

Metodología de integración de Ingeniería Concurrente y Gestión de Calidad para el Desarrollo de Productos

Concurrent Engineering and Quality Management Integration Methodology for Product Development

Metodologia de integração de engenharia simultânea e gestão da qualidade para o desenvolvimento de produtos

<https://doi.org/10.15332/24631140.10074>

Artículo de investigación

Olga Lucía Larrea Serna¹

Andrés Felipe Montoya Tobón²

Natalia Correa Hincapié³

Kelly Johanna Pineda Duque⁴

Lizeth Dahiana Jaramillo Goez⁵

Recibido: 8 de Febrero del 2024

Revisado: 7 de mayo del 2024

Aceptado: 24 de mayo del 2024

Citar como:

Larrea Serna, O. L., Montoya Tobón, A. F., Correa Hincapié, N., Pineda Duque, K. J., & Jaramillo Goez, L. D. (2024). Metodología de integración de Ingeniería Concurrente y Gestión de Calidad para el Desarrollo de Productos. *SIGNOS - Investigación En Sistemas De gestión*, 16(2), 64-89. <https://doi.org/10.15332/24631140.10074>



¹ Docente Ocasional, Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. Correo electrónico: olgalarrea@itm.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3261-1247>

² Docente Ocasional, Departamento de Diseño, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. Correo electrónico: andresmontoya@itm.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6004-4855>

³ Docente Ocasional, Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín, Colombia. Correo electrónico: nataliacorrea@itm.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0967-3952>

⁴ Ingeniera en Diseño Industrial, Instituto Tecnológico Metropolitano, Egresada / Facultad de artes y humanidades, Medellín, Colombia. Correo electrónico: kellypineda221653@correo.itm.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2587-3012>

⁵ Estudiante Tecnología en Control de Calidad, Instituto Tecnológico Metropolitano, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Medellín, Colombia. Correo electrónico: lizethjaramillo313401@correo.itm.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7867-2566>

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar una metodología para integrar las disciplinas de la ingeniería concurrente, enfocándose en la gestión eficiente de procesos y la gestión de calidad. Para ello, se ha elaborado un estudio de caso, sobre la fabricación de mobiliario urbano sostenible a escala de laboratorio, estructurando procesos diversos y flexibles. La metodología se dividió en tres etapas que permitieron la identificación de los procesos y la generación de sinergias necesarias para su integración. Esta metodología demostró ser eficaz en la construcción de productos a escala de laboratorio, optimizando y agilizando la producción, y además permite también su aplicación a procesos de mayor escala. Su importancia radica en su capacidad para mejorar la eficiencia en el desarrollo de productos, destacando la colaboración interdisciplinaria y proporcionando un enfoque aplicable a la producción sostenible de mobiliario urbano.

Palabras clave: ingeniería concurrente, herramientas de calidad, gestión de calidad, procesos, innovación.

Abstract

Concurrent engineering, focused on efficient process management, is intertwined with quality management in a project whose objective is to develop a methodology to integrate both disciplines through the structuring of divergent and flexible processes. This approach is applied in a case study on the manufacturing of sustainable street furniture on a laboratory scale. To this end, three stages were established that allowed the identification of the processes with their inputs and outputs and the generation of the synergies necessary for their integration. This methodology demonstrated its effectiveness by building products on a laboratory scale, optimizing and streamlining production. In addition, it opens the opportunity to apply it in larger scale processes. The importance lies in its ability to improve efficiency in product development, highlighting interdisciplinary collaboration and providing an approach applicable to the sustainable production of street furniture.

Keywords: concurrent engineering, quality tools, quality management, processes, innovation.

Resumo

Esta investigação tem como objetivo desenvolver uma metodologia para integrar as disciplinas de engenharia simultânea, centrando-se na gestão eficiente dos processos e na gestão da qualidade. Para o efeito, foi desenvolvido um estudo de caso sobre o fabrico de mobiliário urbano sustentável à escala laboratorial, estruturando processos diversificados e flexíveis. A metodologia foi dividida em três etapas que permitiram a identificação de processos e a geração de sinergias necessárias para a sua integração. Esta metodologia revelou-se eficaz na construção de produtos à escala laboratorial, optimizando e acelerando a produção, e permite também a sua aplicação a processos de maior escala. A sua importância reside na sua capacidade de melhorar a eficiência no desenvolvimento de produtos, destacando a colaboração interdisciplinar e fornecendo uma abordagem aplicável à produção sustentável de mobiliário urbano.

Palavras-chave: engenharia simultânea, ferramentas da qualidade, gestão da qualidade, processos, inovação.

Introducción

Últimamente, la calidad ha sido permeada por la aplicación de herramientas que permiten una mejor estructuración y medición de los procesos de producción, la evaluación de la conformidad de los productos y servicios, la generación de elementos que mejoran el desempeño de las tareas, y el diseño de productos y procesos, entre otros.

Por su parte, la gestión de la calidad abarca la planificación, control y aseguramiento de la misma en todos los procesos organizacionales. Esto implica la adopción de enfoques sistemáticos para garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares y satisfagan las necesidades del cliente. Suele involucrar políticas y procedimientos para mantener estándares, desde el diseño hasta la postventa, asegurando la calidad en todas las fases del ciclo de vida del producto o servicio (Guerra Bretaña y Carmen, 2012).

La gestión de la calidad en una organización se apoya en diversas herramientas que facilitan la implementación, seguimiento y control. Estas herramientas abarcan desde el diseño hasta la evaluación de estándares y la mejora continua, optimizando procesos, productos y servicios para garantizar la calidad y eficiencia (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2009).

Dentro de las organizaciones se estructuran diferentes tipos de procesos: estratégicos, de apoyo y operativos (Marín y Marín, 2009). Los estratégicos están ligados a la dirección y planificación de la organización, alineándose con su estrategia global. Los de apoyo, también llamados de soporte o gestión, suministran los recursos necesarios para el funcionamiento eficiente de los procesos estratégicos y operativos. Y, por último, los operativos se centran en la producción de productos y servicios, constituyendo el núcleo de la empresa (Medina León et al., 2019).

Es esencial considerar procesos que abarcan desde el diseño, basado en los requisitos de clientes y partes interesadas, hasta la fabricación y evaluación de estándares de calidad para asegurar su cumplimiento (Figueroa Morán et ál., 2017).

Las empresas que dedican sus esfuerzos a la innovación y al desarrollo de nuevos productos adoptan la ingeniería concurrente. Este enfoque metodológico busca diseñar productos y procesos, de manera sistemática y simultánea, con el fin de reducir costos y tiempo de desarrollo, logrando así un producto ideal (Guerrero Martínez et al., 2014, p. 125).

La Ingeniería concurrente, surgida en la década de los ochenta, redefine el diseño de productos y sistemas técnicos mediante criterios, metodologías y herramientas que promueven la integración de conocimientos especializados en soluciones colaborativas. No se limita a tecnologías específicas, sino que introduce nuevos enfoques que fomentan la convergencia de conocimientos y la colaboración, incluyendo ramas como la ingeniería para el ciclo de vida y la ingeniería colaborativa (Anderson, 2020). Esta disciplina representa una nueva cultura empresarial centrada en la optimización e integración para lograr soluciones holísticas y eficientes (Riba y Molina, 2006).

Dentro del ITM, se está llevando a cabo un estudio para el aprovechamiento de residuos y su eventual aplicación en la industria de la construcción, especialmente en la fabricación de mobiliario urbano. Este caso de estudio integra diferentes disciplinas apoyadas por investigadores que trabajan en tres áreas de acción: el área técnica de desarrollo de producto y selección de materiales, el área de mercado y diseño de producto, y el área de diseño de procesos de producción y control de calidad.

Para este caso de estudio, se desarrolló un proyecto que buscaba generar una metodología para integrar la ingeniería concurrente y la gestión de calidad. Estas disciplinas pueden ser complementarias mediante la estructuración de procesos divergentes que relacionan ideas y procedimientos de forma creativa y flexible, adaptándose a los cambios en la demanda, la elaboración de nuevos productos, los requisitos del cliente o las condiciones del mercado. Este tipo de procesos permiten abordar y solucionar problemas de múltiples formas, a partir de sistemas de diseño e innovación, sin descuidar la gestión de la calidad como un conjunto de acciones y herramientas que evitan posibles errores o desviaciones en el proceso.

La gestión de la calidad ofrece la opción de aplicar diferentes herramientas para mejorar la planificación y el desarrollo de productos y servicios, asegurando el cumplimiento de los requisitos y expectativas del cliente en cada fase del proceso. Estas herramientas permiten identificar posibles problemas en el proceso de producción, desde el diseño del producto, y tomar medidas antes de que los errores se produzcan (Evans R. y Lindsay M., 2015).

Como parte del proceso de aplicación de estas herramientas se incluye:

- El análisis de los requisitos del cliente para comprender sus necesidades y expectativas, permitiendo que el diseño de los productos satisfaga estas demandas.
- El desarrollo de especificaciones a partir de la revisión de los requisitos del cliente y las especificaciones técnicas y funcionales del producto, que sirven como base para el diseño de producción.
- La identificación temprana de riesgos y problemas potenciales en el diseño o en la ejecución de un proceso, lo que permite abordar y corregir errores antes de que afecten la calidad del producto final y se establezca una línea de producción en serie.

- La optimización del diseño mediante la evaluación de la funcionalidad, eficiencia, eficacia y facilidad de elaboración.
- La realización de pruebas que simulen las condiciones del mundo real, evaluando la calidad final del producto antes de su producción en masa (Cristiano et ál., 2001).

Además, la gestión de la calidad aplica el ciclo de mejora continua PHVA (planear, hacer, verificar, actuar) como metodología para el control y la mejora de los procesos. De este modo, la integración de la gestión de la calidad y la ingeniería concurrente busca estructurar procesos flexibles que se ajusten conforme se encuentren las mejores formas de fabricación, respondiendo a los requisitos establecidos por el cliente y las partes interesadas. Esto permite establecer un sistema de retroalimentación que facilita a los equipos de ingeniería aprender de las experiencias pasadas y mejorar continuamente los procesos y productos (Ocaña-Raza et ál., 2017).

En la literatura existen trabajos que han abordado la integración de la gestión de la calidad con la ingeniería concurrente, y estos han sido identificados como base principal para el abordaje de este proyecto. Así, por ejemplo, el estudio realizado por Rihar y Kušar (2021) se enfoca en el impacto de las estrategias de la ingeniería concurrente, los métodos y herramientas para productos sostenibles. Los autores presentan un método personalizado de implementación de funciones de calidad (QFD) llamado "la casa de la calidad", que traduce a los requisitos de sostenibilidad en soluciones técnicas para un producto. También, proponen un proceso de siete pasos para implementar un proyecto de un producto sostenible, en el que "la casa de la calidad" es una de las herramientas más importantes. El resultado es la realización de un producto con los elementos de la ingeniería concurrente para ordenar la producción.

Por otro lado, Salman (2020) tiene como objetivo investigar la tecnología de ingeniería concurrente y sus características, conceptos y mecanismos, centrándose en el impacto que tiene en la reducción de costos y el desarrollo de productos. Así, utilizando productos de General Electric Industries Company como muestra, se emplea la herramienta de implementación de funciones de calidad (QFD). Este método se destaca por convertir las necesidades del cliente y los requisitos de calidad en características del producto, facilitando el desarrollo del diseño y la reducción de costos. Los resultados revelan diferencias significativas en el tiempo de acceso al mercado al utilizar la ingeniería concurrente, evidenciando una considerable reducción de costos.

Hussain y Sorour (2021), por otra parte, buscaron identificar una tecnología de ingeniería simultánea sustentable y aclarar la importancia de esta en la reducción de costos y la gestión de calidad total (TQM) en una etapa temprana del diseño y fabricación del producto, con el objetivo de proporcionar productos a precios razonables en respuesta al deseo del cliente. El objetivo aplicado de la investigación fue proporcionar datos e información sobre los

beneficios y dificultades esperados de aplicar la ingeniería concurrente sustentable en el diseño y desarrollo de productos, reduciendo el tiempo de desarrollo, mejorando la calidad, disminuyendo costos y logrando así la satisfacción del cliente. La aplicación de tecnología de ingeniería concurrente sostenible contribuye a reducir los costos de gestión de calidad total.

Asimismo, Hamad y Sabir (2023) investigaron el impacto de la ingeniería concurrente en la mejora del valor del producto en empresas de la región del Kurdistan. Recopilaron datos primarios mediante cuestionarios distribuidos a 275 empresas y obtuvieron 215 respuestas válidas analizadas con SPSS 25. El estudio buscó evaluar la correlación y regresión entre variables dependientes e independientes. Los resultados revelaron una correlación positiva y estadísticamente significativa entre la ingeniería concurrente y la mejora del valor del producto. Esto indica una relación positiva y significativa con aspectos como la reducción de costos, satisfacción del cliente, productividad, calidad del producto y precios competitivos.

Además, resulta interesante el artículo de Belay et ál. (2011), un caso de estudio desarrollado en la empresa Brewery. En este se analiza el efecto de las prácticas de gestión de calidad y la ingeniería concurrente en la mejora del desempeño laboral. Este estudio analiza información relacionada con el crecimiento real de los resultados comerciales de la empresa, y los compara con los resultados empresariales ideales de una organización de mejora continua. Los resultados muestran que existe una relación directa entre TQM y CE y la mejora del desempeño comercial de la empresa. Además, se presenta el modelo de mejora empresarial propuesto y los modelos de implementación modificados de TQM y CE. De esta forma, se determina que, a nivel empresarial, se ha generado la necesidad de establecer sinergias, para las diferentes etapas de elaboración de un producto, entre la ingeniería concurrente y la gestión de la calidad, enmarcada en ciclos de mejora continua.

Algunos artículos consultados no hablan directamente de una metodología integrada de ambos sistemas, sino que asumen que la integración debe ser permanente para obtener los resultados adecuados. Así, por ejemplo, el estudio desarrollado por Azeez y Al-Tayar (2021), se centra en la ingeniería concurrente como base importante para el desarrollo de productos, teniendo en cuenta el tiempo de fabricación y la calidad de los mismos. Este artículo muestra el papel desempeñado por el desarrollo de la ingeniería concurrente a través de sus cuatro dimensiones y una adicional en la que el diseño sostenible del producto es un complemento de las demás. Así las cosas, los resultados muestran dos aspectos: primero, se presenta el papel de la ingeniería concurrente en el desarrollo de productos; y segundo, se muestra la contribución de cada una de las cuatro dimensiones de la ingeniería concurrente para mejorar la competitividad a través de sus indicadores. Este hallazgo revela un rápido acceso a productos sustentables que satisfacen los deseos de los clientes con bajos costos, lo que a su vez se refleja en la mejora de la competitividad de las empresas y de la calidad de los productos.

Del mismo modo, es de resaltar el análisis del artículo presentado por Campione (2022), en el que se presenta a la ingeniería concurrente como un enfoque multidisciplinario que ha estado emergiendo desde hace algunas décadas, con el objetivo final de satisfacer al cliente mediante la reducción de costos y tiempo de comercialización, y la mejora de la calidad del producto. Este trabajo analiza las nuevas tendencias y desafíos emergentes del tema, con el fin de disminuir los tiempos de desarrollo de productos, hacer más rápidos y eficientes los nuevos desarrollos, y aumentar la calidad.

En otro estudio se analiza la teoría del sistema gris en tecnología de inteligencia artificial combinada con QFD para desarrollar QFD gris, utilizado para resolver problemas con la ponderación de los requisitos del cliente (CR) y determinar la matriz de diseño entre CR y la ingeniería del producto (EC), lo cual se ha convertido en el foco y la dificultad de QFD. El modelo presentado primero recopila los valores de evaluación entre las imágenes estéticas y la satisfacción del cliente. En segundo lugar, los expertos en el dominio descomponen la forma del producto en una tabla de análisis morfológico, y Delphi difuso examinó las CE clave y las importó al techo de QFD. Por último, se estableció la matriz de diseño del producto estético entre CR y EC, y se calcularon y clasificaron los pesos finales de cada EC utilizando el grado de relación gris. Como resultado se obtiene la calidad estética del producto objetivo y la optimización de las CE del producto correspondiente (Wang et ál., 2023).

Otro estudio fue el realizado por Reyes-Sanjuán (2017), en el cual se implementó la ingeniería concurrente en la gestión de una empresa dedicada a la publicidad. La implementación comenzó con la detección de debilidades en la integración de los diferentes procesos organizacionales, humanos, tecnológicos, de información, de mercado, y de diseño y desarrollo publicitario. Según los investigadores, el desarrollo de una metodología integradora que aplique la ingeniería concurrente y la gestión de la calidad genera en este tipo de organizaciones publicitarias la posibilidad de mejorar sus desempeños organizacionales y cumplir con los estándares de los procesos, entregando al final un producto de calidad que satisfaga los requerimientos del cliente.

El propósito principal del presente artículo es desarrollar una metodología, basada en un caso de estudio de elaboración de mobiliario urbano a nivel de laboratorio, para integrar la Ingeniería concurrente y la Gestión de calidad.

La importancia de esta investigación reside en varios aspectos: 1) se enfoca en mejorar la eficiencia en el desarrollo de productos, lo cual resulta fundamental para reducir costos, acelerar su llegada al mercado y aumentar la competitividad de una empresa; 2) promueve la combinación de metodologías como la Ingeniería concurrente y la Gestión de calidad, lo que potencialmente mejora la efectividad y eficiencia en el desarrollo de productos; 3) también se destaca la gestión de calidad, que asegura que los productos cumplan con los requisitos y expectativas del cliente, lo cual es crucial para mantener la satisfacción del cliente y la

reputación empresarial; 4) la investigación se centra en optimizar el diseño de productos, buscando hacerlos más funcionales, eficientes y fáciles de fabricar, lo que conduce a mejorar su calidad y rentabilidad; y 5) se enfatiza en la aplicación del ciclo de mejora continua PHVA, que implica la revisión constante y la optimización de procesos para fomentar mejoras continuas en el desarrollo de productos.

Metodología

La investigación se basó en un enfoque cualitativo descriptivo de tres fases: diseño de producto, ingeniería concurrente y gestión de calidad. Este enfoque permitió el diseño y desarrollo de un prototipo de mobiliario urbano sostenible a escala de laboratorio, con el objetivo de analizar coincidencias en el proceso de diseño y elaboración, y evaluar los resultados finales (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018). La secuencia metodológica detallada se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Metodología de integración de Ingeniería concurrente y Gestión de calidad para el desarrollo de productos

Fases	Actividades	Técnicas de recolección de datos
1. Diseño de producto	<ul style="list-style-type: none"> Diseño de detalle Prototipado Desarrollo de pruebas 	<ul style="list-style-type: none"> Grupo focal
2. Ingeniería concurrente	<ul style="list-style-type: none"> Establecimiento de equipos Lluvia de ideas (<i>brainstorming</i>) Desarrollo de prototipos rápidos Identificación y resolución de conflictos Toma de decisiones 	<ul style="list-style-type: none"> Observación directa
3. Gestión de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de procesos Determinación de la entradas, salidas y actividades por proceso Propuesta de metodología de integración 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajo <i>in situ</i>

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se realiza una descripción de cada una de las fases y sus actividades correspondientes.

Fase 1. Diseño de producto

Esta fase se divide en tres actividades específicas:

- **Diseño de detalle:** en esta etapa se recopilan las especificaciones y expectativas de las partes interesadas respecto al producto a desarrollar, lo cual permite la creación del prototipo virtual, los planos de taller, los planos de construcción, las animaciones, simulaciones y cartas de proceso. Esto determina una primera validación y viabilidad del producto, lo que lo prepara para la construcción del modelo prototipo.
- **Prototipado:** durante esta actividad se construyen modelos o prototipos que representan la idea. Estos pueden ser maquetas simples o versiones más complejas que simulen el producto final.
- **Desarrollo de pruebas:** se realizan pruebas de concepto para validar la funcionalidad y viabilidad del producto. Durante esta etapa, el prototipo o modelo se somete a diversas pruebas y escenarios para verificar su rendimiento, conforme a las normativas y su uso final.

En esta fase, las áreas técnicas de desarrollo de producto y selección de materiales, así como las de mercado y diseño, junto con la de procesos de producción y control de calidad, colaboraron para definir el proceso de elaboración del producto. Este proceso se basó en los resultados obtenidos del prototipado y en los requisitos establecidos por el cliente.

Fase 2. Ingeniería concurrente

En esta fase se implementaron diversas actividades para fomentar la colaboración entre equipos y facilitar la ejecución simultánea de tareas y procesos, aplicando así la ingeniería concurrente. Esto se hizo teniendo en cuenta los siguientes pasos:

- **Designación de equipos:** se establecieron equipos multidisciplinarios que integraron miembros de áreas como diseño, producción y marketing, con el objetivo de promover la interacción y el flujo de información.
- **Sesiones de lluvia de ideas (*brainstorming*):** en cada equipo se propusieron soluciones innovadoras para abordar desafíos específicos del proyecto.

- Desarrollo de prototipos rápidos: esto permitió la construcción de modelos iniciales del producto, que facilitaron su evaluación, validación temprana y ajustes inmediatos basados en retroalimentación rápida.
- Identificación y resolución de conflictos: esta etapa buscó acuerdos que permitieran avanzar en el proceso de diseño y desarrollo de manera efectiva.
- Efectiva toma de decisiones: se establecieron mecanismos para la toma ágil de decisiones, minimizando así posibles retrasos.

Para validar esta fase, se observó activamente la interacción de los equipos durante sus actividades, se estudió cómo se llevaban a cabo las decisiones y cómo se manejaban los problemas. Además, se realizó una práctica con un grupo de estudiantes, en la que se llevó a cabo un ejercicio lúdico de ingeniería concurrente y gestión de calidad.

Fase 3. Gestión de la calidad

Esta fase se llevó a cabo con tres actividades principales:

1. Identificación de procesos: se llevó a cabo mediante una revisión exhaustiva de los métodos y actividades para la producción de mobiliario urbano sostenible a escala de laboratorio, con el objetivo de identificar todos los procesos involucrados en el ciclo de elaboración del producto.
2. Determinación de entradas, salidas y actividades por proceso: una vez definidos los procesos, se detallaron sus requisitos específicos, actividades y operaciones involucradas, así como información de entrada y salida necesaria para su correcta ejecución.
3. Propuesta de metodología: se propuso una metodología para integrar la ingeniería concurrente con la gestión de la calidad, tomando como referencia las etapas definidas en la ingeniería concurrente y los procesos identificados en el ciclo productivo del mobiliario urbano sostenible a escala de laboratorio.

Resultados y discusión

Fase 1: Diseño de producto

Actividad 1. Diseño de detalle

Este conjunto de actividades comenzó con la recolección de información de las áreas involucradas, tanto dentro como fuera de la organización, seguida por un proceso de creación y desarrollo de alternativas de diseño utilizando herramientas tecnológicas como CAD

(Diseño Asistido por Computador), CAM (Manufactura Asistida por Computador) y CAE (Ingeniería Asistida por Computador).

Una vez finalizadas estas acciones, se elaboró un informe técnico y se llevaron a cabo reuniones con todas las partes interesadas para la aprobación de los resultados de dichas actividades. Como punto de partida, se diligenció un documento denominado “Especificaciones de diseño de producto (PDS)”, en el cual se consideran todos los factores internos y externos que tienen que ver con el producto y están relacionados con el proceso de diseño. Este documento definió los requisitos para que el diseñador, el área técnica de desarrollo de producto y selección de materiales, y el área de producción y control de calidad llevaran a cabo el proceso de ideación. Como resultado, se generaron los diseños mediante dibujos, diagramas, presentaciones y otras herramientas disponibles en la organización.

La figura 1 representa una línea de productos diseñada en el ITM, que incluye sillas, materas y luminarias para mobiliario urbano. Estas alternativas fueron creadas utilizando un software especializado.

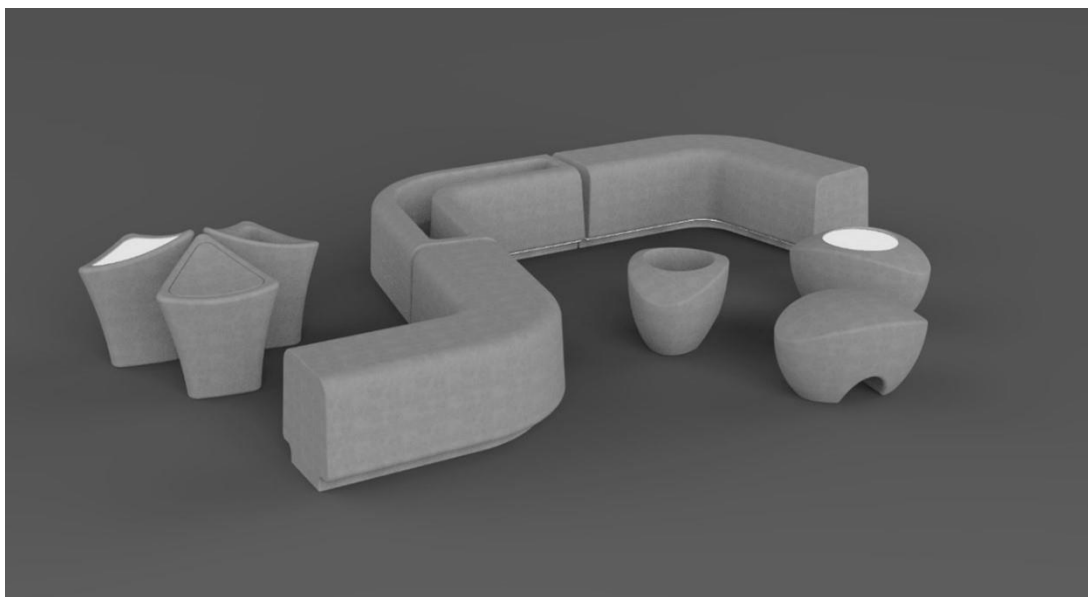


Figura 1. Alternativas de diseño de gama de productos

Nota: alternativas de diseño desarrolladas por medio del software CAD-CAM-CAE PTC Creo Parametric.

Fuente: elaboración propia.

Con la obtención de estos diseños, las tres áreas involucradas en el desarrollo del producto llevaron a cabo una evaluación cuantitativa de cada una de las alternativas, considerando los requerimientos del PDS. En la figura 2 se pueden observar productos de una línea desarrollada

en el ITM para mobiliario urbano, que incluye una materia, una luminaria y una silla. Estos productos son el resultado de la fase 1 de este proceso.

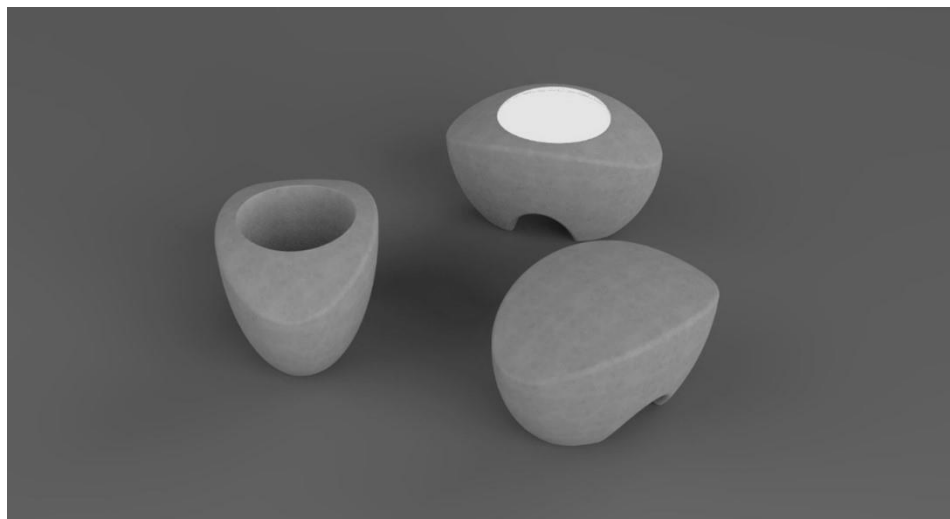


Figura 2. Alternativa de diseño seleccionada

Nota: familia de productos Zía, alternativa seleccionada.

Fuente: elaboración propia.

A partir de esto, se definieron los productos finales de la gama, lo cual permitió que el equipo de diseñadores procediera con la elaboración de planos detallados para cada uno de los componentes y las simulaciones para evaluar su comportamiento mecánico y su viabilidad en manufactura. La figura 3 muestra la simulación de una materia, uno de los productos diseñados en el ITM con un software empleado en esta fase; esto valida su viabilidad para la fabricación en los procesos de producción.

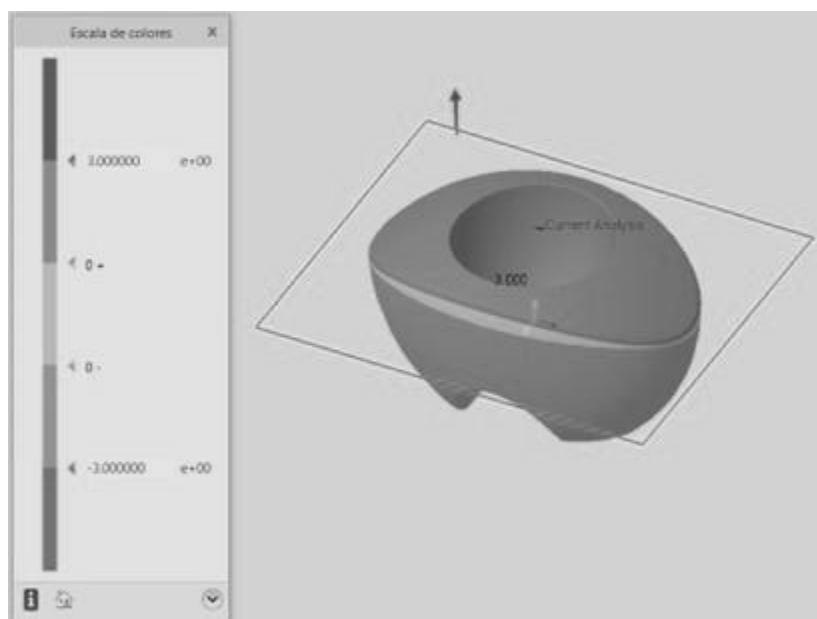


Figura 3. Simulación de ángulos de salida del producto

Nota: simulación de ángulos de salida para determinar la viabilidad de fabricación del prototipo

Fuente: elaboración propia

Actividad 2: Prototipado

Para esta actividad, el equipo de trabajo de las tres áreas realizó una programación detallada de la manufactura de cada una de las partes y diseñó los herramentales necesarios para fabricar cada elemento. Así, la figura 4 muestra una materia junto con cada uno de los elementos que formaron parte del molde utilizado en el proceso de fabricación. En ella se pueden observar los tres tipos de herramentales resultantes del proceso de simulación.

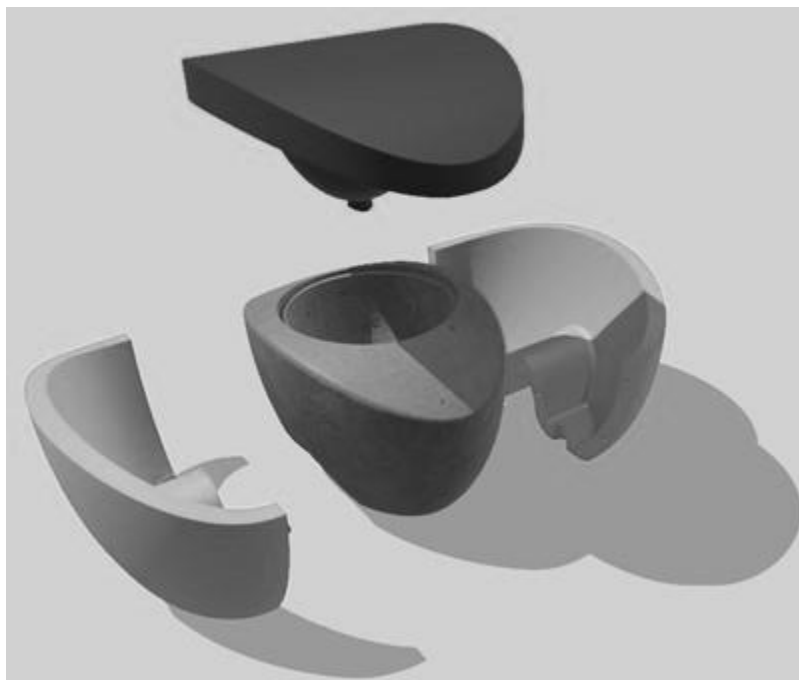


Figura 4. Diseño de herramientas para la fabricación del prototipo

Nota: Diseño de herramientas por medio de software CAD-CAM.

Fuente: elaboración propia.

Establecidos los diseños de todos los herramentales necesarios, se procedió con la fabricación y se determinaron las materias primas y partes estándar requeridas. Una vez que los herramentales estuvieron listos, se procedió con el vaciado de la mezcla de mortero sostenible en el molde desarrollado. En la figura 5, se observa al personal del proyecto preparando la mezcla de mortero sostenible que será vertida en el molde construido durante la actividad de prototipado.



Figura 5. Preparación de mezcla del mortero sostenible

Nota: elaboración del mortero sostenible en el laboratorio de construcción del Instituto Tecnológico Metropolitano.

Fuente: elaboración propia.

Después de completar el vaciado de la pieza, se llevó a cabo el post-procesamiento para eliminar rebabas y pulir las superficies con el fin de lograr el acabado superficial deseado. En la figura 6 se puede observar una silla, del grupo de productos diseñados en el ITM, vaciada en el molde desarrollado durante el prototipado, utilizando una mezcla sostenible y herramientas de software especializado.



Figura 6. Prototipo Zía post-procesado.

Nota: prototipo de producto Zía post-procesado y pulido.

Fuente: elaboración propia.

Actividad 3: Desarrollo de Pruebas

A partir de los requerimientos del PDS, el equipo de trabajo elaboró un plan de pruebas, teniendo en cuenta los requisitos de cada área, que incluía la apariencia, proporción y acabados superficiales para evaluar el funcionamiento del prototipo en diversas dimensiones. Además, se llevó a cabo una evaluación del proceso de manufactura para identificar posibles restricciones durante el vaciado y el post-procesado, complementado con pruebas mecánicas para verificar su desempeño en condiciones reales.

Una vez completadas las pruebas, todas las áreas colaboraron en la elaboración de un informe técnico que documentó todas las actividades realizadas en esta fase. Posteriormente, se llevó a cabo una reunión con las partes interesadas para recibir retroalimentación y realizar los ajustes pertinentes antes de proceder con la siguiente fase del proyecto.

Fase 2: Ingeniería concurrente

En esta fase, se estableció el alcance del desarrollo y el diseño de productos, definiendo las entradas y salidas necesarias para avanzar en el proyecto iniciado en la fase anterior. Para validar la fase 2, se llevó a cabo una actividad lúdica con estudiantes, que sirvió como ejemplo de la metodología de ingeniería concurrente de la siguiente manera:

Actividad 1: Establecimiento de equipos

Se formó un equipo interdisciplinario compuesto por expertos en diversas áreas relacionadas con el proyecto. Estos profesionales colaboraron para consolidar ideas, ponerlas a prueba y llevarlas a cabo de manera efectiva.

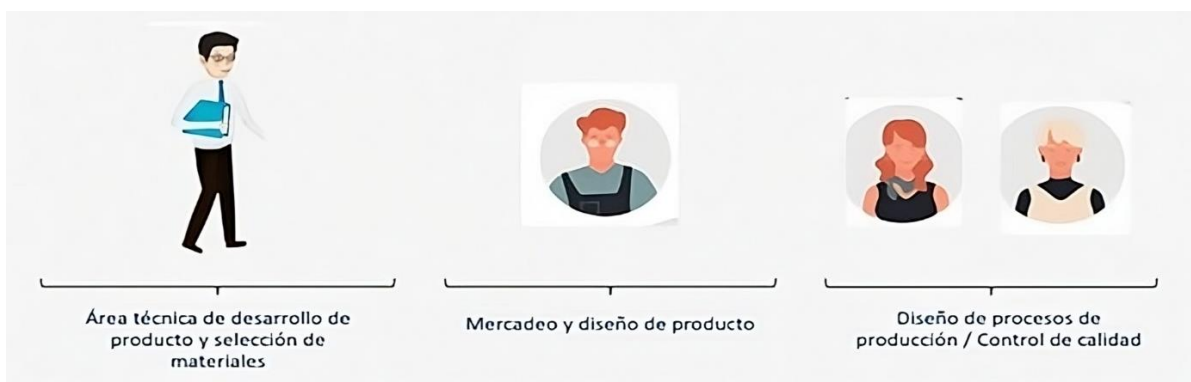


Figura 7. Equipo de trabajo

Fuente: elaboración propia.

Para establecer el equipo de trabajo, como se muestra en la figura 7, se convocaron expertos en el área técnica de desarrollo de producto y selección de materiales; ellos garantizaron el desarrollo de los elementos requeridos en la fase 1. También participaron profesionales de mercadeo y diseño, responsables de interpretar las necesidades del mercado y trasladarlas al producto final, y personal encargado del diseño de procesos de producción y sistemas de control de calidad.

El trabajo conjunto de estas áreas materializó los procesos en un entorno de laboratorio, permitiendo el análisis detallado de los procesos y la estandarización de los sistemas conforme a los requerimientos de los clientes. Con este equipo, se dio inicio a una etapa crucial para consolidar todo el proceso de diseño, ingeniería concurrente y gestión de la calidad.

Actividad 2. Lluvia de ideas (brainstorming)

Para la actividad de lluvia de ideas (*brainstorming*), el equipo de trabajo se reunió en un ambiente creativo, como se muestra en la figura 8, donde estudiantes participaron activamente junto con los líderes del equipo interdisciplinario. Esta sesión tuvo lugar en uno de los laboratorios del ITM, donde todos los participantes, basándose en los desafíos planteados, contribuyeron con ideas y soluciones para el desarrollo del producto.



Figura 8. Equipo en momento creativo

Fuente: elaboración propia.

El proceso desarrollado por el equipo se representa en la figura 9, que muestra el diagrama de flujo con cada uno de los pasos. La primera etapa comenzó con la formación del equipo de trabajo, la planificación de los requisitos necesarios para la producción del producto, la entrega de materiales, y el seguimiento de las instrucciones adecuadas para llevar a cabo el trabajo. Luego, se llevó a cabo el proceso de desarrollo de mezclas, se llenaron los moldes con una mezcla analizada según estándares de calidad, y se procedió con el secado del producto. Esta estrategia permitió el registro de información detallada y el análisis de datos correspondiente.

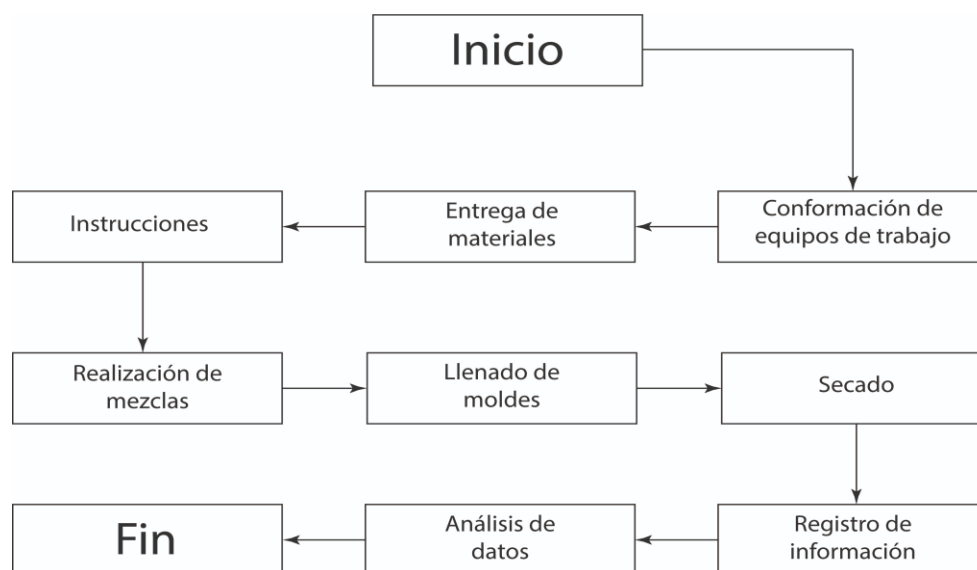


Figura 9. Diagrama de flujo para el trabajo con los estudiantes

Fuente: elaboración propia.

Actividad 3. Desarrollo de prototipos rápidos

La dinámica de trabajo comunicativo entre todas las áreas permitió, como se evidencia en la fase de diseño, el desarrollo de prototipos rápidos y la toma de acciones sobre el proceso en tiempo real. No se trata simplemente de crear prototipos por cumplir, sino de seguir meticulosos procesos conforme a los estándares de gestión de calidad. Así, la figura 10 representa las etapas clave del proceso que se debe ejecutar, como el subproceso de moldeado. Además, se observó y registró detalladamente cada paso del proceso, asegurando que se documentara correctamente. Posteriormente, se compararon los valores obtenidos con los rangos de aceptación establecidos, garantizando que se cumplieran los criterios requeridos. Todos los resultados se documentaron y comunicaron de forma continua a todo el equipo participante.

La figura 10 ilustra cómo el proceso de moldeado comienza con la identificación de parámetros críticos para la inspección. Luego, se preparan los equipos y herramientas necesarios para ejecutar el proceso, verificando el estado de cada insumo utilizado. Mientras esto sucedía, se llevó a cabo una observación y registro exhaustivo desde el inicio hasta la conclusión del proceso, detallando paso a paso. Los valores medidos se compararon con los rangos establecidos para asegurar que estos cumplieran con los criterios de aceptación. Estas pruebas se realizaron en muestras del producto. Además, todos los resultados de la inspección se documentaron de manera clara y precisa, y se comunicaron a todas las áreas involucradas para facilitar la toma de las acciones necesarias en el proceso.

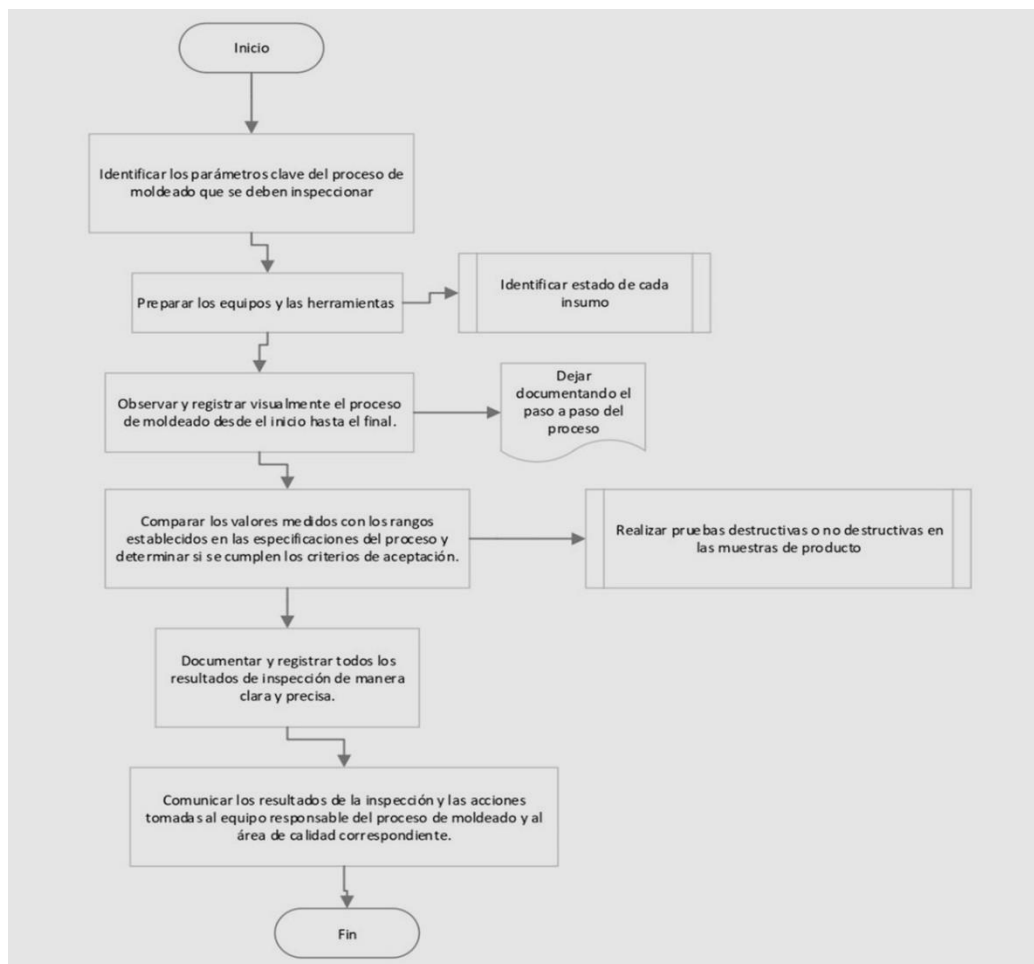


Figura 10. Proceso de moldeo

Fuente: elaboración propia

Actividad 4. Identificación y resolución de conflictos

Uno de los conflictos que se evidenciaron durante el trabajo fue el de la comunicación. Por eso, este elemento se convirtió en el centro de la metodología desarrollada, ya que una comunicación inadecuada puede generar productos no conformes y, por ende, aumentar los costos por fallos de calidad.

Actividad 5. Toma de decisiones:

El desarrollo de las actividades de ingeniería concurrente, que demanda una comunicación integral entre todas las áreas, garantizó que el diseño cumplía con las normativas del proceso. Además, permitió que los miembros del equipo reflexionaran sobre su papel en los procesos de diseño y producción, lo cual es crucial para la toma de decisiones.

La figura 11 muestra un prototipo del producto denominado "silla", para el que se utilizó el molde y la mezcla desarrollados en la fase de diseño.



Figura 11. Trabajo Ingeniería concurrente

Fuente: elaboración propia.

Fase 3: Gestión de la calidad

Actividad 1: Identificación de procesos

Para identificar los procesos, se realizó una revisión exhaustiva de todas las actividades y etapas relevantes durante la creación de mobiliario urbano sostenible a nivel de laboratorio. A partir de esta revisión, se elaboró un mapa detallado del proceso productivo, que se resume en la figura 12. Este mapa comienza con los requisitos del cliente y culmina con la validación final del producto por parte del mismo. Además, se describen los procesos estratégicos, operativos y de apoyo que se consideraron en el modelo productivo del mobiliario urbano sostenible.

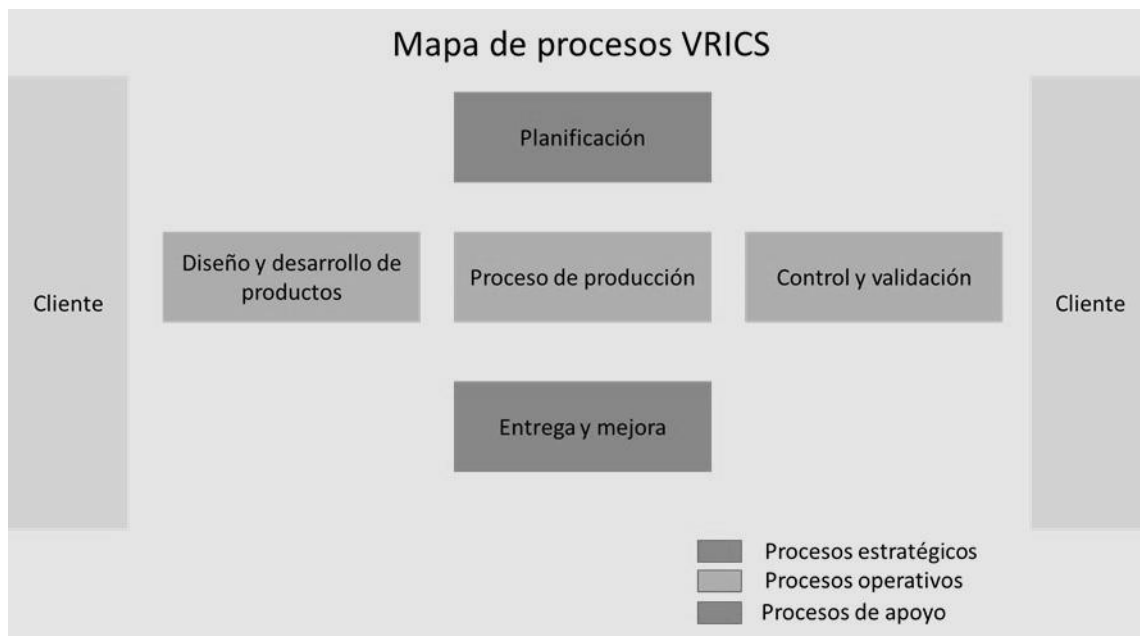


Figura 12. Mapa de procesos

Fuente: elaboración propia

Además, en la tabla 2 se describe el objeto principal de cada uno de los procesos:

Tabla 2. Objetivos por proceso

Tipo de proceso	Nombre	Objetivo
Estratégico	Planeación	El objetivo de este proceso es identificar y definir los alcances de cada producto de mobiliario urbano a desarrollar. Para lograrlo, es necesario evaluar el entorno y los recursos disponibles, determinar los recursos necesarios para la ejecución de estos planes, establecer estrategias y acciones orientadas a alcanzar los objetivos y priorizar las tareas y actividades planificadas. Esto debe hacerse dentro del marco del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).
Operativo	Diseño y desarrollo de productos	El objetivo de este proceso es desarrollar productos que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes, considerando tanto la viabilidad técnica como la financiera. Además, se evalúa el cumplimiento de los requisitos y la eficiencia del proceso para su optimización.
	Proceso de producción	El propósito de este proceso es transformar materias primas o insumos en productos finales de manera eficaz, rentable y conforme a los estándares de calidad establecidos. Durante este proceso, se realiza un análisis para mejorar la flexibilidad del proceso de producción, reducir

		los desperdicios, cumplir con los plazos de entrega y fomentar la innovación en los procesos.
	Control y validación	Con este objetivo se busca asegurar la calidad y la conformidad de los productos. Para lograrlo, se llevan a cabo actividades como la evaluación de la conformidad con las especificaciones, el cumplimiento normativo, la reducción de desviaciones, la documentación y el registro, así como el control de indicadores de seguimiento.
Apoyo	Entrega y mejora	El objetivo de este proceso es garantizar la entrega efectiva y eficiente de productos o servicios a los clientes, con un enfoque constante en la mejora de los procesos. Como un proceso de apoyo integral, se extiende a todos los demás procesos, incluyendo la evaluación de la retroalimentación y satisfacción del cliente, la optimización de costos, la adaptación al cambio, la gestión de devoluciones, la capacitación, entre otros aspectos clave.

Fuente: elaboración propia.

Actividad 2: Determinación de entradas, salidas y actividades por proceso

Una vez definidos los procesos, se procedió al levantamiento detallado de requisitos, incluyendo actividades específicas y operaciones para cada uno, así como la información necesaria de entrada y salida. Se crearon mapas de flujo por proceso para identificar las interacciones entre actividades, asegurando el cumplimiento óptimo de estándares y requisitos. La comunicación se integró como un estándar fundamental de la ingeniería concurrente en la elaboración de productos.

Actividad 3: Propuesta metodológica de integración

Basada en las etapas de la ingeniería concurrente y los procesos identificados en la producción, esta actividad se centró en la estructura por procesos y la comunicación. Se priorizó la identificación de sinergias e interacciones necesarias entre cada proceso para la implementación y desarrollo de productos de mobiliario urbano sostenible. Además, se destacó la importancia de establecer un proceso de comunicación transversal y continuo para facilitar la flexibilidad conforme a la estructura presentada, fortaleciendo así una ingeniería concurrente más efectiva (ver figura 13).

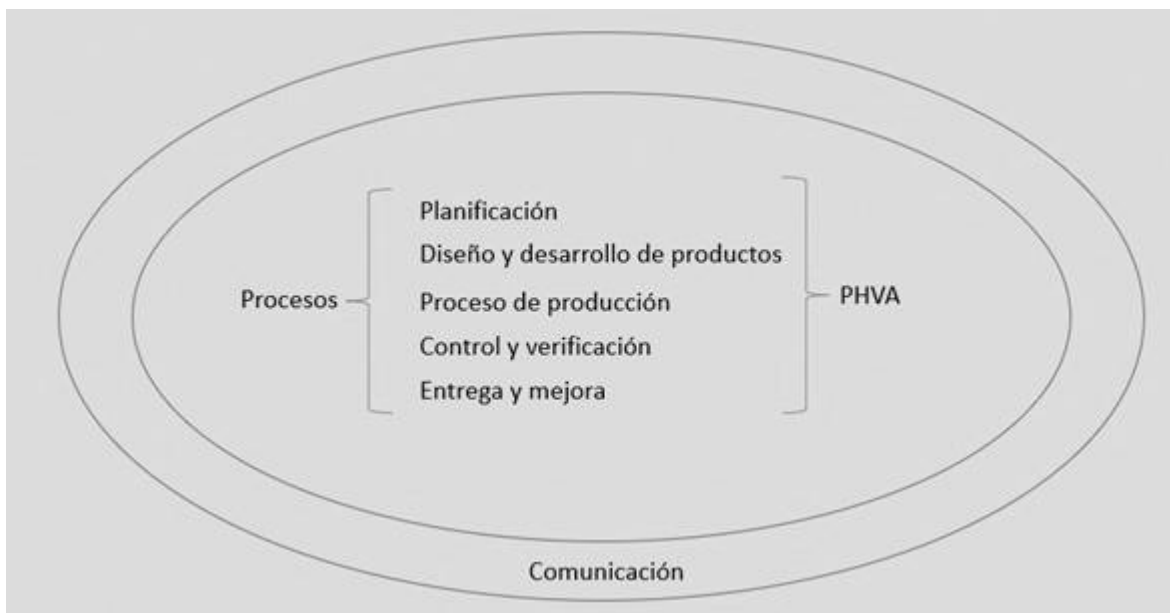


Figura 13. Metodología integradora.

Fuente: elaboración propia.

Con lo anterior, se reconoce la necesidad imperativa de establecer un proceso de comunicación continuo y efectivo que involucre a todas las partes interesadas en la propuesta metodológica. Esto es crucial para asegurar resultados óptimos en la producción del mobiliario urbano.

Conclusiones

El diseño del producto, la ingeniería concurrente y la gestión de la calidad se combinan como una tríada perfecta para el desarrollo exitoso del proceso de diseño descrito en el caso de estudio. El diseño sentó las bases, la ingeniería concurrente optimizó el proceso, y la gestión de la calidad aseguró que el producto final cumpliera con todas las especificaciones establecidas. Estas disciplinas conjuntas redujeron tiempos y costos, y aumentaron la satisfacción del cliente. La aplicación del ciclo PHVA y la ingeniería concurrente permitió flexibilizar los procesos a nivel de laboratorio. A través de la observación y la comunicación desde diversas perspectivas académicas, el equipo pudo compartir y aprender métodos de trabajo e implementación de procesos en diferentes áreas.

La fase de ingeniería concurrente facilitó el establecimiento de un alcance claro para el desarrollo y diseño de productos, validado mediante una actividad lúdica con estudiantes que ejemplificó la metodología. La ejecución de cada actividad de esta fase integró todas las áreas y generó diseños que cumplieran con las normas exigidas, destacando el rol crucial de cada

miembro en la toma de decisiones informadas y efectivas. Esto ilustra cómo la ingeniería concurrente mejora la eficiencia y calidad en el desarrollo de productos.

Además, se identificó que la comunicación continua entre los procesos es fundamental tanto para el desarrollo como para el cumplimiento de los estándares de calidad del producto, constituyendo una estructura esencial para integrar la ingeniería concurrente con la gestión de la calidad. Asimismo, la comunicación efectiva entre las áreas de trabajo facilitó la colaboración entre los miembros del equipo y permitió un trabajo conjunto y eficiente de acuerdo a sus habilidades. Esto contribuyó a acelerar los procesos de desarrollo del producto, a reducir desperdicios y a estandarizar las etapas de trabajo.

Con esto, se logró una mejora significativa en la minimización de productos no conformes, resultado de la articulación temprana de la comunicación entre las partes interesadas para realizar los ajustes necesarios desde el inicio de los procesos. Esto también demostró mejoras en la optimización del proceso, reduciendo costos, aumentando la eficiencia, la productividad y manteniendo los estándares de producción según los requerimientos y necesidades del usuario.

La posibilidad de implementar una metodología integradora surge cuando existe una planificación clara del proceso. Esto permite que los procesos operativos, como el diseño y desarrollo de productos, la producción, el control y la validación, se desarrollen de manera simultánea, facilitando su adaptación. En este contexto, la comunicación se convierte en el principal facilitador para la ejecución y validación de las actividades y productos finales. En el proyecto, esta comunicación se llevó a cabo mediante reuniones periódicas con los líderes de proceso, lo que facilitó la implementación de mejoras, así como el control y la validación de los productos y requisitos.

La integración de la gestión de calidad y la ingeniería concurrente ha sido aplicada con éxito en empresas de diversos sectores productivos que gestionan procesos rápidos de innovación desde diferentes perspectivas de integración. Por lo anterior, la metodología integradora aplicada en este caso de estudio podría ser extrapolada a otras industrias creativas para validar sus resultados en dichas aplicaciones.

Referencias

- Anderson, D. M. (2020). *Design for manufacturability: how to use concurrent engineering to rapidly develop low-cost, high-quality products for lean production*. CRC press.
- Azeez, K. A., y AL-tayar, H. S. N. (2021). The Role of Developed Concurrent Engineering on Enhancing a Competitive Capability for Manufacturing Firms. *Webology*, 18(Special issue on Management and Social Media), 322-338.

- Belay, A.M., Takala, J., Helo, P. & Kasie, M.F. (2011). Effects of Quality Management Practices and Concurrent Engineering in Business Performance. *International journal of business and management* 6(3), 45-62. <http://doi.org/10.5539/ijbm.v6n3p45>.
- Campione, P. (2022). Concurrent engineering: a comprehensive analysis of process, people, technology, and emerging trends in manufacturing. [Tesis doctoral, *Politecnico di Milano*]. <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/210423>.
- Cristiano, J. J., Liker, J. K., y CC III, W. (2001). Key factors in the successful application of quality function deployment (QFD). *IEEE transactions on engineering management*, 48(1), 81-95.
- Evans R., J. y Lindsay M., W. (2015). *Administración y control de la calidad: control estadístico de procesos, herramientas para la mejora de los procesos, control estadístico de procesos*. Edmsa impresiones S.A.
- Figueroa Morán, G. L., Paladines Morán, J. P., Paladines Morán, J. N., Caicedo Plúa, C. R., y Romero Castro, M. I. (2017). *Modelo de plan estratégico de sistemas para la gestión y organización a través de una plataforma informática*. Editorial área de innovación y desarrollo, S.I.
- Guerra Bretaña, R. M. y Carmen, M. d. (2012). *Gestión de la calidad: conceptos, modelos y herramientas*. Editorial Universidad de la Habana.
- Guerrero Martínez, C., Torres Roca, E., Sanz Buades, V. y Juárez Varón, D. (2014). Aspectos destacables de la ingeniería concurrente. *3C Tecnología*, 123-130.
- Hamad, Q. Z., y Sabir, R. A. (2023). The Impact of Concurrent Engineering (CE). Technique On Improve Value of Product. *Webology*, 20(3).
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill.
- Hussain, B. M. y Sorour, M. J. (2021). Concurrent sustainable engineering mainly to reduce TQM costs. *Social Science and Humanities Journal (SSHJ)*, 5(11), 2434-2445.
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2009). *Herramientas para la mejora de la calidad*. UNIT.
- Marín, Y. y Marín, M. (2009). *Procesos productivos y administrativos*. ITM. <http://hdl.handle.net/20.500.12622/1903>.
- Medina León, A., Nogueira Rivera, D., Hernández-Nariño, A. y Comas Rodríguez, R. (2019). Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 27(2), 328-342.
- Ocaña-Raza, E., Lara-Calle, A., Mayorga-Paredes, R. y Saá-Tapia, F. (2017). Rediseño de procesos utilizando herramientas técnicas alineadas al enfoque Harrington y ciclo PHVA. *CienciAmérica*, 6(2), 101-108.
- Reyes Sanjuán, D. M. (2017). *Diseño de una metodología de evaluación para el proceso de diseño y desarrollo de servicios desde la ingeniería concurrente: caso sector publicitario* [tesis de maestría, Universidad del Norte]. Repositorio Universidad del Norte. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/8964#page=1>
- Riba, C., & Molina, A. (2006). *Ingeniería concurrente-una metodología integradora*. Ediciones UPC, 314. <http://hdl.handle.net/2117/7851>
- Rihar, L., yy Shi, C. y Kušar, J. (2021). Implementing concurrent engineering and QFD method to achieve realization of sustainable project. *Sustainability*, 13(3), 1091.
- Salman, A. D. (2020). Using concurrent engineering technique to develop the product and reduce its costs. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 17(6), 1364-1385.
- (2023). Using grey-quality function deployment to construct an aesthetic product design matrix. *Concurrent Engineering*, 31(1-2), 49-63. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1063293X221142289>