

Procesos sistémicos y sistemáticos en trabajos de titulación de Diseño Industrial. Enfoques, beneficios y desafíos para la innovación tecnológica

Alonso Peñaherrera ^(*)

Gladys García ^(**)

Andrea Medina Enríquez ^(***)

Resumen: Este artículo analiza los procesos sistémicos y sistemáticos en los trabajos de titulación de los estudiantes de la carrera de Diseño Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, con el objetivo de evaluar su impacto en proyectos prácticos e investigativos centrados en la innovación tecnológica. A través de una revisión de literatura, estudios de caso y métodos comparativos, se examinan las metodologías de diseño aplicadas, identificando sus beneficios en términos de creatividad y madurez tecnológica. Asimismo, se reconocen barreras y desafíos en la implementación de estas estrategias, desde la conceptualización hasta la validación del producto final. Los hallazgos permiten visibilizar oportunidades y limitaciones que influyen en la calidad y viabilidad de los proyectos académicos, proporcionando información clave para la mejora de los procesos de enseñanza-aprendizaje en el ámbito del diseño industrial.

Palabras claves: Procesos sistemáticos – Procesos sistémicos – Metodologías de diseño – TRL – Diseño industrial

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 36]

^(*) Doctor en Estética Contemporánea por la Facultad de Filosofía de la Universidad Autónoma de Barcelona, Máster en Investigación en Arte y Diseño por la misma institución, e Ingeniero en Diseño Industrial con especialización en Diseño de Interiores. Cuenta con más de cinco años de experiencia docente en diversas instituciones de educación superior en Ecuador y México. Actualmente es profesor de tiempo completo en la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) en México, consolidando su carrera académica a nivel internacional. Como docente-investigador, imparte cursos de Diseño de Producto Sostenible, Modelado Asistido por Computadora, Talleres de Diseño Industrial y Diseño de Proyectos, entre otros. Su investigación se centra en metodologías de diseño, mobiliario urbano, diseño de juguetes, modelado CAD, biomateriales y la aplicación de la tecnología en el diseño industrial y el diseño de interiores. Su trabajo académico está profundamente vinculado a la sostenibilidad, la identidad cultural y la innovación en el diseño de materiales y espacios.

(**) Ingeniera en Diseño Industrial y máster en Propiedad Intelectual e Industrial. Actualmente cursa una segunda maestría en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos, además de un doctorado en Gestión de Proyectos. Con casi 10 años de experiencia docente en las áreas de diseño industrial, espacios arquitectónicos y en las materias exactas como geometría, trigonometría y álgebra. Aplica metodologías de diseño y ecodiseño, para desarrollar propuestas factibles de productos para empresas, analizando sistemas de producción y priorizando el enfoque en diseños sostenibles.

(***) Doctora en Arquitectura por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid (2020), donde también obtuvo su máster en Desarrollo Urbano y Planificación Territorial. Obtuvo su título de Arquitecta en la Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Ha sido coordinadora de posgrado y profesora de investigación en algunas universidades privadas y públicas de Ecuador. Actualmente, es profesora de tiempo completo en la Universidad de las Américas de Puebla (México). Sus líneas de investigación se centran en los indicadores de sostenibilidad urbana, los impactos ambientales de la urbanización, el turismo y la ciudad, la arquitectura hotelera, el paisajismo y las nuevas ruralidades. Sus artículos han sido publicados en revistas regionales e internacionales indexadas en Scopus. Ha participado como ponente en conferencias internacionales en Portugal, España, Ecuador, Perú, Colombia y Costa Rica. En la actualidad, es revisora de la revista Bitácora Urbano Territorial de la Universidad Nacional de Colombia.

Introducción

El protagonismo de la gestión de diseño en la concepción de productos industriales radica en la aplicación de métodos y metodologías para retos específicos. Por ejemplo, dentro de la jerga de negocios el *'design thinking'* ha trascendido más allá del diseño para generar innovación mediante la experiencia de uso en el sector comercial “las virtudes del diseño son, a día de hoy, definidas en la mayoría de las ocasiones en términos de progreso, cambio, transformación e innovación” (Jarauta & Medina, 2014, p. 17). La incorporación de metodologías de diseño industrial en el contexto educativo ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la calidad y relevancia de los proyectos, ya que, a través de una serie estructurada de pasos, la construcción de la propuesta mantiene la rigurosidad académica, técnica, y creativa. “Design research involves an investigation of strategies, procedures, methods, routes, tactics, schemes and modes through which people work creatively. Design involves the testing of ideas, materials and technologies” (Roggema, 2016, p. 2). Las metodologías de Diseño Industrial, que abarcan enfoques como el diseño centrado en el usuario, el ecodiseño, y el diseño colaborativo, ofrecen herramientas valiosas para abordar problemas complejos y desarrollar soluciones innovadoras a partir de un enfoque sistemático o secuencial definido por sus etapas metodológicas.

El pensar nuestra identidad en el diseño, en su enseñanza, en su desarrollo y su aplicación metodológica da origen a MTDI (Metodologías de Diseño Industrial), recuperando los esfuerzos académicos y pedagógicos de universidad, institutos y organizaciones en Latinoamérica que dedican aquellos esfuerzos a enriquecer la disciplina y desarrollarla desde una visión propia. (Ortega & Escobar, 2021, p. 166)

Existen estudios comparativos cuya intención es examinar las diferencias y similitudes entre múltiples métodos para que de esa manera se pueda llevar a cabo una selección metodológica adecuada para cada proyecto “For the implementation in existing structures, scholars recommended using a facilitator who teaches the design methods, moderates through the stages, and when necessary, mediates between the design process and barriers within the organization” (Rösch et al., 2023, p. 167).

Uno de los principales beneficios de integrar estas metodologías en los trabajos de titulación es la mejora en la calidad de los proyectos finales. “This Design Methodology course provides the student with the basic knowledge to introduce her/himself to the project culture of the design discipline” (García, 2023, p. 1). Los estudiantes que aplican enfoques de Diseño Industrial tienden a producir propuestas orientadas a la validación de conceptos, formas y funciones. “When exploring new ideas and solutions, experienced designers rely on their expertise to balance multiple constraining conditions and flexibly use design methods in bundles when producing innovative designs”. (Liu et al., 2023, p. 2). Sin embargo, la implementación de estas metodologías en los trabajos de titulación también presenta desafíos significativos. La falta de familiaridad con ciertos enfoques de diseño suelen ser aspectos que limitan la secuencialidad de los procesos. “Innovation processes have constraining conditions such as limited time and accessibility of resources” (Liu et al., 2023, p. 2). Asimismo se puede decir que muchas de las metodologías se asumen desde el paradigma de la experimentación, ya que con frecuencia se intervienen o se mezclan con otros aspectos técnicos – constructivos, o se adaptan para ajustarse al arco temporal que los estudiantes tienen para el desarrollo de su propuesta de diseño en donde, se suele solicitar incluso productos finales y validaciones; es por ello que para la consecución de los objetivos dentro de cuatro meses que tiene el ciclo académico, las metodologías se modifican.

En consecuencia, este artículo explora los enfoques utilizados para integrar metodologías sistemáticas y métodos sistémicos en los trabajos de titulación y comparar el grado de madurez tecnológica en función de los parámetros de ‘Technology Readiness Levels’ (TRLs) desarrollados por la NASA. “The TRL describes the state of a given technology and provides a baseline from which maturity is gauged and advancement defined” (Kimmel, n.d., p. 2). A través de un enfoque crítico y reflexivo, se busca contribuir al debate sobre la importancia de la formación integral en Diseño Industrial y ofrecer recomendaciones prácticas para mejorar la calidad de la educación en este campo.

Materiales y métodos

Este estudio se basa en un enfoque cualitativo, utilizando una combinación de revisión bibliográfica, análisis de casos y método comparativo para explorar las metodologías de Diseño Industrial en la fase de titulación. Este enfoque permite obtener una comprensión de las diversas metodologías, sus aplicaciones y los resultados obtenidos en contextos académicos. “A literature review in its most comprehensive form includes a synthesis of quantitative findings stemming from quantitative research studies and qualitative findings stemming from qualitative research studies” (Onwuegbuzie, 2016, p. 50). Para la selección de los casos de estudios se tomaron como muestra, a todos los trabajos de los estudiantes titulados de Diseño Industrial de la Universidad Técnica de Ambato de las cohortes de septiembre del 2023, febrero y agosto 2024.

La revisión bibliográfica se emplea para entender las estructuras sistemáticas y sistémicas de las metodologías de diseño, de manera que se puedan identificar las principales etapas metodológicas y los beneficios más relevantes de cada proceso. Las fases seguidas fueron: ‘selección de fuentes’ donde se identifican y seleccionan artículos académicos, y libros relevantes para el desarrollo de la investigación; posteriormente se toman ‘recopilación de datos’ donde se analizaron documentos académicos y proyectos finales para evaluar la implementación práctica de estas metodologías; y finalmente un ‘análisis de contenidos’, donde cualitativamente se extrae la información de las fuentes previamente seleccionadas. “Literature reviews are in great demand in most scientific fields. Their need stems from the ever-increasing output of scientific publications” (Pautasso, 2013, p. 1).

Para complementar la revisión bibliográfica, se llevó a cabo un estudio de casos que se centra en el análisis de la totalidad de proyectos de titulación de la carrera de Diseño Industrial de la Facultad de Diseño y Arquitectura de la Universidad Técnica de Ambato, en conjunto con el método comparativo para contrastar los hallazgos de la revisión bibliográfica y el estudio de caso. El número de casos analizados fue de 30 en total, los cuales se dividieron en tres periodos: periodo 2-2024 (10), periodo 1-2024 (13), periodo 2-2023 (7). Los métodos para la recolección de datos se realizan a través de documentos académicos previamente seleccionados; posteriormente, para el análisis de la información se emplea un análisis temático y de contenido. “El Análisis temático (AT) es una técnica de investigación para identificar, analizar e informar patrones, es decir, temas dentro de los datos recopilados empíricamente. Organiza y describe mínimamente el conjunto de datos en detalle, e interpreta aspectos del tema” (Trama De La Comunicación et al., 2020). Finalmente, para las conclusiones de la información se emplearán los principales resultados obtenidos de la fase de análisis, y alineados a la estructura del artículo. “Overall case study as a methodology provides researchers with the ability for a flexible, in-depth and multi-perspective research approach aligning with the growing trend in the use of mixed methods” (Lucas et al., 2018, p. 217).

Marco Teórico

Este apartado muestra el vínculo entre los enfoques secuenciales, así como de los enfoques sistémicos, dentro del proceso técnico – creativo del proyecto, y por tanto su aporte a la resolución de la propuesta. “Design is not just about manufacturing. Previous phases, that set up a designer mind-set are just as important as the technical ones” (García, 2023, p. 1). Los resultados obtenidos ofrecen una visión integral que puede servir para identificar el grado de madurez tecnológica de los proyectos en el ámbito académico, para de esta manera procurar un diseño consecuente con parámetros de innovación y funcionalidad dentro de un contexto de uso.

Procesos sistémicos y sistemáticos de Diseño Industrial en el desarrollo del proyecto

La propuesta de diseño plantea dos escenarios claves, el primero que parte de la aplicación de técnicas diseñísticas específicas o sistematización de pasos (enfoque sistemático), y por otra parte, el desarrollo de métodos propios e inéditos (enfoque sistémico). “El hecho de que ciencia y técnica son actividades racionales y sistemáticas, cuyos problemas se resuelven aplicando métodos, esto es, realizando conjuntos ordenados y bien determinados de actividades intelectuales o físicas” (Morales, 2002, p.1). Un enfoque sistémico podría ser visto como un camino que permite tamizar información a partir de secuencias metódicas flexibles; adicionalmente, se pueden adaptar e intervenir dentro de las metodologías para alcanzar un determinado fin de diseño, de esta manera, el proceso se vuelve parte trascendental del resultado final. “Los métodos que surgen de la investigación a través del diseño, las ficciones, y el asociar diversas categorías del conocimiento, complementan las bases desde donde se cimienta el proceso creativo” (Peñaherrera, 2022, p. 24). Asimismo, es relevante mencionar que, dentro del campo de la investigación, los métodos se emplean en determinadas fases del proceso, mientras que las metodologías son transversales y ofrecen una mirada integral a la estructura del proyecto. “Detailed explanation of the data collection and analysis techniques (the “method”) rather than a broader discussion of the research approach, theoretical framework, and rationale for selecting particular methods (the “methodology”)” (Aguiar, 2024, p 2).

En la construcción de métodos sistémicos, siempre se procura una coherencia con los objetivos de la investigación y, por tanto, su tendencia a sistematizarse o mecanizarse una vez validada su efectividad es latente. “Una gran cantidad de métodos, herramientas y principios abarcan el pensamiento sistémico, todos con una meta común de entender las relaciones dentro del sistema y de esclarecer las propiedades emergentes del mismo” (Liévano Martínez & Londoño, 2012, p. 45). Es así, como han surgido metodologías como las de Bruno Munari, quién a través de una paráfrasis de Vilchis (1998) se puede decir que sus primeras estructuras metodológicas se erigen en función de esquemas previos como los de Archer, Fallon, Sidal y Asimowa. Asimismo, las metodologías, o, dicho de otra manera, ‘sistematización de métodos’, se elaboran a manera de instructivos simplificados, que tienen la receta para la innovación y la creatividad, como sucede con el *design thinking*. “El

design thinking puede ser reducido a un método que puede ser enseñado a un ejecutivo en una clase durante un fin de semana” (Jarauta & Medina, 2014).

Es por ese motivo, que, de ser así, no quedaría mucho para dar un salto tecnológico que incorpora esta idea del diseño paso a paso, a un lenguaje de máquina, lo cual, sería de gran beneficio para la industria, y no tanto para los y las diseñadoras dado que podría limitar su capacidad de identificar un camino metodológico adecuado para cada reto de diseño. Cuando se le planteó la posibilidad de sistematizar procesos a la doctora en diseño Elena Bartomeu, expresó:

Considero que se puede sistematizar. Aún así, también considero que los diseñadores no se pueden sustituir por un sistema de fichas, de la misma manera que no creo en el "*Design thinking*" como un sistema de herramientas que sustituyen a los diseñadores y diseñadoras y a sus competencias creativas y experimentadoras. Sistematizar para comprender sí, pero para sustituir el conocimiento no. (E. Bartomeu, comunicación personal, 10 de agosto del 2020).

El enfoque sistémico en el diseño se fundamenta en la reflexión y la observación cuidadosa, que surge dentro de un escenario de temporalidades ralentizadas, es decir, cuando el arco temporal de un proyecto permite comprender y madurar la idea de un nuevo sistema de pasos para resolver el reto de diseño. “No hacer, es una parte fundamental en el proceso de diseño” (Porter, 2010). Desde este paradigma se construye el discurso detrás de las acciones, enfatizando la flexibilidad y la libertad creativa para establecer estrategias vinculantes entre diversas esferas cognitivas. En este contexto, el diseñador asume la figura de un explorador que recolecta ideas y conceptos, proporcionando el marco referencial que constituye el punto de partida de la propuesta. “los modos de pensar pueden ser vistos como estructuras del pensamiento mental – somático (operativos – operadores) a cada área del quehacer social: artista, científico, técnico, filósofo, poeta, artesano, etc” (Breyer, 2007, p. 97). Este enfoque requiere un método que involucre experimentación y un espacio de tiempo amplio para validar y materializar el producto. Cabe señalar que estos procesos son paralelos a las prácticas basadas puramente en la funcionalidad, las cuales, generalmente siguen una secuencia lineal de los acontecimientos.

La aplicación de metodologías y métodos de diseño en entornos académicos es fundamental para crear soluciones efectivas y significativas. En un contexto educativo, estas metodologías proporcionan un marco estructurado para abordar problemas complejos y fomentar el pensamiento crítico y creativo entre los estudiantes. “Curriculum and methods are defined and judged by how well they provide a diversity of learners ample means to engage with, represent, and demonstrate their knowledge” (Lina Heaster-Ekholm, 2020). Al exponer a los alumnos a diferentes enfoques de diseño, se les equipa con habilidades versátiles que son esenciales para enfrentar los desafíos del mundo real.

Por otro lado, la aplicación de metodologías de diseño permite a los equipos trabajar de manera más eficiente y colaborativa para desarrollar proyectos y propuestas que respondan a las necesidades y expectativas de los usuarios. Cada metodología tiene sus propias ventajas y limitaciones, sin embargo, el éxito está en la capacidad de seleccionar la más adecuada para cada situación específica. “Methods can be enhanced with preconceived

action prompts to guide activities” (Camburn et al., 2017, p. 13). Al seguir un proceso metodológico que abarca desde la investigación y el análisis hasta la conceptualización y la implementación, se fomenta un ambiente donde se minimizan los riesgos y se aumenta la probabilidad de lograr resultados significativos. Estas metodologías también promueven la innovación al estimular la exploración de nuevas ideas y enfoques, lo cual es fundamental en un entorno académico que busca adaptarse a las demandas cambiantes y fomentar soluciones creativas. Asimismo, la aplicación de métodos de diseño en el contexto educativo fomenta la empatía hacia los beneficiarios al exigir una comprensión profunda de sus necesidades, deseos y desafíos. Este enfoque centrado en el usuario contribuye a la creación de proyectos intuitivos, fortaleciendo así la experiencia académica y preparando a los estudiantes para enfrentar desafíos del mundo real con soluciones innovadoras y efectivas.

La creciente importancia de implementar una cultura de diseño en las firmas como mecanismo de actualización y cambio cultural, que permita a través de sus procesos y programas mejorar la eficiencia de sus empleados en la identificación de problemas, generación de ideas, formulación de soluciones y aprendizajes rápidos con bajos costos de ejecución. (Montenegro, 2021, p. 709)

Por tanto, es importante entender la distinción entre método y metodología en el contexto del diseño. Como se mencionó con anterioridad, el método se refiere a un conjunto específico de pasos o procedimientos utilizados para abordar un problema o realizar una tarea particular. “To better determine the selection of design tools, research is needed on the individual effects of the tools” (Rösch et al., 2023). Por otro lado, la metodología comprende un enfoque holístico que abarca los principios, conceptos y técnicas subyacentes que guían la aplicación de diversos métodos. La metodología es crucial para garantizar que los equipos adopten una aproximación coherente y centrada en los objetivos de los proyectos. “The selected methodology should be harmonious with the study design, and be reflected in methods and analysis techniques” (Hyett et al., 2014, p. 3).

Niveles de madurez tecnológica TRI

De acuerdo con los parámetros propuestos por NASA (2021), los grados de madurez tecnológica se encuentran dentro de múltiples actividades humanas como en la ingeniería, patentes, y la tecnología en general. La principal intención del uso de estos indicadores es comprender al producto en términos de aspectos funcionales como la durabilidad, rendimiento y operatividad. En este sentido, la administración nacional de aeronáutica y el espacio, sostiene que los prototipos que se mantengan en un nivel de madurez tecnológica baja, podrían significar un eventual riesgo en el desarrollo integral del producto. En este sentido, la agencia estadounidense determina nueve niveles de validación tecnológica de los productos. Cada nivel tiene criterios establecidos que ayudan a determinar si el producto puede continuar a una fase posterior.

Los niveles de madurez tecnológica (TRL) propuestos por Ibañez (2020), van desde la idea básica hasta la implementación en un escenario real. En el TRL 1, se observan y reportan principios básicos en un entorno de laboratorio con fidelidad baja, considerando

cuestiones formales y conceptuales. En el TRL 2, se formula el concepto o tecnología, y en el TRL 3 se realizan validaciones de concepto analítica y experimental. El TRL 4 valida componentes en laboratorio dentro de un entorno de simulación con fidelidad media, abordando aspectos formales, de presentación, funcionales y de fabricación. En el TRL 5, los elementos se validan en un entorno pertinente. El TRL 6 evalúa un modelo de sistema o subsistema en un contexto relevante a partir de simulaciones de fidelidad e interactividad. El TRL 7 implica la demostración de un prototipo en un entorno operativo mediante una prueba piloto en espacios de exhibición para interacción con el público. En el TRL 8, el objeto se certifica a través de pruebas y demostraciones. Finalmente, en el TRL 9, los productos alcanzan la fase de implantación en el mercado.

Resultados

Principales procesos metodológicos por períodos académicos en la escuela de Diseño Industrial

Como se menciona previamente en el artículo, la implementación de procesos metodológicos es relevante en el desarrollo de la propuesta de diseño. A continuación, se muestra un desglose detallado de las metodologías aplicadas en proyectos académicos de Diseño Industrial a lo largo de tres períodos (2023/09, 2024/02 y 2024/08). Este desglose es clave para comprender cómo las metodologías sistémicas y secuenciales se implementan en el proceso educativo. Aquí, la estructura y la secuencialidad de las metodologías reflejan un enfoque ordenado y progresivo, en el que los estudiantes son guiados a través de procesos bien definidos que combinan creatividad, análisis de usuario y evaluación de la calidad del diseño. “Si tenemos en cuenta los procesos creativos con objeto de fomentar la innovación deberemos considerar los diferentes patrones de pensamiento” (Briede, 2010, p. 3).

En el segundo periodo del año 2024, los tipos de procesos sistémico y sistemático que se evidenciaron en los trabajos de titulación fueron: *Design Thinking* (4); Diseño Centro en el Usuario DCU (3); *Design Thinking* y Biomimicry (1); Modelo de Experiencia - User Experience Design (UX), Diseño Centrado en el Usuario y Despliegue de la Función de Calidad (Matriz QFD) (1); House of Quality (1). En el primer semestre de 2024 se desarrollaron tesis de titulación con los siguientes procesos. Diseño Centro en el Usuario DCU 5; *Design Thinking* (3); Metodología de diseño centrado en el usuario DCU y Triz (1); Doble Diamante (1); Metodología de Aplicación de Procesos Iterativos (1); Sin una metodología definida (2). Finalmente, en el segundo periodo del año 2023 se evidenció lo siguiente: Diseño Centro en el Usuario DCU (3); *Design Thinking* (3); Diseño Participativo (1). Fueron 30 casos analizados a lo largo de un periodo de dos años consecutivos, los cuales corresponden al número total de los graduados durante ese intervalo.

Los procesos metodológicos más frecuentes en los proyectos de titulación en la carrera de diseño industrial son: el Diseño Centrado en el Usuario con 11 tesis, seguido del *Design Thinking* con 10 propuestas; estos enfoques son ejemplos claros de procesos sistemáticos

dada su secuencialidad en las fases. “Research is an orderly, systematic, and ethical inquiry and investigation process that addresses practical problems and expands knowledge within a given domain” (Martins, 2024, p. 2). Adicionalmente, los modelos User Experience Design (UX) y Matriz QFD, empleados desde el periodo agosto del 2024, son ejemplos de un proceso sistemático que busca comprender cómo las personas interactúan con los productos y cómo estas interacciones pueden ser optimizadas para ofrecer una mejor experiencia. “método de diseño de productos y servicios que recoge las demandas y expectativas de los clientes y las traduce, en pasos sucesivos, a características técnicas y operativas satisfactorias” (Yacuzzi & Martín, n.d., p. 1).

Los procesos sistémicos, como Doble Diamante, TRIZ y la Metodología de Aplicación de Procesos Iterativos, implican procesos repetitivos de refinamiento y mejora. Según Castillo (2019), la retroalimentación en fases tempranas del diseño aporta flexibilidad y alto valor económico en la propuesta.

Discusión

Principales procesos metodológicos por periodos académicos en la escuela de Diseño Industrial

En este artículo, se aborda la relación entre los niveles de madurez tecnológica (TRL) y la implementación de procesos sistémicos y sistemáticos en el Diseño Industrial, particularmente en el contexto académico. A través del análisis de las metodologías más aplicadas en los proyectos académicos de Diseño Industrial durante los tres periodos analizados de septiembre del 2023, febrero y agosto del 2024, en los que se ha demostrado cómo las metodologías sistémicas y sistemáticas juegan un papel fundamental en la formación de los estudiantes. Sin embargo, a pesar de la relevancia de estas metodologías, se han identificado varios desafíos que limitan su implementación efectiva y el desarrollo de proyectos de diseño con un alto nivel de madurez tecnológica.

Los procesos sistémicos y sistemáticos, aunque fundamentales en la enseñanza del diseño industrial, se enfrentan a una serie de obstáculos que limitan su efectividad, entre los mayores desafíos se encuentran las restricciones de tiempo y falta de recursos, también hay que considerar que los procesos dentro de los proyectos de diseño industrial requieren de múltiples iteraciones y validaciones, las cuales, debido al tiempo limitado de los proyectos de tesis en las universidades, no pueden ser completamente realizadas. Si bien estas metodologías estructuran el proceso de diseño de forma clara y organizada, los estudiantes a menudo se encuentran con una carga cognitiva que les impide avanzar a través de todas las fases de forma fluida y eficiente.

La incorporación de los niveles de madurez tecnológica (TRL) en los proyectos académicos de diseño industrial revela un panorama donde, si bien se observa un esfuerzo significativo por parte de los estudiantes y docentes, muchos proyectos no superan el nivel TRL 4 (componentes validados en laboratorio). Esto se debe principalmente a las limitaciones de

tiempo y recursos en el ámbito académico, lo que afecta la capacidad de los estudiantes para iterar y validar sus diseños en fases más avanzadas (TRL 5-9). Este fenómeno refleja las dificultades inherentes al proceso de validación de prototipos en un entorno educativo, donde los, aunque bien conceptualizados y prototipados en etapas iniciales, no alcanzan la madurez necesaria para una implementación real en el mercado o en un entorno operativo. El análisis de las metodologías utilizadas, como el *Design Thinking* y el Diseño Centrado en el Usuario (DCU), demuestra que, a pesar de ser herramientas eficaces en términos de investigación y desarrollo de conceptos, la falta de un enfoque continuo y estructurado hacia la validación de los prototipos impide que los estudiantes lleguen a alcanzar niveles más altos de madurez tecnológica. Para la evaluación tecnológica existen varias metodologías para la validación de los prototipos. El método MBSAP admite la verificación de requisitos y de comportamiento de la arquitectura del producto. Un análisis operativo permite determinar la eficacia de los sistemas y garantizar características como la confiabilidad y capacidad de mantenimiento del producto. El análisis operativo resulta en la evaluación que sean cumplido los requisitos o corregido las deficiencias del sistema (Borky & Bradley, 2019). Además, para la validación de proyectos se pone a prueba el producto mediante mecanismos de experimentos por medio de pruebas del prototipo en el campo real de funcionamiento del producto, y realizando experimentos de diferenciación estadística. Otro método es realizar la comparación del efecto de los prototipos con dos o más productos en el campo de su aplicación (Wieringa, 2014). Con la transformación digital de los últimos años han surgido metodologías de validación de los productos que aplican tecnologías para el monitoreo en tiempo real de las variables de funcionamiento y la implementación de gemelos digitales que implementa una réplica digital del producto en las condiciones del mundo real (Szalay, 2021).

Los lineamientos para la validación tecnológica varían según el nivel de madurez del producto y su aplicación funcional. La tecnología debe ser validada en un entorno relevante, lo que implica la demostración del prototipo en condiciones cercanas al uso real, pero aún no operativas. En el prototipo también debe probarse en un entorno operativo real, lo que implica pruebas piloto y retroalimentación directa del usuario. La demostración del prototipo del sistema en un entorno espacial TRL 7 es un paso importante más allá del TRL 6 (Mankins, 1995). El desconocimiento técnico sobre la arquitectura del sistema también puede obstaculizar la efectividad de las pruebas.

En los últimos niveles de maduración, el producto debe ser certificado y probado en entornos reales, lo que requiere un conocimiento integral tanto del diseño como de los sistemas tecnológicos, garantizando la usabilidad, interactividad y la aceptación comercial. Propiamente hablando, TRL 9 queda demostrado explícitamente por el exitoso lanzamiento y operación del nuevo sistema. No es necesaria ninguna evaluación tecnológica para establecer si el sistema está funcionando exitosamente. Sin embargo, puede ser apropiado en circunstancias especiales realizar una evaluación de tecnología para otros fines (Tec-shs, 2008).

Conclusiones

Tanto en el contexto académico como en el profesional, el método y la metodología desempeñan un papel crucial en la aplicación efectiva de los principios de diseño. Mientras que los métodos proporcionan un marco práctico para abordar problemas específicos, la metodología establece los fundamentos y los valores que guían la práctica del diseño de manera más amplia. Al combinar ambos enfoques de manera sinérgica, los estudiantes pueden desarrollar soluciones efectivas al problema de investigación. La brecha de conocimiento en temas tecnológicos y principios técnicos de funcionamiento de dispositivos y software es un reto para alcanzar niveles más altos de madurez tecnológica de los TLR. Las metodologías para la validación tecnológica dependerán de los sistemas incorporados en el producto y la usabilidad que este tendrá. Sin embargo, la fusión de diversas ramas de la ciencia y un trabajo en conjunto con profesionales de diversas ramas constituyen un puente para alcanzar objetivos de desarrollo e innovación más altos y relevantes para soluciones actuales que pueden incorporar las tendencias tecnológicas de la transformación digital actual. Establecer secuencias metódicas que fomenten la colaboración, la experimentación y la retroalimentación continua, es significativo para el proceso en líneas generales. Por ejemplo, se pueden implementar pasos para recopilar y analizar datos de usuarios en etapas tempranas del proyecto que sean más adecuadas a las condiciones del fenómeno de estudio. De igual manera, es relevante señalar que las propuestas de diseño de los proyectos integradores de la carrera de Diseño Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, no alcanzan la etapa de las pruebas de usabilidad en contextos relevantes, por tal motivo, los prototipos son de baja fidelidad, el cual, aborda las pruebas del concepto y la forma del producto.

Uno de los desafíos más significativos es el tiempo limitado disponible para la ejecución de los proyectos de tesis, que generalmente abarca un período de meses. Este tiempo restringido no es suficiente para implementar de manera adecuada todas las fases del proceso de diseño de forma iterativa y detallada, lo que se requiere en metodologías como el *Design Thinking* o el Doble Diamante. Las fases iniciales, como la investigación de usuario y la ideación, pueden ejecutarse con una calidad aceptable; sin embargo, debido al corto período de entrega, las etapas posteriores como el prototipado, y las pruebas de laboratorio, suelen verse afectadas en la calidad de los resultados finales.

El diseño industrial está en constante evolución, y las metodologías también se actualizan con el tiempo. Las instituciones académicas deben ser capaces de actualizar rápidamente sus programas para incorporar las metodologías más recientes. La falta de flexibilidad en los currículos puede resultar en una desconexión entre lo que los estudiantes aprenden y lo que la industria exige. Los programas deben estar preparados para integrar las últimas tendencias de diseño de manera ágil, respondiendo a los avances tecnológicos y metodológicos.

Las metodologías de diseño industrial actuales requieren una integración multidisciplinaria de conocimientos en áreas como ingeniería, psicología, sociología y marketing, lo cual puede ser un reto en el ámbito académico. La falta de coordinación entre los diferentes departamentos y la escasa colaboración entre las disciplinas afectan la implementación efectiva de estas metodologías. Los proyectos de diseño industrial deben ser concebidos

y ejecutados de manera holística, lo que exige la estrecha colaboración entre docentes de diferentes áreas del conocimiento.

Finalmente, la adopción de un enfoque más interdisciplinario y la colaboración con industrias o instituciones externas podría ayudar a superar algunas de estas barreras, brindando a los estudiantes oportunidades para validar sus proyectos en condiciones más realistas y avanzadas. Esta colaboración también podría permitirles trabajar con equipos multidisciplinarios, lo que enriquecería el proceso de diseño y aceleraría el paso de los prototipos de baja fidelidad a soluciones de mayor impacto y viabilidad.

Referencias bibliográficas

- Borky, J. M., & Bradley, T. H. (2019). *Using Prototypes, Verification, and Validation to Evaluate and Enhance System Architecture*. In *Effective Model-Based Systems Engineering* (pp. 405–435). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95669-5_11
- Breyer, G. (2007). *Heurística del diseño* (1st ed.). Nobuko.
- Briede, J. (2010). *La metodología sistémica y el rol de las representaciones en el diseño conceptual de productos industriales*. 73–82. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30421294010>
- Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., Otto, K., & Wood, K. (2017). *Design prototyping methods: State of the art in strategies, techniques, and guidelines*. *Design Science*, 3. <https://doi.org/10.1017/dsj.2017.10>
- Castillo, O. (2019). *Design thinking y el Método del Doble Diamante para el desarrollo de prototipos de Emprendimientos o StartUps*. www.amazon.com/author/osvaldocastillo
- García, V. (2023). *Design methodology prerequisites subject description objectives and skills methodology*. <https://www.imdb.com/title/tt0041386/>
- Hyett, N., Kenny, A., & Dickson-Swift, V. (2014). *Methodology or method a critical review of qualitative case study reports*. In *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-being* (Vol. 9, Issue 1). Informa Healthcare. <https://doi.org/10.3402/qhw.v9.23606>
- Ibañez, J. (2020). *Niveles de madurez de la tecnología. technology readiness levels*. TRLS.
- Jarauta, F., & Medina, P. (2014). *Cuaderno de Diseño - Diseño de procesos*. IED Madrid Editorial.
- Kimmel, W. (n.d.). *Technology Readiness Assessment Best Practices Guide*.
- Liévano Martínez, F., & Londoño, J. E. (2012). *El pensamiento sistémico como herramienta metodológica para la resolución de problemas*.
- Lina Heaster-Ekholm, K. (2020). *Popular Instructional Design Models: Their Theoretical Roots and Cultural Considerations*. In *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT)* (Vol. 16, Issue 3).
- Liu, X., Werder, K., Maedche, A., & Sun, L. (2023). *Situational selections of design methods for digital innovation processes*. *International Journal of Innovation Science*. <https://doi.org/10.1108/IJIS-02-2023-0046>
- Lucas, P., Fleming, J., & Bhosale, J. (2018). *The utility of case study as a methodology for work-integrated learning research*.

- Mankins, J. C. (1995). *Technology readiness levels a White Paper*.
- Martins, G. (2024). *Distinguishing between Method and Methodology in Academic Research*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4857923>
- Montenegro, J. (2021). *Innovación y Diseño cómo transformar o...s y prosperar en mercados competitivos*.
- Morales, V. (2002). Sobre la metodología como ciencia y el método científico: un espacio polémico. *Revista de Pedagogía*.
- NASA. (2021). *Technology Readiness Level (TRL) as the foundation of Human Readiness Level (HRL)*.
- Onwuegbuzie, A. (2016). 3 Methodology of the literature review Chapter 3 Roadmap Background Concepts. In *Seven Steps to a Comprehensive Literature Review*.
- Ortega, N., & Escobar, F. (2021). MTDI. Metodología de Diseño Industrial. *Cuadernos de Diseño*.
- Pautasso, M. (2013). Ten Simple Rules for Writing a Literature Review. In *PLoS Computational Biology* (Vol. 9, Issue 7). Public Library of Science. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003149>
- Peñaherrera, C. (2022). *Sonido en tiempo real como factor de alteración de la estructura del espacio arquitectónico*.
- Porter, T. (2010). *Will Alsop: The Noise*. Routledge.
- Roggema, R. (2016). Research by Design: Proposition for a Methodological Approach. *Urban Science*, 1(1), 2. <https://doi.org/10.3390/urbansci1010002>
- Rösch, N., Tiberius, V., & Kraus, S. (2023). Design thinking for innovation: context factors, process, and outcomes. *European Journal of Innovation Management*, 26(7), 160–176. <https://doi.org/10.1108/EJIM-03-2022-0164>
- Szalay, Z. (2021). Next generation X-in-the-loop validation methodology for automated vehicle systems. *IEEE Access*, 9, 35616–35632. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3061732>
- Tec-shs. (2008). *Technology readiness levels handbook for space applications*.
- Trama De La Comunicación, L., Nacional, U., & Argentina, R. (2020). *El análisis temático como herramienta de investigación en el área de la Comunicación Social*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323964237005>
- Vilchis, L. del C. (1998). *Metodología del diseño - Fundamentos teóricos. Claves latinoamericanas*.
- Wieringa, R. (2014). Empirical research methods for technology validation: Scaling up to practice. *Journal of Systems and Software*, 95, 19–31. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.11.1097>
- Yacuzzi, E., & Martín, F. (n.d.). *QFD: conceptos, aplicaciones y nuevos desarrollos*.
-

Abstract: The article analyzes the systemic and systematic processes in the degree projects of industrial design students at the Technical University of Ambato, Ecuador, to evaluate their impact on practical and research projects with technological innovation. Through a review of literature, case studies and comparative methods, the design methodologies employed are examined, highlighting their benefits in terms of innovation and technological maturity. Likewise, barriers and challenges in the implementation of these strategies are identified, from conceptualization to the validation of the final product. This study makes visible opportunities and limitations that influence the quality and viability of academic projects.

Keywords: Systematic processes – Systemic processes – Design methodologies – TRL – Industrial design

Resumo: O artigo analisa os processos sistémicos e sistemáticos nos projectos de licenciatura dos estudantes de design industrial da Universidade Técnica de Ambato, Equador, para avaliar o seu impacto nos projectos práticos e de investigação com inovação tecnológica. Através de uma revisão da literatura, estudos de caso e métodos comparativos, são examinadas as metodologias de design empregues, destacando os seus benefícios em termos de inovação e maturidade tecnológica. São também identificadas as barreiras e os desafios na implementação destas estratégias, desde a conceitualização até à validação do produto final. Este estudo torna visíveis oportunidades e limitações que influenciam a qualidade e a viabilidade dos projectos académicos.

Palavras-chave: Processos sistemáticos - Processos sistémicos - Metodologias de concepção - TRL - Conceção industrial

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo]
