entendimiento de las necesidades y esperanzas de los clientes al crear el vehículo eléctrico, lo que podría ser resultado de características inapropiadas o poco agradables.</li> <li>• Enfoque excesivo en el diseño estético: priorizar la apariencia del vehículo sobre su funcionalidad y la experiencia del usuario, lo que podría resultar en un producto poco práctico.</li> </ul>

**Nota:** con base en Montenegro & Torra (2015).

Cuando Facebook introdujo su plataforma para empresas, las expectativas estaban muy elevadas. Las marcas tenían la posibilidad de establecer perfiles, contactar directamente con sus clientes y emplear herramientas de segmentación sofisticadas para dirigir su publicidad a audiencias definidas. El formato de negocio se apoyaba en la idea de que, al proporcionar a las empresas acceso a datos de demografía y comportamiento, podrían perfeccionar sus campañas publicitarias y, en consecuencia, aumentar sus ventas y alcance.

Facebook es bastante limitado desde el punto de vista del diseño. Tu información aparece como ellos quieren, dejándote solo con un cuadrado con la foto de perfil y una imagen de encabezado para distinguir tu marca. Todo lo demás en la página es estándar para la marca de Facebook. No hay posibilidades de colores o fuentes personalizados para que coincidan con tu marca existente (LAB Digital Creative, 2019, párr. 5).

A pesar de que se realizaron estudios y se recolectó información sobre lo que las empresas necesitaban, el resultado final fue una herramienta complicada que no cumplía con las expectativas de sus usuarios. La desconexión entre el desarrollo del producto y las necesidades reales del mercado resultó en una aceptación deficiente y críticas

constantes y problemas con la privacidad de datos.

Las redes sociales no son un sustituto perfecto del marketing tradicional ni tampoco una solución universal. Los especialistas en marketing pueden utilizar las redes sociales de forma eficaz llevando su mensaje directamente a los consumidores y centrándose en los objetivos tradicionales. En este proceso, deben reconocer las distinciones en los elementos de la combinación de redes sociales y actuar de acuerdo con los objetivos de marketing (Weinberg & Pehlivan, 2011, párr. 8).

La **Tabla 5** presenta una evaluación donde se exponen los potenciales fallos de la plataforma para empresas para facebook, evaluados bajo la lente del Design Thinking.

**Caso 12. Apple e iPhone 5c**

Apple Inc. se ha posicionado como un líder global en tecnología, alterando no solo la interacción con los dispositivos electrónicos, sino también nuestra percepción de las marcas y la experiencia del consumidor. Esta empresa, fundada en 1976 por Steve Jobs, Steve Wozniak y Ronald Wayne, ha evolucionado desde un pequeño fabricante de computadoras hasta volverse un coloso tecnológico que ofrece una amplia gama de productos y servicios.

El iPhone 5c no economizó en capacidades técnicas. Dotado con el procesador A6, idéntico al usado en el iPhone 5, ofrecía un rendimiento suave y eficiente. Aunque no era el modelo más poderoso entonces, la combinación del A6 con 1 GB de RAM permitía el manejo fluido de la mayoría de las aplicaciones y juegos del App Store. La pantalla del iPhone 5c mide 4 pulgadas, con una resolución de 1136 x 640 píxeles, proporcionando una experiencia visual aceptable, aunque ligeramente por debajo de los estándares actuales. La cámara trasera con 8 megapíxeles y la frontal de 1.2 megapíxeles cumplían con los estándares de la época para la fotografía y videollamadas, aunque no alcanzaban las destrezas de las versiones más recientes.

Estaba llamado a ser el iPhone barato. Qué ilusos fuimos. El iPhone 5c simplemente fue un refrito del iPhone 5 con el plástico como protagonista que además carecía de todo lo que destacaba al iPhone 5s con el que compartió lanzamiento. Su procesador era el A6, no disponía de Touch ID, carecía de ese acabado en aluminio que era destacado en el iPhone 5 y no tenía por ejemplo grabación de video a cámara lenta. Y aun así Apple lo vendía a 599 euros (Pastor, 2015, párr. 1).

La falta de innovación en las características del iPhone 5c, en comparación con sus competidores, minimizó su atractivo. El esfuerzo de reducción de costos de la compañía incluyó compromisos en ciertas prestaciones técnicas. Por ejemplo, la cámara del iPhone 5c no superaba en calidad a las de otros modelos del mismo rango de precios, como el iPhone 5 y sus competidores. Esto llevó a los consumidores a cuestionar la conveniencia de optar por un dispositivo con características no sustancialmente mejoradas respecto a sus modelos anteriores y la competencia, a pesar de su asequibilidad.

**Tabla 5.** Posibles Fallos y Errores en el Diseño de la plataforma para empresas para Facebook

Empresa	Producto	Posible fallo identificado	Error en la aplicación del Design thinking
Facebook	Plataforma para empresas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Errores de carga de contenido: a veces, la plataforma puede experimentar dificultades para cargar contenido, lo que afectaría la experiencia del usuario y la capacidad de publicar o ver publicaciones.</li> <li>• Fallos en la publicación de contenido: los usuarios pueden encontrarse con problemas al intentar publicar contenido en sus páginas de empresa, como errores al cargar imágenes o videos.</li> <li>• Problemas con la funcionalidad de las herramientas de análisis: las herramientas de análisis proporcionadas por Facebook para empresas pueden experimentar fallos, lo que dificultaría el seguimiento del rendimiento de las publicaciones y campañas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de empatía con los usuarios: no tener un completo entendimiento de las necesidades y esperanzas de los clientes al crear el vehículo eléctrico, lo que podría ser resultado de características inapropiadas o poco agradables.</li> <li>• Enfoque excesivo en el diseño estético: priorizar la apariencia del vehículo sobre su funcionalidad y la experiencia del usuario, lo que podría resultar en un producto poco práctico.</li> </ul>

Nota: con base en Velásquez et al. (2019).

La plataforma o sistema operativo móvil es el encargado de manejar, controlar y gestionar todo lo relacionado con los recursos de hardware de un dispositivo móvil. Esto trae consigo grandes retos para los fabricantes y desarrolladores, pues deben optimizar la gestión de procesos, el manejo de memoria principal y secundaria y la gestión de archivos, sin sacrificar el rendimiento y la seguridad (Velásquez et al., 2019, p. 45).

La **Tabla 6** presenta una evaluación donde se exponen los potenciales fallos del iPhone 5C, evaluados bajo la lente del Design Thinking.

### 5. Aportes a la educación

Los casos de estudio planteados permiten exponer la necesidad de utilizar múltiples herramientas cada día más sofisticadas para mejorar no solo el desempeño tecnológico de los productos, sino su aceptación en el mercado, a fin de acortar el tiempo de desarrollo y reducir las posibilidades de fracaso empresarial.

Desde el punto de vista de educación en ingeniería el presente trabajo es muy interesante puesto a nivel de semillero de investigación, ya que responde a un esfuerzo de sistematización de un trabajo de investigación involucrando a profesores y estudiantes de pregrado. Sin embargo, tiene como limitación principal estar circunscrito exclusivamente a fuentes secundarias.

**Tabla 6.** Posibles fallos y errores en el diseño de iPhone 5C

Empresa	Producto	Posible fallo identificado	Error en la aplicación del Design thinking
Apple	iphone 5c	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas de batería: la batería puede degradarse con el tiempo, lo que puede resultar en una duración de la batería reducida o problemas de carga.</li> <li>• Problemas de rendimiento: lentitud del sistema, aplicaciones que se cierran inesperadamente o congelamientos del dispositivo.</li> <li>• Problemas de cámara: problemas con la cámara, como enfoque automático que no funciona, problemas de enfoque o errores al abrir la aplicación de la cámara.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de empatía con el usuario: se ignoró la comprensión precisa de las necesidades y preferencias del usuario al diseñar el iPhone 5c, introduce características o decisiones de diseño no beneficiosas para el público objetivo.</li> <li>• Deficiencias en etapa de ideación: falta de ideas innovadoras y creativas en la etapa de ideación resultó en un diseño del iPhone 5c sin originalidad y sin diferenciación en el mercado.</li> <li>• Desafíos en la fase de prototipado y prueba: si los prototipos del iPhone 5c no se sometieron adecuadamente a las pruebas con usuarios, es probable que algunos problemas de uso o funcionalidad no se identificaran a tiempo, lo que podría haber disminuido la experiencia de uso final.</li> </ul>

Nota: con base en Velásquez et al. (2019).

El artículo expone por un lado dos elementos de carácter técnico como son los TRL y el Design Thinking, y por el otro el fracaso como parte del desarrollo de productos y empresas, que en otras corrientes de estudio en educación se encuentra asociado a las habilidades socio emocionales que son objeto de estudio reciente en la formación universitaria (Rueda et al; 2023).

Estudiar, analizar y sistematizar estos casos es muy útil para los estudiantes que desean enfocarse en el emprendimiento de proyectos o empresas o bien buscar trabajar en el desarrollo tecnológico como ingenieros.

### Conclusiones

Este estudio señala que el uso incorrecto del TRL (Resultado de la Técnica de Evaluación de Desarrollo Técnico) y el DT (Design Thinking) que puede dar como resultado fracasos notables en el desarrollo de productos tecnológicos. Los fallos frecuentes abarcan evaluaciones insuficientes en las etapas avanzadas del TRL y una implementación poco empática del DT. Estas brechas resultan en tecnologías no maduras y productos que no cumplen las necesidades del mercado de manera satisfactoria.

La combinación adecuada de ambas estrategias disminuye los peligros y eleva la posibilidad de éxito en futuros proyectos. Esto requiere fortalecer las evaluaciones técnicas, promover una comprensión más allá de las especulaciones del usuario y fomentar iteraciones continuas basadas en críticas. Como resultado, se alcanzan innovaciones sostenibles y alineadas con las necesidades del mercado.

Finalmente, se sugiere que las organizaciones e investigadores utilicen los descubrimientos de este estudio para perfeccionar

sus tácticas y asegurar el éxito en el progreso tecnológico, lo que contribuirá al avance y al mantenimiento de la innovación.

### Contribuciones de autoría

**Eduardo Vargas:** conceptualización, análisis, desarrollo del proyecto, escritura inicial.

**Daniel Rocha:** conceptualización, curación, análisis, metodología, desarrollo del proyecto, recursos, supervisión, validación, escritura inicial, escritura final.

**Astrid Jaime:** desarrollo del proyecto, recursos, supervisión, validación, escritura final.

## Referencias

- Altimira, J. (2024, julio 22). Design Thinking. Upbizar. <https://www.upbizar.com/ecosistema-empresarial/design-thinking>
- Bfernandois. (2024, febrero 07). 5 fases del Design Thinking: Innovación en práctica. Fusiona. <https://fusiona.cl/blog/ux/5-esenciales-del-design-thinking/>
- De Aldecoa Quintana, J. M. I. (2014). Niveles de madurez tecnológica: Technology readiness levels: TRLS : una introducción. *Economía industrial*, 393, 165-171. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4860497>
- de Villiers, R. (2022). Design Thinking as a Problem-Solving Tool. In *The Handbook of Creativity & Innovation in Business: A Comprehensive Toolkit of Theory and Practice for Developing Creative Thinking Skills* (pp. 223-242). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Macaronesia Digital. (2024, marzo 21). Escala TRL en innovación. Macaronesia Digital <https://macaronesiadigital.com/trl/>
- El Espectador. (2021, agosto 23). Vacuna de Pfizer contra el coronavirus recibe aprobación completa de la FDA. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/salud/vacuna-de-pfizer-contra-el-coronavirus-recibe-aprobacion-completa-de-la-fda/>
- Universidad de los Andes Colombia. (s.f.). Estamos preparados para el auge de la Inteligencia Artificial. Recuperado Noviembre 25, 2024, de <https://www.uniandes.edu.co/es/noticias/estamos-preparados-para-el-auge-de-la-inteligencia-artificial>
- LAB Digital Creative. (2019, febrero 21). Why just a Facebook business page isn't enough. Memphis Web Design and Digital Marketing Agency; LAB Digital Creative. [https://labdigitalcreative-com.translate.google/7-reasons-just-having-a-business-page-on-facebook-is-not-enough-for-your-small-businesses/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sge](https://labdigitalcreative-com.translate.google/7-reasons-just-having-a-business-page-on-facebook-is-not-enough-for-your-small-businesses/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge)
- Leal, R. (2024, marzo 22). Beneficios y retos de las baterías de ion de sodio frente a las de litio en autos eléctricos. Híbridos y Eléctricos. [https://www.hibridosyelectricos.com/coches/son-baterias-sodio-solucion-definitiva-reducir-precio-coches-electricos\\_73394\\_102.html](https://www.hibridosyelectricos.com/coches/son-baterias-sodio-solucion-definitiva-reducir-precio-coches-electricos_73394_102.html)
- Londoño, L. M. (2023). Vehículos autónomos retos de su implementación. [Tesis de la Maestría en Derecho Informático y de las Nuevas Tecnologías] Universidad Externado de Colombia. <https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/09834606-c395-4205-85a5-3d268be79f7a>
- Malacara, N. (2021, febrero 05). El método que cambió la forma en la que BBVA gestiona al talento. *Expansión*. <https://expansion.mx/empresas/2021/02/05/el-metodo-que-cambio-la-forma-en-la-que-bbva-gestiona-al-talento>
- Mankins, J. C. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, 65(9-10), 1216-1223. *Technology readiness assessments: A retrospective - ScienceDirect*
- Mayka, K. (2024, agosto 22). Design thinking examples: How successful companies apply it. Eleken.Co; Eleken. <https://www.eleken.co/blog-posts/design-thinking-examples-five-real-stories>
- Mecalux. (2023, noviembre 17). Baterías de sodio, ¿el camino hacia una logística más sostenible? *Com.Co*. Retrieved December 2, 2024. <https://www.mecalux.com.co/blog/baterias-de-sodio>
- Montenegro, V., & Torra, S. (2015). La Industria del Automóvil y el Medio Ambiente. <http://www.comercioexterior.ub.edu/tesina/tesinasaprobadas/1415/TesinaMontenegroVctor.pdf>
- Moreno, A. G. (2022). Análisis prospectivo de la tecnología 5G en Colombia: Tendencias y desafíos. *PALMA Express*, 33-50. <https://cipres.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/libros/article/view/491>
- Noya, C. N. C. (2021, febrero 15). El curioso caso del Nissan LEAF que pierde el 55% de batería en apenas 2 kilómetros. FCE. <https://forococheelectricos.com/2021/02/caso-nissan-leaf-que-pierde-el-55-de-bateria-en-2-kilometros.html>
- Olechowski, A. L., Eppinger, S. D., Joglekar, N., & Tomaschek, K. (2020). Technology readiness levels: Shortcomings and improvement opportunities. *Systems Engineering*, 23(4), 395-408. <https://doi.org/10.1002/sys.21533>
- Ortega, M. S., & Ceballos, P. B. (2015). Design thinking: Lidera el presente. Crea el futuro. ESIC Editorial.
- Otero, L. C. (2023, octubre 10). Design Thinking para mejorar la experiencia del cliente en empresas financieras. *Openwebinars.net*. <https://openwebinars.net/blog/design-thinking-para-mejorar-la-experiencia-del-cliente-en-empresas-financieras/>
- Pastor, J. (2015, septiembre 11). iPhone 5C, ¿ya no tiene sentido? Xataka.com; Xataka. <https://www.xataka.com/moviles/iphone-5c-ya-no-tiene-sentido>
- Rueda Lizarazo, H., Canós-Darós, L., Cristina Santandreu Mascarell & Guijarro, E. (2023). Competencias socioemocionales de pensamiento crítico y resolución de problemas en la formación universitaria. *PRA*, 23(35), 232-256. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.23.35.2023.232-256>
- Salazar, G., & Russi-Vigoya, M. N. (2021). Technology readiness level as the foundation of human readiness level. *Ergonomics in Design: The Magazine of Human Factors Applications*, 29(4), 25-29. <https://doi.org/10.1177/10648046211020527>
- Seoane, M. S. (2016, Julio 26). Aplicación del Design Thinking en salud. *designthinking.gal | Consultora de innovación y formación | Design Thinking en España; designthinking.gal*. <https://designthinking.gal/casos-de-exito-de-la-aplicacion-del-design-thinking-en-salud/>
- Siran, Z., & Anwar, R. (2020, December). The Theoretical Framework of Design Thinking Behavior Model. In *International Conference of Innovation in Media and Visual Design (IMDES 2020)* (pp. 242-247). Atlantis Press.
- Straub, J. (2015). In search of technology readiness level (TRL) 10. *Aerospace Science and Technology*, 46, 312-320. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2015.07.007>
- Velásquez, S. M., Monsalve Sossa, D. E., Zapata, M. E., Gómez Adasme, M. E., & Ríos, J. P. (2019). Pruebas a aplicaciones móviles: avances y retos. *Lámpakos*, 21(21), 39-50. <https://doi.org/10.21501/21454086.2983>
- Weinberg, B. D., & Pehlivan, E. (2011). Social spending: Managing the social media mix. *Business Horizons*, 54(3), 275-282. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.01.008>