

**DEL RECONOCIMIENTO FORMAL A LA COMPRENSIÓN SEMÁNTICA:
REPENSANDO LA ENSEÑANZA DE LOS PATRONES DE PORCELANA
FALANGCAI EN LA EDUCACIÓN EN DISEÑO CERÁMICO EN JINGDEZHEN,
PROVINCIA DE JIANGXI, CHINA**

**DO RECONHECIMENTO FORMAL À COMPREENSÃO SEMÂNTICA:
REPENSANDO O ENSINO DOS PADRÕES DE PORCELANA FALANGCAI NA
EDUCAÇÃO EM DESIGN CERÂMICO EM JINGDEZHEN, PROVÍNCIA DE JIANGXI,
CHINA**

**FROM FORMAL RECOGNITION TO SEMANTIC UNDERSTANDING: RETHINKING
FALANGCAI PORCELAIN PATTERN INSTRUCTION IN CERAMIC DESIGN
EDUCATION JINGDEZHEN, JIANGXI PROVINCE IN CHINA**



Qinyi YU¹

e-mail: yuqinyi123@hotmail.com



Norfarizah Mohd BAKHIR²

e-mail: farizah@usm.my

Cómo citar este artículo:

Yu, Q., & Bakhir, N. M. (2026). Del reconocimiento formal a la comprensión semántica: repensando la enseñanza de los patrones de porcelana Falangcai en la educación en diseño cerámico en Jingdezhen, provincia de Jiangxi, China. *Revista on line de Política e Gestão Educacional*, 30(esp1), e026025. <https://doi.org/10.22633/rpge.v30iesp1.20933>.



| Enviado el: 07/01/2026
| Revisiones requeridas el: 22/02/2026
| Aprobado el: 16/03/2026
| Publicado el: 30/03/2026

Editor: Prof. Dr. Sebastião de Souza Lemes

Editor ejecutivo adjunto: Prof. Dr. José Anderson Santos Cruz

¹ University Sains Malaysia, 11800 Penang, Malasia. Candidato a doctorado, Escuela de Artes.

² University Sains Malaysia, 11800 Penang, Malasia. Doctor, Escuela de Artes.

RESUMEN: Este estudio investiga la incorporación de elementos culturales tradicionales chinos en el diseño de juegos de té de porcelana mediante el marco de la morfosemántica, tomando como caso de estudio la porcelana Falangcai. Utilizando registros de archivo del Taller Imperial, los investigadores desarrollaron bases de datos RGB y espectrales (350–950 nm) específicas para la porcelana Falangcai de Jingdezhen. Las características estéticas fueron categorizadas de manera sistemática utilizando la teoría fundamentada en combinación con el modelo híbrido KANO-AHP. Para innovar y restaurar los patrones Falangcai, se implementó un flujo de trabajo asistido por IA generativa, empleando Stable Diffusion junto con la adaptación de bajo rango (LoRA). Los resultados revelan que el AIGC actúa como un puente eficaz entre la artesanía tradicional y las prácticas contemporáneas de diseño. Además, el estudio destaca estrategias de innovación digital para la porcelana Falangcai al incorporar principios de diseño sostenible, proporcionando aportes prácticos para la modernización de este patrimonio cultural inmaterial.

PALABRAS CLAVE: Patrones de porcelana Falangcai. Pintura Falangcai. Contenido generado por inteligencia artificial (AIGC). Modelo híbrido KANO-AHP. Tecnología de adaptación de bajo rango (LoRA).

RESUMO: Este estudo investiga a incorporação de elementos culturais tradicionais chineses no design de conjuntos de chá em porcelana por meio do referencial da morfossemântica, tendo como estudo de caso a porcelana Falangcai. Utilizando registros de arquivo da Oficina Imperial, os pesquisadores desenvolveram bancos de dados RGB e espectrais (350–950 nm) específicos para a porcelana Falangcai de Jingdezhen. As características estéticas foram categorizadas de forma sistemática com base na teoria fundamentada, em combinação com o modelo híbrido KANO-AHP. Para inovar e restaurar os padrões Falangcai, foi implementado um fluxo de trabalho assistido por IA generativa, utilizando Stable Diffusion associado à adaptação de baixo ranque (LoRA). Os resultados indicam que o AIGC atua como uma ponte eficaz entre o artesanato tradicional e as práticas contemporâneas de design. Além disso, o estudo destaca estratégias de inovação digital para a porcelana Falangcai ao incorporar princípios de design sustentável, oferecendo subsídios práticos para a modernização desse patrimônio cultural imaterial.

PALAVRAS-CHAVE: Padrões de porcelana Falangcai. Pintura Falangcai. Conteúdo gerado por inteligência artificial (AIGC). Modelo híbrido KANO-AHP. Tecnologia de adaptação de baixo ranque (LoRA).

ABSTRACT: This study investigates the incorporation of traditional Chinese cultural elements into porcelain tea set design through the framework of morphosemantics, focusing on Falangcai porcelain as a case study. Utilizing archival records from the Imperial Workshop, researchers developed RGB and spectral databases (350–950 nm) specific to Jingdezhen Falangcai porcelain. Aesthetic features were systematically categorized using grounded theory in combination with the KANO-AHP hybrid model. To innovate and restore Falangcai patterns, a generative AI-assisted workflow was implemented, leveraging Stable Diffusion paired with Low-Rank Adaptation (LoRA). Findings reveal that AIGC serves as an effective bridge between traditional craftsmanship and contemporary design practices. Furthermore, the study highlights digital innovation strategies for Falangcai porcelain by incorporating sustainable design principles, providing actionable insights for modernizing this intangible cultural heritage.

KEYWORDS: *Falangcai porcelain patterns. Falangcai painted. Artificial intelligence-generated content (AIGC). KANO-AHP hybrid model. Low-rank adaptation (LoRA) technology.*

INTRODUCCIÓN

Los diseños de porcelana Falangcai representan un componente significativo de la cultura tradicional china, combinando ideas budistas, taoístas y confucianas en un marco simbólico distintivo. Las perspectivas tradicionales chinas sobre la naturaleza y la filosofía se han reflejado en los delicados diseños y la coloración Falangcai que han caracterizado la artesanía china antigua desde la dinastía Yuan (Wang, 2022). Los motivos con personajes históricos, animales y plantas poseen profundas connotaciones simbólicas.

En Jingdezhen, una de las principales regiones productoras de porcelana de China, se descubren anualmente numerosas piezas de porcelana. Las más conocidas y valiosas son las porcelanas Falangcai de las dinastías Yuan, Ming y Qing (Wu et al., 2024). Estas porcelanas Falangcai están pintadas con técnicas de pintura chinas sobre piezas en bizcocho (porcelana sin cocer) utilizando óxido de cobalto (CoO) como pigmento. Estos diseños constituyen una base fundamental para la restauración de cerámica, así como una valiosa referencia para el estudio de la economía y la cultura.

Los patrones en los fragmentos de porcelana mezclados son la única forma de distinguirlos, ya que suelen tener formas y texturas similares. Los arqueólogos experimentados suelen realizar esta tarea; de hecho, a medida que se encuentran más y más fragmentos (Zhang & Pollard, 2022), la ineficiencia de la categorización manual no puede satisfacer la demanda, lo que hace necesaria la propuesta de un enfoque de categorización automatizada. Sin embargo, la integridad de estos patrones se ve frecuentemente comprometida, además de su intrincada arquitectura. No obstante, dado que los diseños son creados a mano por artesanos, quienes a menudo se ven influenciados por los métodos de dibujo y otros elementos, el mismo tipo de patrones puede parecer muy diferente (Hanzaei et al., 2017). Además, aunque recientemente se ha descubierto una gran cantidad de fragmentos de cerámica antigua, todavía son insuficientes para los datos de entrenamiento. Estos problemas han hecho que la tarea sea bastante difícil.

En términos generales, existen dos tipos de diseños ornamentales en la porcelana de Qianlong con esmaltes pintados Falangcai. Uno es la serie “Convergencia de Tonos”, que presenta obras de arte con poemas escritos y patrones de profundo significado. El otro es la representación de pinturas que se nutren de composiciones celestiales. En esta sección se sugieren los patrones creativos únicos del reinado de Qianlong. Por un lado, atraen la atención los retratos de los literatos, los hombres, los dieciocho Lohans, el tema “Madre e Hijo” de Oriente y Occidente, y la mujer occidental debido a sus perfiles distintivos y expresiones faciales llamativas. Por otro, están aquellos con diseños elaborados y sofisticados en coloración

policromada, que utilizan técnicas de pintura, cincelado y apliques, y que se realizan con una variedad de flores para dar la impresión de añadir brillo a la perfección (Ma, 2022).

Figura 1.

Cuenca decorado con paneles de paisajes sobre fondo rojo en esmaltes pintados con la técnica Falangcai



Nota. Ma (2022).

Resulta difícil imaginar que, en el siglo XVIII, el emperador inspeccionara cada pieza de porcelana enviada a la corte desde Jingdezhen. En 1737, se le presentó al emperador un grupo de nuevas porcelanas de estilos arcaicos o innovadores. El jarrón cuadrado expuesto tiene una base de esmalte amarillo, completamente cubierta de flores y enredaderas y ramas entrelazadas, además de flores distintas a las de reinados anteriores, por lo que se consideraría “Yangcai Yanghua” (Figura 2). La reiterada solicitud del emperador para producir “Yangcai Yanghua” hizo que este tipo de decoraciones fueran elogiadas como obras clásicas de la pintura esmaltada Yangcai.

Figura 2.

Jarrón cuadrado con flor occidental sobre fondo amarillo y azul en esmaltes pintados Yangcai, reinado de Qianlong (1736-1795), dinastía Qing



Nota. Wang y Luo (2021).

“Chine de commande” se refiere a todos estos artículos. Se crearon alrededor de 120 piezas de servicios significativos que aún se encuentran en diferentes niveles de conservación (Wang & Luo, 2021). Esto permite obtener muestras para análisis (micro)destructivos, como la estratigrafía de las capas esmaltadas y la inspección de las secciones. La superposición de capas de esmaltes de colores (también conocida como sobreesmaltado) para crear una decoración compleja y realista que permite crear una decoración similar a la pintura al óleo sobre diversos soportes (vidrio, metal o cerámica) es, de hecho, una de las contribuciones fundamentales de las técnicas de esmaltado europeas a los artesanos japoneses y chinos. Para esta técnica, que fue desarrollada inicialmente por esmaltadores en metales, se requieren esmaltes de colores intensos (es decir, con una alta concentración de uno o más agentes colorantes) que se cuecen a temperaturas decrecientes (generalmente entre 1000 y ~600 °C) y que se pueden “pintar” sobre un soporte liso y denso que ya ha sido cocido, como el esmalte de porcelana. El esmaltado cerámico es más delicado debido a que los procesos de cocción deben ser lentos y prolongados, aunque la realización de una decoración compleja sobre metal es posible gracias a los ciclos de cocción muy cortos (unos pocos minutos más un recocido final) y a la excelente resistencia mecánica del soporte a los ciclos térmicos. Se requieren numerosos ciclos de cocción del esmalte, y las composiciones de los sobreesmaltes deben modificarse para cada ciclo. Las cerámicas conocidas como Famille Rose, que datan del reinado de Kangxi, fueron las primeras en emplear ampliamente el método de sobreesmaltado.

Cuando estas piezas aparecen en subastas del mercado del arte, los expertos las valoran enormemente. Cuando se encargan estas porcelanas para bodas u otras ocasiones importantes,

a veces se registra la entrega o el pedido. Además de los estudios realizados sobre obras maestras para comprender la aplicación de recetas, incluso los ingredientes importados de Europa para la producción de objetos esmaltados en los talleres del Palacio Imperial (Pan et al., 2024), Jingdezhen o Cantón para la Corte y el mercado chino, el análisis de las piezas encargadas por clientes europeos debería permitir una mayor comprensión de la transferencia de los avances tecnológicos.

Además, el aumento de datos es una tarea esencial y crucial, ya que la red neuronal convolucional requiere entrenar una gran cantidad de parámetros, lo que dificulta lograr el impacto deseado cuando la cantidad de datos de entrenamiento es limitada. Actualmente, las principales técnicas para el aumento de datos son las siguientes: las técnicas de aumento de imágenes incluyen técnicas de muestra única (representadas por CutOut) y de muestra múltiple (representadas por MixUp) basadas en la alteración fundamental de la imagen. Además, CycleGAN representa una técnica de aumento de imágenes basada en la creación de imágenes. Sin embargo, debido a la gran complejidad del modelo, el impacto real de este enfoque aún no se ha verificado.

La semiótica ofrece una valiosa perspectiva para examinar la durabilidad de los símbolos culturales, que incluyen significantes, significados e interpretaciones. Por ejemplo, la paleta de colores de la porcelana Falangcai encarna el ideal confuciano de «armonía y equilibrio», mientras que motivos como el bambú (Shaobin et al., 2010), los crisantemos, las orquídeas y las flores de ciruelo simbolizan cualidades confucianas. El budismo también tuvo un gran impacto en los patrones, especialmente en el loto, que representa el nirvana y la pureza. El análisis semiótico aclara las relaciones connotativas a través de la interpretación cultural, así como las relaciones denotativas entre los símbolos y sus significados. Las imágenes del dragón y el fénix, por ejemplo, representan la fuerza y la nobleza en la cultura china, pero pueden tener diversos significados en otras situaciones, lo que indica cambios en el significado simbólico en distintos contextos culturales. Por lo tanto, los símbolos culturales son esenciales para garantizar la sostenibilidad cultural, además de encapsular identidades colectivas, ideales sociales y memoria histórica. Mantener la influencia y crear nuevos significados culturales son dos aspectos de las actividades simbólicas sostenibles. Los símbolos culturales, que van más allá de la representación visual para incluir la comunicación cultural en situaciones contemporáneas y globalizadas, pueden mantener la transmisión cultural y mejorar la cohesión social a través del diseño intencional y la innovación.

La teoría semiótica proporciona un marco básico para comprender cómo los diseños de la porcelana Falangcai funcionan como símbolos culturales (Edwards, 2021). La semiótica permite una investigación metódica de cómo los motivos visuales comunican tanto denotaciones explícitas como connotaciones culturalmente arraigadas. Se basa en el marco tripartito clásico de significante, significado y sentido, ideado por Saussure y posteriormente perfeccionado por Barthes. Las formas visuales como el loto, el dragón o el fénix en la porcelana Falangcai expresan normas sociales profundamente arraigadas, convicciones religiosas y filosofías, además de virtudes estéticas o decorativas.

Un componente clave de la cultura tradicional china, el arte ornamental de la cerámica representa milenios de habilidad creativa y una profunda importancia cultural (Shih, 2007). Contribuye sustancialmente a la mejora del atractivo decorativo, la practicidad y la estética espacial. En el diseño de patrones decorativos de cerámica se utiliza una amplia variedad de componentes ornamentales, cada uno con sus propias formas de expresión. Además, existen variaciones notables en los rasgos estilísticos que muestran los distintos patrones ornamentales. Por ejemplo, técnicas ornamentales como el uso de la porcelana Falangcai exhiben colores vivos y patrones suaves que se asemejan al estilo de la pintura tradicional china a mano alzada. El proceso tradicional de diseño de patrones decorativos de cerámica a menudo requiere que los diseñadores dediquen una cantidad significativa de tiempo al desarrollo de estilos y ejemplos, lo que resulta en baja eficiencia (Zhou, 2008), adopción rígida de estilos e innovación insuficiente, lo que dificulta satisfacer los requisitos específicos de los consumidores.

Al abordar los requisitos específicos de los patrones ornamentales de cerámica, los algoritmos de transferencia de estilo existentes a veces presentan problemas como la pérdida de información de textura, la baja fidelidad del color y la captura inadecuada de los elementos de estilo. La causa principal de esto es el desprecio generalizado por las limitaciones semánticas propias del arte cerámico. Para texturas no estacionarias y conexiones estructurales complejas, las técnicas de transferencia de estilo basadas en redes neuronales convolucionales convencionales tienen capacidades de simulación limitadas. De manera similar, la capacidad de generalización y la aplicabilidad de las redes generativas antagónicas condicionales son limitadas en situaciones reales de transferencia de diseño entre dominios (Shih, 2012). Por lo tanto, el objetivo del proyecto es desarrollar un marco específico para la generación automatizada de transferencia de estilo para patrones ornamentales de cerámica con texturas complejas y elementos visuales distintivos. El objetivo principal es abordar los problemas frecuentes de disminución de la información de textura, distorsión del color y expresión de

estilo inadecuada en la aplicación de las técnicas actuales en este campo, garantizando la creación eficiente y de alta calidad de patrones decorativos de cerámica que capturen con precisión el estilo artístico deseado, manteniendo el marco de contenido y ofreciendo herramientas útiles para el diseño electrónico.

Además, este estudio emplea un modelo de difusión estable para optimizar el control semántico del algoritmo CycleGAN mejorado, teniendo en cuenta su limitada capacidad de control a nivel de detalle. Esto garantiza que los patrones generados por el modelo presenten mejor información de detalle de textura y satisfagan los requisitos de diseño decorativo. Este trabajo es singular porque aborda el problema científico del “eco de trazo distante” en patrones cerámicos mediante la combinación del mecanismo de atención y el conocimiento previo de VGG16 en CycleGAN (Xu, 2015).

Esta investigación se centra en los juegos de té de cerámica y presenta los fundamentos teóricos de la morfosemántica. Ofrece ideas creativas para el diseño de juegos de té de cerámica e investiga el uso de temas culturales tradicionales chinos en la creación de juegos de té de cerámica contemporáneos. El estudio se divide en dos secciones principales. En la primera sección se resumen el estilo y las características clave del juego de té de cerámica, y se examina el significado cultural de los aspectos del diseño. En la segunda parte se analiza el enfoque de diseño para incorporar componentes culturales tradicionales chinos.

La evolución de la porcelana Falangcai se remonta a los periodos Yuan y Xuanton, al final de la dinastía Qing, y existen innumerables reliquias y hallazgos arqueológicos de dinastías posteriores. Sin embargo, la apariencia y el estilo de la porcelana Falangcai varían según el periodo, el pigmento azul cobalto, la técnica artesanal y el lugar de origen. La porcelana Falangcai es uno de los tipos de porcelana china más elaborados, reconocida mundialmente y que representa la cúspide del arte de la porcelana china antigua (Colomban et al., 2017). El estudio de la porcelana Falangcai, en particular la clasificación de la porcelana azul y blanca de Jingdezhen de dinastías posteriores, tiene un gran valor académico y social debido a su posición y efecto distintivos. Actualmente, las herramientas de medición física o la experiencia son los principales medios para datar la porcelana Falangcai.

La espectroscopia de imágenes ha adquirido mayor importancia en diversas áreas del procesamiento de datos visuales en los últimos años, y resulta esencial para estas áreas. Un nuevo método para resolver problemas espectrales y espaciales consiste en combinar el aprendizaje profundo con la espectroscopia de imágenes. Una técnica de aprendizaje automático conocida como “aprendizaje por transferencia” facilita la aplicación de problemas

distintos pero relacionados mediante la transferencia de información de un dominio de origen a un dominio de destino (Giannini et al., 2017). El aprendizaje por transferencia ha demostrado ser prometedor en la clasificación de cerámica gracias a las mejoras en la capacidad de procesamiento y la disponibilidad de grandes conjuntos de datos (Colomban et al., 2018). Durante el entrenamiento, el aprendizaje profundo permitió extraer características más abstractas y de mayor dimensión, exhibiendo potentes capacidades de identificación en el contexto de la protección del patrimonio cultural. El aprendizaje profundo se ha utilizado eficazmente en diversas investigaciones para reconocer y categorizar la porcelana. Los métodos y procedimientos hiperespectrales dependen principalmente de las complejas propiedades espectrales registradas por los espectrógrafos de imágenes. Debido a que la espectroscopia de imágenes es rápida y no destructiva, se ha reconocido su potencial en la detección de falsificaciones, además de ser esencial para la preservación de artefactos culturales específicos.

Este estudio ofrece un modelo de identificación basado en aprendizaje por transferencia para datos espectrales de imágenes que permite determinar de forma rápida y no destructiva la cronología de la porcelana Jingdezhen Falangcai (Montanari et al., 2018). Este modelo puede producir resultados de identificación excepcionales incluso con pocas muestras. Este enfoque difiere de la investigación multimodal que integra diversas perspectivas sobre la protección del patrimonio, la cual utiliza el conocimiento de clasificación adquirido en conjuntos de datos masivos mediante aprendizaje por transferencia y modifica la estructura del modelo de red clásico para mejorar la eficiencia y la calidad de la clasificación (Montanari et al., 2019). Este enfoque resulta idóneo para la tarea de clasificación de la porcelana Jingdezhen Falangcai, ya que considera información visual sobre texturas, estilos y patrones, así como información espectral reflectante.

El término «colores extranjeros» es Falangcai. Las porcelanas creadas en los talleres imperiales de la Ciudad Prohibida de Pekín reciben este nombre. Parte de los esmaltes se importaron de Occidente. La producción comenzó en 1696, el trigésimo quinto año de la dinastía Kangxi. Fabricada en el palacio imperial, su uso estaba estrictamente restringido al emperador, la emperatriz y la emperatriz viuda. Debido a los elevados costes, la productividad se mantuvo limitada.

Entre 1644 y 1911, las porcelanas de Falangcai figuraron entre las piezas cerámicas más exquisitas y singulares producidas durante la dinastía Qing. En el mercado actual, los coleccionistas y los expertos siguen buscando estas piezas. En subasta, los ejemplares más

destacados pueden alcanzar precios de entre 100 y 200 millones de dólares de Hong Kong (Fu et al., 2025), lo que equivale a unos 13 o 25 millones de dólares estadounidenses.

A través de la cerámica cloisonné revestida, el Falangcai apareció inicialmente en la porcelana china. Falangcai es el término general para esmalte en China. El esmalte era aplicado por artesanos a jarrones con cuerpo metálico. La antigua práctica del cloisonné esmaltado dio origen a la porcelana Falangcai.

La mayoría de los objetos imperiales de la dinastía Qing se fabricaban en los hornos de Jingdezhen, en la provincia de Jiangxi. Falangcai optó por un camino diferente (Wu & Kyungsun, 2024). El proceso de producción era más complejo. Los pintores de la corte creaban la porcelana Falangcai. Los funcionarios seleccionaban la cerámica blanca de la mejor manufactura de Jingdezhen. Los trabajadores transportaban las piezas en bruto al taller real dentro de la Ciudad Prohibida de Pekín. La pintura, la decoración, el color y la cocción se realizaban en la corte. Los artesanos utilizaban esmaltes Falangcai traídos de Occidente. La estructura vítrea semiopaca de estos esmaltes añadía profundidad a los diseños. La superficie de las porcelanas Falangcai presenta varias capas de pintura y colores brillantes.

Muchos de los objetos imperiales de la dinastía Qing se fabricaron en los hornos de Jingdezhen, en la provincia de Jiangxi. Falangcai siguió un camino diferente. Su fabricación era un proceso más complejo. Los pintores de la corte creaban los diseños en la porcelana Falangcai (Fanni et al., 2022). Los funcionarios seleccionaban la mejor cerámica blanca de Jingdezhen. Los trabajadores transportaban las piezas en bruto a la Ciudad Prohibida de Pekín, donde se ubicaba el taller real. La corte se utilizaba para la cocción, la pintura, la decoración y el color. Los artesanos empleaban esmaltes Falangcai traídos de Occidente. La naturaleza vítrea semiopaca de estos esmaltes añadía profundidad a los diseños. La superficie de las porcelanas Falangcai presenta colores intensos que revelan varias capas de pintura.

El contenido generado por inteligencia artificial (AIGC, por sus siglas en inglés) ha demostrado una influencia significativa en los ámbitos de la creatividad y el diseño gracias al rápido desarrollo de la tecnología de IA. Mediante descripciones textuales, el AIGC puede producir una variedad de resultados artísticos (Liu & Zhang, 2023), incluyendo fotos, sonidos, películas y modelos 3D. También puede imitar los procesos estéticos y creativos humanos, ofreciendo nuevas fuentes de inspiración para las técnicas de diseño. En los últimos años, las investigaciones más profundas sobre el patrimonio cultural y la creación de valor han reemplazado progresivamente la viabilidad técnica del AIGC como el foco principal del estudio del diseño (Bao et al., 2015). Se está prestando mayor atención a cómo la tecnología AIGC

puede apoyar con éxito la innovación y la preservación de la cultura tradicional dentro del diseño contemporáneo.

Actualmente, la comunidad del diseño debe equilibrar la satisfacción de las necesidades de la sociedad contemporánea en materia de sostenibilidad e innovación con el mantenimiento de la identidad cultural y el legado arquitectónico. Por un lado, resulta difícil replicar y mantener con precisión sus bellos procesos en la fabricación contemporánea a gran escala debido a la minuciosidad artística, la cocción a alta temperatura y el uso de pigmentos azul cobalto en la elaboración de la porcelana Falangcai. La transferencia de la técnica artesanal de la porcelana Falangcai ha encontrado diversas dificultades a lo largo de los años (Li et al, 2024). Sin embargo, en el marco del desarrollo sostenible, el diseño moderno prioriza la sostenibilidad y el impacto ambiental de los procesos de fabricación. Además, los diseñadores deben incorporar tecnologías de vanguardia como la impresión 3D y la inteligencia artificial en el proceso creativo de la porcelana Falangcai para superar las limitaciones de la producción convencional y explorar nuevos enfoques y vías de diseño. La cuestión de qué tecnologías contemporáneas, especialmente AIGC (Aras et al., 2017), pueden utilizarse en la nueva era para salvar la brecha entre tradición y modernidad, así como entre estética y sostenibilidad ecológica, se ha convertido en un tema digno de investigación profunda con el fin de superar las limitaciones de la creación tradicional de porcelana y explorar nuevas técnicas y vías artísticas.

Además de preservar y transmitir las cualidades estéticas de la porcelana china Falangcai, este proyecto utiliza tecnologías AIGC para investigar estrategias de diseño creativas y sostenibles para el patrimonio cultural.

REVISIÓN DE LITERATURA

Jing e Ismail (2023) utilizan la teoría cultural reconstructiva y la antropología interpretativa como marcos teóricos para examinar la influencia perdurable del arte tradicional de la porcelana china. Con el fin de investigar las estrategias actuales de preservación entre los maestros ceramistas tradicionales, la industria de la cerámica artesanal KUDAN y la Universidad de Cerámica de Jingdezhen, el estudio emplea un enfoque de investigación cualitativa y una rigurosa observación participante. Los resultados muestran tres modelos de herencia contemporáneos diferentes que preservan el legado de la porcelana a través de diversas formas de transmisión cultural, como las habilidades industriales, la práctica artesanal y la educación institucional. Este estudio enfatiza la relación dinámica entre la conservación del

patrimonio y la adaptación creativa actual, al mostrar cómo el conocimiento cerámico antiguo se recrea activamente en contextos sociales y culturales modernos, en lugar de simplemente mantenerse.

Según Shih (2021), el nombre “Falang” se menciona específicamente en un manual de pintura de la dinastía Qing, destinado a la exportación. El manual muestra el proceso de elaboración de la porcelana y etiqueta “Falang” en la esquina superior derecha del dibujo. Falang se refiere principalmente a dos técnicas principales en la terminología artística china: el Falang de alambre pellizado, también conocido como cloisonné, y el Falang de color, equivalente al esmalte pintado. Shih (2021) señala que, si bien algunos textos chinos mencionan un tercer método llamado champlevé, aún no existe evidencia histórica ni tangible de su uso generalizado en China. Los artistas chinos desarrollaron tradiciones estilísticas y técnicas únicas que distinguen al Falang chino de sus homólogos occidentales y de Oriente Medio, a pesar de que tanto el esmalte pintado como el cloisonné no son de origen autóctono.

Yan (2024) resalta el legado político y la importancia histórica del emperador Qianlong, destacando su reinado sin precedentes y su contribución a la prosperidad de la dinastía Qing. El emperador Qianlong fue el monarca con el reinado y la vida más prolongados en la historia imperial china. Ascendió al trono a los 25 años y gobernó durante 60 años antes de continuar ejerciendo el poder como Taishang Huang (Emperador Emérito) durante más de tres años adicionales (Yan, 2024). El estudio demuestra cómo, gracias a unas finanzas estatales sólidas y una gobernanza eficiente, el Imperio Qing experimentó un crecimiento geográfico, una paz duradera y estabilidad económica durante su reinado. Yan enfatiza además el significado simbólico de los diversos títulos del emperador, incluyendo Emperador Chun, Emperador Gaozong de Qing y Qianlong, como representaciones de su perdurable grandeza histórica y legitimidad política. En general, la literatura presenta la era Qianlong como la cúspide de la historia de la dinastía Qing en términos de consolidación cultural y poder imperial.

Fu (2020) investiga las profundas conexiones culturales, filosóficas y metafóricas entre la porcelana y aspectos importantes de la cultura china, como el arroz, el jade, el Yi (Libro de los Cambios) y la tradición artística. El autor sostiene que los fundamentos agrarios de la civilización china, en particular el cultivo del arroz, están intrínsecamente ligados al desarrollo de la porcelana desde una perspectiva narrativa y cultural. Tanto la domesticación de plantas como la fabricación de cerámica se describen como procesos simultáneos que requieren tolerancia, cuidado y equilibrio con los ciclos naturales. Según Fu, el desarrollo de la industria cerámica en una sociedad basada principalmente en la agricultura fue culturalmente inevitable,

no accidental. Además, se destaca la idea de la “naturaleza del arroz” de la porcelana para resaltar su suavidad y untuosidad innatas, que la vinculan simbólicamente con aspectos vivos y orgánicos, más allá de su valor meramente material. Debido a esta conexión, el valor de la porcelana supera al de materiales costosos como el oro y el jade. Además, la investigación sitúa el procesamiento de la cerámica dentro del marco filosófico de la Yi-ología, centrándose específicamente en los Cinco Elementos, los movimientos cíclicos verticales y circulares, y los conceptos de yin-yang. Desde esta perspectiva, Fu presenta la porcelana como una representación material de la cosmología y la identidad cultural chinas, además de un producto útil o artístico.

Según Huang (2008), Jingdezhen es una ciudad de importancia estratégica situada en las llanuras aluviales ricas en minerales de la provincia de Jiangxi, a unos 480 kilómetros al suroeste de Shanghái. La topografía accidentada, las formaciones graníticas y los sistemas fluviales de las cuencas de Xinjiang y Raohe, que tradicionalmente sustentaron tanto la producción agrícola como la fabricación de cerámica, son características de la zona. En el pasado, Jingdezhen se consideraba parte del valle inferior del río Yangtsé, una región reconocida por su importancia comercial y su terreno fértil. A través del río Cheng, que la conectaba con el lago Poyang y la red comercial del río Yangtsé, la ciudad mantenía una conexión crucial con Jiujiang. Jiujiang fue una importante estación aduanera durante el período Qing (1644-1911) y, tras la intervención militar británica en 1861, se convirtió en puerto de tratado. Jingdezhen siempre funcionó como capital administrativa, a pesar de su importancia económica como importante centro comercial y núcleo de la fabricación de porcelana. Más bien, la administración a nivel de condado se llevaba a cabo en Fuliang, que está situado a lo largo del río Cheng al norte de Jingdezhen, mientras que las autoridades prefecturales tenían su sede en Raozhou (Huang, 2008).

Ke (2024) investigó la relevancia histórica y arqueológica de los restos de cerámica encontrados en Ayutthaya y sus alrededores tras su colapso en 1767. Se han hallado grandes cantidades de fragmentos de cerámica en zonas urbanas y canales adyacentes, incluyendo porcelana Falangcai, cerámica doméstica tosca y tipos policromados como Bencharong, que tienen una conexión única con Tailandia. Estos artefactos, que se conservan tanto en colecciones privadas como en museos, son fuentes de información esenciales para comprender la cultura material del período de Ayutthaya. Ke (2024) ofrece perspectivas sobre la presencia china en Siam, los patrones comerciales, la tecnología de fabricación de cerámica y los vínculos políticos y económicos más amplios entre China y Siam antes de la caída de Ayutthaya, mediante el

seguimiento de la procedencia de estas cerámicas. La investigación se divide en tres secciones principales, la primera de las cuales se centra en el crecimiento de la industria cerámica china a principios de la dinastía Qing. La dinastía Qing, liderada por los manchúes, tomó el poder tras la caída de la dinastía Ming en 1644, trayendo consigo inestabilidad política y económica que inicialmente obstaculizó el comercio y la fabricación de cerámica entre China y Siam. Sin embargo, Ke (2024) señala que la rápida recuperación y el posterior crecimiento de la industria cerámica, que fortaleció su posición en las redes comerciales regionales y mundiales, fueron posibles gracias al patrocinio y el respaldo personal de tres emperadores Qing de los primeros años, así como a una fuerte demanda internacional.

En la década de 1720, la porcelana esmaltada se consolidó como un importante avance tecnológico y cultural en la fabricación de cerámica china, según Tang (2017). El estudio demuestra cómo el desarrollo de nuevos materiales de esmalte y métodos de pintura revolucionó la producción de porcelana e incrementó su cuota de mercado tanto a nivel nacional como internacional. Tang cubre una laguna crucial al examinar cómo la porcelana esmaltada afecta los procesos de producción, las tendencias de consumo y las redes de exportación, mientras que las investigaciones previas se han centrado principalmente en el valor artístico e imperial del material. El estudio muestra que tanto los fabricantes locales como la corte Qing participaron activamente en la innovación técnica mediante un análisis histórico de las prácticas de fabricación del siglo XVIII. Si bien los productores locales modificaron estos avances para satisfacer las crecientes necesidades del mercado, la corte desempeñó un papel fundamental en la promoción de la transferencia de información tecnológica. Al demostrar que la porcelana esmaltada fue ampliamente utilizada por diversos estratos socioeconómicos dentro del mercado interno, Tang refuta la creencia generalizada de que se utilizaba principalmente con fines imperiales. En definitiva, el estudio amplía nuestro conocimiento sobre cómo los avances tecnológicos en la fabricación de cerámica afectaron la accesibilidad para el consumidor, las estructuras de mercado y la interacción entre las pequeñas empresas y las instituciones gubernamentales en la China de la era Qing.

Tras el colapso de Ayutthaya en 1767, Bisalputra (2017) investigó los vastos fragmentos de cerámica y alfarería encontrados alrededor de la ciudad y sus sistemas fluviales circundantes. La investigación destaca una variedad de tipos de cerámica, como vajilla utilitaria tosca, elegante porcelana Falangcai y la característica cerámica policromada Bencharong de Tailandia. El autor afirma que estos artefactos arqueológicos son evidencia esencial para comprender las redes comerciales históricas, los métodos de fabricación de cerámica y el

carácter de las interacciones entre China y Siam durante el período de Ayutthaya. Además, la existencia de cerámica fina en museos y colecciones privadas resalta la importancia de la población china en la influencia del comercio y los contactos culturales de la ciudad y demuestra el éxito económico de Ayutthaya antes de su colapso. La investigación posiciona la cerámica como una valiosa fuente material para reconstruir la dinámica socioeconómica y comercial internacional de Siam antes del colapso.

Al examinar siete cuencos y dos platos decorados de las dinastías Kangxi, Yongzheng, Qianlong y Daoguang, d' Abridgeon (2022) llevó a cabo un exhaustivo análisis científico de los materiales y las técnicas empleadas en las porcelanas reales de la dinastía Qing. La composición de los vidriados, esmaltes y agentes colorantes utilizados tanto en los motivos ornamentales como en los fondos se determinó eficazmente mediante una combinación de técnicas analíticas portátiles no invasivas, microscopía Raman y espectroscopia de fluorescencia de rayos X. Los resultados mostraron que, si bien los esmaltes rojos y azules se elaboraron con nanopartículas de oro o cobre implantadas en matrices de silicato a base de plomo, los distintivos fondos color miel se debieron a nanopartículas de oro mezcladas con fundentes a base de plomo y arsénico. Además, el estaño y el arsénico se encontraron frecuentemente en las capas de esmalte, siendo los arseniatos de plomo-calcio/potasio las sustancias opacificantes más prevalentes. Cabe destacar que la variación intencionada en la formulación de pigmentos se evidenció por la clara presencia de casiterita (SnO_2) en varios esmaltes amarillos y en un plato ornamentado. Este trabajo subraya la complejidad de la ingeniería histórica del esmalte y constituye una importante contribución tecnológica al conocimiento de la fabricación de porcelana imperial Qing.

Las investigaciones previas sobre la cerámica esmaltada de la dinastía Qing se han centrado principalmente en las preferencias estéticas de los emperadores Qing, así como en los avances tecnológicos y estilísticos de materiales como la porcelana, los esmaltes y el vidrio (Shih, 2005). En lugar de presentar los esmaltes pintados como una tendencia artística coherente, estos estudios suelen considerarlos un reflejo del gusto imperial y del progreso tecnológico. Sin embargo, al analizar una colección de esmaltes pintados de la corte Qing como un esfuerzo creativo ambicioso y con un propósito definido, Shih (2005) presenta una perspectiva analítica única. Según la investigación, los emperadores Kangxi, Yongzheng y Qianlong aspiraban a crear una nueva forma de arte Qing que compitiera e incluso superara a las porcelanas Ming con esmalte sobre vidriado y a los esmaltes pintados europeos. Al ampliar el marco analítico más allá de las narrativas estilísticas y tecnológicas convencionales, esta interpretación se ve reforzada por un examen interdisciplinario de los talleres imperiales de

vidrio y esmalte, los inventarios auténticos de la corte Qing, los registros de misioneros europeos y los materiales de archivo imperiales publicados recientemente.

Yan (2024) analiza el reinado más largo de la historia imperial china, el del emperador Kangxi (1654-1722), quien ascendió al trono Qing a los ocho años y gobernó durante 61 años. El autor destaca que las porcelanas imperiales de esta época son famosas por su grandeza y elegancia, representando no solo la destreza técnica, sino también las tendencias culturales e ideológicas predominantes del momento. Yan sostiene que el ferviente apoyo de Kangxi a los principios confucianos, la sofisticación cultural y la estabilidad política crearon un ambiente propicio para la creación artística —especialmente la artesanía de la porcelana—, elevándola a la categoría de símbolo del poder imperial y la legitimidad cultural. La sofisticación artística de la porcelana de la era Kangxi fue resultado del apoyo estatal constante a los hornos imperiales de Jingdezhen, el acceso a artesanos talentosos y los avances en los métodos de esmaltado y ornamentación. El concepto del emperador de armonía entre el gobierno y la calidad artística se vio reforzado por esta orientación cultural, el éxito económico y la consolidación administrativa, lo que posicionó la fabricación de porcelana como una herramienta diplomática y un símbolo de la identidad cultural Qing.

Al examinar sus características formales, simbólicas y culturales durante las dinastías Ming y Qing, Shin (2022) investiga la singularidad de la porcelana con motivos de calabaza como categoría de productos de exportación europeos. Según el estudio, esta porcelana suele presentar un diseño principal inspirado en la iconografía clásica o en la antigua orfebrería de bronce, complementado con motivos como Gilxiang (símbolos auspiciosos), Wenfang Qingjing (elegancia erudita) y los Ocho Tesoros. Los ideales estéticos y los intereses intelectuales de los letrados chinos se reflejan en estas características, especialmente a mediados y finales del siglo XVII, cuando las élites académicas mostraron un creciente interés por la antigüedad y la orfebrería de bronce. Shin (2022) sostiene que, a medida que la economía de mercado crecía y los objetos artísticos se volvían más accesibles, este aprecio por la cultura se extendió más allá de la clase letrada durante toda la dinastía Qing. De este modo, la porcelana china con motivos de calabaza ganó popularidad entre todas las clases sociales, incluida la corte imperial. El estudio también destaca cómo la expansión de las redes comerciales entre Oriente y Occidente a lo largo de los siglos XVII y XVIII facilitó la exportación a gran escala de estos productos a Europa. La porcelana con motivos de calabaza desarrolló un carácter único como tipo de porcelana de exportación europea gracias a este movimiento transcontinental, fusionando las costumbres simbólicas chinas con las necesidades de los mercados de ultramar.

En resumen, el uso de la tecnología AIGC para apoyar el diseño sostenible y la preservación del ADN estético y cultural de la porcelana Falangcai aún se encuentra en sus inicios. Nuestra investigación representa un paso importante para mantener la belleza de esta porcelana. Esperamos mejorar la eficiencia del diseño, simplificar el proceso creativo y resolver los problemas tecnológicos actuales mediante una investigación exhaustiva del doble potencial de la tecnología AIGC. Se prevé que este estudio ofrezca nuevas perspectivas sobre el desarrollo a largo plazo del diseño del patrimonio cultural inmaterial.

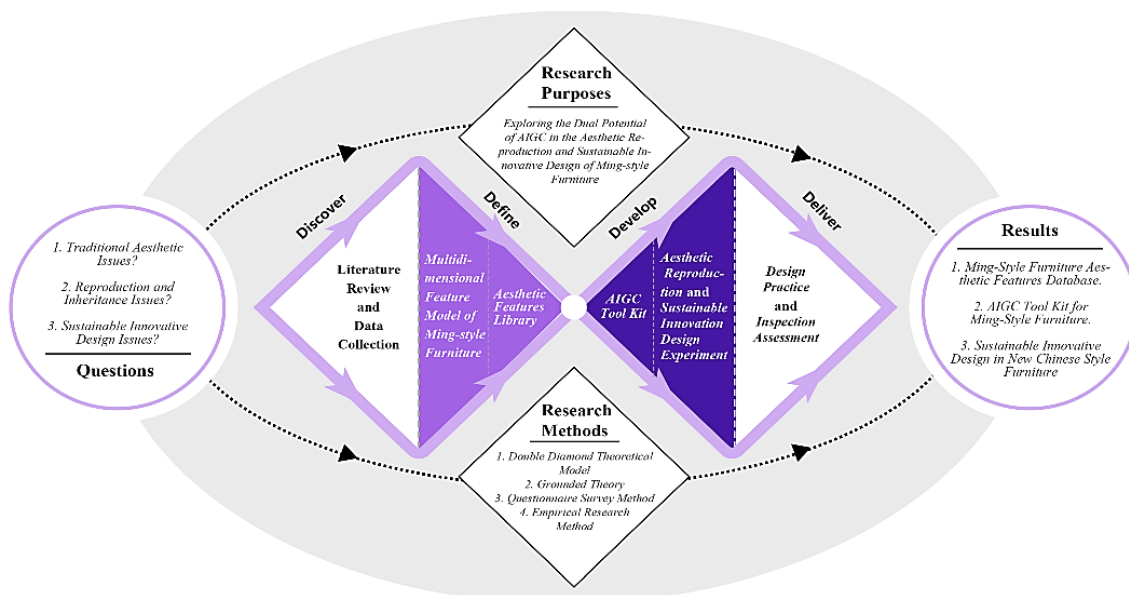
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Y MÉTODO

En esta sección se explicará detalladamente la combinación de métodos utilizados en este estudio, que incluye la teoría fundamentada, el modelo KANO y el método AHP (Proceso Analítico Jerárquico), así como la forma en que estas técnicas de investigación se aplican a la evaluación cualitativa y cuantitativa de las características estéticas de la porcelana Falangcai.

Mediante este modelo, se investigaron los beneficios potenciales de la tecnología AIGC en la transmisión de genes culturales y el diseño creativo y sostenible de la porcelana Falangcai. Para garantizar la exhaustividad y fiabilidad de los resultados de la investigación, el diseño del Doble Diamante (*Double Diamond*) facilitó el estudio en las dos fases de «Descubrimiento» y «Validación». El modelo de doble diamante sirvió de base para la estructura del método de investigación, como se muestra en la Figura 3 (Park, 2021).

Figura 3.

Desarrollar un marco de investigación basado en el modelo de doble diamante



Nota. Iansiti (2020).

El desarrollo de una biblioteca de características estéticas multidimensionales para la porcelana Falangcai dentro del modelo de doble diamante fue el objetivo de la segunda fase, “Definición”. Se utilizó una codificación en tres etapas basada en la teoría fundamentada para examinar los datos de las entrevistas con los usuarios, junto con cuestionarios del modelo Kano que incluían elementos tanto positivos como negativos (Iansiti, 2020). Tras clasificar las cualidades estéticas en categorías básicas, de rendimiento, atractivas e indiferentes mediante el análisis de coeficientes de cuadrantes Mejor-Peor, se examinaron cuantitativamente los factores importantes que afectan a estos aspectos. Posteriormente, se priorizaron los componentes estéticos primarios de la porcelana Falangcai mediante el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), creando una biblioteca de características estéticas multidimensionales.

En este estudio se utilizó el enfoque de la teoría fundamentada para determinar y mejorar metódicamente las características estéticas de la porcelana Falangcai.

Para garantizar que el marco estético final tuviera saturación teórica y fuerza explicativa, las cualidades estéticas de la porcelana Falangcai se codificaron y recopilaron utilizando un método dinámico, iterativo y complementario.

El profesor Noriaki Kano, del Instituto Tecnológico de Tokio, creó el modelo Kano en la década de 1980 como una técnica empírica para examinar y comprender la relación entre las necesidades del usuario y su satisfacción (Peng, 2024). La idea central del modelo Kano es clasificar las demandas del usuario según cómo afectan a su felicidad, lo que ofrece orientación para la creación de productos, la mejora de la calidad y la optimización de la experiencia del cliente.

El uso del modelo Kano en este estudio ofreció una base lógica para la categorización, la clasificación por peso y la ubicación de la demanda del usuario de los componentes estéticos de la porcelana Falangcai, haciendo coincidir las cualidades estéticas de la artesanía tradicional con los requisitos contemporáneos del usuario y dilucidando aún más la importancia relativa de cada característica.

Proceso experimental

Desarrollo de una biblioteca de características estéticas multidimensionales para la porcelana Falangcai utilizando el modelado híbrido KANO-AHP y la teoría fundamentada.

Un panel de expertos compuesto por cinco profesores universitarios con experiencia en el estudio del arte de la porcelana Falangcai y en la preservación del patrimonio cultural inmaterial elaboró un marco de entrevista semiestructurada sobre las cualidades estéticas de los diseños de la porcelana Falangcai (Mirza, 2020). En la Tabla 1 se incluye información específica.

Tabla 1.
Resumen de preguntas de entrevista semiestructuradas

N.º	Preguntas de entrevista semiestructuradas
1	¿Qué aspectos de los diseños de porcelana de Falangcai cree usted que capturan mejor sus cualidades estéticas?
2	¿De qué manera cree que las aspiraciones estéticas de las tradiciones culturales chinas se reflejan en los diseños de la porcelana Falangcai?
3	¿Qué características distintivas cree que tienen los diseños de porcelana Falangcai? ¿Qué efectos tienen en la estética?
4	¿Qué directrices cree usted que se suelen seguir al crear los diseños de porcelana Falangcai?
5	¿Qué elementos artesanales, en su opinión, capturan mejor el atractivo visual de los diseños de porcelana Falangcai?
6	¿Cómo se pueden innovar y transmitir las cualidades estéticas de los diseños de porcelana Falangcai?

Nota. Hallazgos de los investigadores.

Para obtener la información más reciente sobre las cualidades estéticas de los diseños de porcelana Falangcai, se seleccionaron los sujetos de las entrevistas utilizando criterios de inclusión específicos, tales como:

- (a) Poseer un máster o un título superior en campos relacionados con la artesanía tradicional o el diseño artístico de cerámica;
- (b) Centrándose en campos como el estudio multidisciplinario, la historia del arte, el arte cerámico o la artesanía tradicional; y

(c) Profesionales con más de tres años de experiencia en producción, investigación o elaboración de cerámica, como fabricantes de porcelana Falangcai, profesores universitarios de arte y diseño cerámico, doctorandos que estudian la porcelana Falangcai o investigadores que trabajan en proyectos de emprendimiento creativo o conservación de la cultura de la porcelana. Consulte la Tabla 2 para obtener información detallada sobre los participantes.

Tabla 2.

Datos demográficos de las entrevistas semiestructuradas (n=15)

Participante	Campo de investigación	Edad	Nivel educativo	Lugar de trabajo	Cualificaciones profesionales	Ubicación
P1	Exploración del arte cerámico contemporáneo o investigación sobre la artesanía cerámica.	30	Maestro	Profesor universitario	Cinco años como profesor y más de ocho años de experiencia en diseño cerámico.	Wuhan, China
P2	La transformación digital del patrimonio cultural inmaterial	25	Doctorado en Filosofía	Asistente de investigación, Universidad de Tongji	Un año como asistente de investigación y más de cinco años de experiencia en diseño.	Shanghái, China
P3	Investigación sobre la artesanía de la porcelana Falangcai	36	Maestro	Estudio independiente	Herederero del patrimonio intangible de la porcelana Falangcai	Chaozhou, China
P4	AIGC y el diseño sostenible para el patrimonio cultural inmaterial	24	Maestro	Estudiante de doctorado, Universidad de Hanyang	Tres años de experiencia diseñando patrimonio cultural inmaterial.	Seúl, República de Corea
P5	La artesanía en la porcelana de Falangcai	41	Doctor en Filosofía	Estudio independiente	heredero del legado del patrimonio inmaterial de la porcelana Falangcai	Jingdezhen, China
P6	Investigación sobre cerámica antigua	40	Maestro	Patrimonio cultural intangible Investigación sobre el patrimonio	Heredero de la técnica de la porcelana Falangcai.	Pekín, China

				Instituto		
P7	Diseño e innovación de activos culturales intangibles y AIGC	33	Doctor en Filosofía	Estudiante de doctorado, Universidad de Hanyang	Cinco años de experiencia en investigación en arte cerámico.	Seúl, República de Corea
P8	Investigación sobre el arte cerámico antiguo	25	Maestro	Diseñador sénior de Productos cerámicos	heredera del legado del patrimonio inmaterial de la porcelana Falangcai	Jingdezhen, China
P9	Transmisión digital y preservación del patrimonio cultural.	29	Doctor en Filosofía	Universidad Tongji Escuela de Creatividad	Dos años de experiencia en investigación y siete años de experiencia en diseño.	Shanghái, China
P10	Diseño de arte cerámico	28	Maestro	Estudiante de doctorado, Academia de Arte de China	Más de nueve años de experiencia en diseño de arte cerámico.	Hangzhou, China
P11	Diseño de arte cerámico	26	Doctor en Filosofía	Academia China de las Artes	Más de seis años de experiencia en diseño de arte cerámico.	Pekín, China
P12	Investigación sobre el patrimonio cultural digital	33	Maestro	Facultad de Arte, Universidad Renmin de China	5 años de experiencia docente y 12 años de experiencia en diseño.	Pekín, China
P13	El arte de la porcelana de Falangcai	32	Maestro	Estudio independiente	heredero del legado intangible de la porcelana de Falangcai	Jingdezhen, China
P14	Investigación actual sobre la creación cerámica	30	Doctor en Filosofía	Centro de Investigación de Arte Cerámico de China	Más de ocho años de experiencia en diseño de arte cerámico.	Pekín, China
P15	Diseño de arte cerámico	38	Maestro	Cerámica Jingdezhen Universidad	Más de cinco años de experiencia en diseño de arte cerámico.	Jingdezhen, China

Nota. Hallazgos del investigador.

Los participantes debían evaluar cada elemento de la demanda en el proceso de implementación desde dos perspectivas: la dimensión positiva (el grado de satisfacción aumenta cuando se satisface la demanda) y la dimensión negativa (el grado de satisfacción disminuye cuando no se satisface la demanda). La Tabla 3 proporciona detalles específicos. Además de integrar los resultados de la clasificación del modelo KANO con las evaluaciones cuantitativas de los usuarios sobre la importancia de los elementos, el enfoque de doble puntuación para las dimensiones positiva y negativa ofrece una base empírica más sólida para un análisis AHP posterior y el desarrollo de enfoques de diseño respetuosos con el medio ambiente.

Tabla 3.

La estructura de las preguntas de Kano para reunir las cualidades estéticas de los patrones de porcelana Falangcai

necesidades del usuario	Preguntas	Favorito	Necesario	Indiferente	Reacio	Desagradable
Los elementos visuales principales de los diseños de porcelana en tonos de la porcelana Falangcai	Si posees esta cualidad tan atractiva, ¿cómo te sientes?	☐	☐	☐	☐	☐
	Sin este elemento visual, ¿cómo te sentirías?	☐	☐	☐	☐	☐

Nota. Hallazgos de los investigadores.

En tercer lugar, utilizando la información recopilada en la encuesta de usuarios, se realizaron evaluaciones de confiabilidad y validez; los resultados completos se muestran en la Tabla 4. La confiabilidad de los datos se evaluó exhaustivamente utilizando el software SPSS 26.0 tras la fusión de los datos en línea y fuera de línea (Xiong, 2024). En primer lugar, se utilizó el coeficiente alfa de Cronbach para examinar la confiabilidad de los datos y evaluar la estabilidad de la escala en general.

Tabla 4.

Prueba de Bartlett y KMO

Valor KMO	0,549	
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	8971.00
	Valor DF	745.00
	Valor p	0.000

Nota. Hallazgos de los investigadores.

Por último, se examinó estadísticamente la proporción de tipos exigentes de cada indicador en el sistema de índices de evaluación categorizados. Como se muestra en la Tabla 5, el tipo final para cada indicador fue el elemento de demanda que se presentó con mayor frecuencia. Los elementos atractivos (A), imprescindibles (M), esperados (O), indiferentes (I) y reversos (R) presentaron una distribución estadísticamente igual de elementos de demanda. La fiabilidad general de los datos es excelente y el diseño de los indicadores de evaluación es coherente.

Tabla 5.

Resultados de la encuesta de demanda de los usuarios sobre el atractivo visual de los diseños de porcelana Falangcai

Números			Porcentaje (%)					Tipo	IS	IDS
			(A)	(R)	(M)	(I)	(Q)			
A1.	Motivos	de	41,52 %	41,52 %	14,59%	15,25 %	0%	I	35,59%	- 63,25 %
A2.	Patrones	de	62,69 %	62,53 %	22,26%	26,14 %	0%	I	48,29%	- 21,99 %
A3.	Patrones de capas		15,89 %	22,56 %	65,25%	25,69 %	0%	I	42,02%	- 36,59 %
A4.	Patrones de color		25,61 %	21,59 %	33,15%	22,69 %	0%	M	96,59%	- 36,96 %
A5.	Patrones	religiosos	21,59 %	41,25 %	14,52%	14,25 %	0%	M	41,52%	- 14,52 %
A6.	Patrones de texto		26,25 %	63,25 %	62,14%	63,25 %	0%	M	62,12%	- 61,59 %
A7.	Patrones	de	14,65 %	21,56 %	26,25%	36,54 %	0%	M	15,62%	- 65,82 %
A8.	Patrones	del	28,96 %	23,66 %	32,32%	25,52 %	0%	A	21,96%	- 29,65 %
A9.	Patrones	de	22,64 %	25,45 %	29,63%	63,25 %	0%	A	64,58%	- 25,49 %
A10.	Patrones	geométricos	41,25 %	59,62 %	25,69%	93,65 %	0%	M	48,96%	- 36,59 %
A11.	Patrones	animales	25,96 %	25,96 %	33,14%	55,62 %	0%	A	95,62%	- 65,59 %
A12.	Motivos	vegetales	15,62 %	65,58 %	65,21%	32,52 %	0%	A	62,89%	- 52,89 %
A13.	Patrones	de	14,52 %	22,54 %	65,25%	54,62 %	0%	A	59,63%	- 54,21 %

A14. Equilibrio	11,65 %	21,62 %	31,52%	63,26 %	0%	I	64,89%	- 65,95 %
A15. Diseño centralizado	19,62 %	33,65 %	63,59%	95,63 %	0%	I	25,96%	- 25,96 %
A16. Diseño disperso	52,66 %	25,65 %	65,99%	65,94 %	0%	M	96,32%	- 21,63 %
A17. Fluidez de línea	25,65 %	32,63 %	65,61%	62,58 %	0%	M	65,59%	- 99,59 %
A18. Simplificación de patrones	41,25 %	59,62 %	25,69%	93,65 %	0%	M	48,96%	- 36,59 %
A19. Características estructurales	36,26 %	33,64 %	25,63%	31,58 %	0%	I	25,63%	- 34,56 %
A20. Percepción espacial	21,36 %	96,65 %	48,96%	96,54 %	0%	O	66,54%	- 26,59 %
A21. Pintura hecha a mano	55,62 %	22,69 %	36,54%	25,96 %	0%	O	96,59%	- 49,65 %
A22. Grabado y relleno	36,96 %	36,54 %	96,59%	59,69 %	0%	A	51,26%	- 98,65 %
A23. Técnicas de coloración bajo vidriado	21,69 %	25,64 %	14,52%	12,69 %	0%	I	61,66%	- 54,55 %
A24. Efectos de gradiente	25,66 %	23,15 %	96,65%	21,52 %	0%	O	41,69%	- 96,48 %
A25. Religión y Filosofía	28,21 %	26,32 %	25,63%	63,26 %	0%	O	99,96%	- 95,63 %
A26. Significado simbólico	63,52 %	56,32 %	15,69%	65,69 %	0%	O	65,52%	- 62,65 %
A27. Símbolo tradicional de buen augurio	26,25 %	25,55 %	41,58%	69,54 %	0%	A	96,55%	- 94,51 %
A28. Cultura histórica	32,22 %	99,92 %	94,52%	88,41 %	0%	M	21,58%	- 55,62 %
A29. Temas de la naturaleza	96,14 %	54,89 %	89,65%	58,96 %	0%	I	99,54%	- 14,52 %
A30. Leyendas mitológicas	58,96 %	25,69 %	98,54%	32,51 %	0%	O	14,59%	- 65,98 %
A31. Vitalidad	98,96 %	64,89 %	28,96%	69,58 %	0%	O	59,89%	- 65,21 %

Nota. Hallazgos de los investigadores.

Se solicitó a diez profesionales en diseño de manufactura (Fang, 2024), diseño de porcelana y diseño visual que realizaran evaluaciones por pares de las principales características estéticas de la porcelana Falangcai, basándose en los hallazgos de la estimación de la teoría fundamentada y la evaluación del modelo Kano. La estructura de la matriz de juicio A fue la siguiente:

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \dots\dots\dots 1$$

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots 2$$

$$c_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots 3$$

$$\omega_i = \frac{c_i}{\sum_{i=1}^n c_i} (i = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots 4$$

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(PW)_i}{nW_i} (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots 5$$

$$a_{ij} > 0, a_{ij} = 1, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \dots\dots\dots 6$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots 7$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots 8$$

La matriz de evaluación para la capa de criterios de demanda del usuario de las cualidades estéticas de los patrones de porcelana Falangcai se creó inicialmente utilizando el Proceso Analítico Jerárquico (PAJ), como se indica en la Tabla 6.

Tabla 6.
Matriz de juicios en los niveles de criterio

Índice	Requisitos básicos (M)	Requisitos atractivos (A)	Requisitos unidimensionales (O)	Valor ponderado	I_{CR}
Requisitos atractivos (A)	1	3	5	0,5489	0,0189
Requisitos básicos (M)	1/3	1	3	0,2148	
Requisitos unidimensionales (O)	1/5	1/3	1	0,6598	

Nota. Hallazgos de los investigadores.

Las fórmulas (2)–(4) se utilizaron para determinar los valores de ponderación de cada indicación. Luego, se utilizó la fórmula (5) para obtener el mayor valor propio, lo que resultó

en $\lambda_{\max} = 3,0387$. La matriz de juicio es consistente, como lo demuestra el Índice de Consistencia (ICR) (Liu, 2023), que se encontró que era $0,0372 < 0,1$ utilizando las fórmulas (6) y (7). Los valores de ponderación de cada indicación se determinaron aplicando el mismo método que la matriz de juicio de la capa de subcriterios, como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7.
Matriz de juicio de subíndice

Índice principal	Índice secundario	Matriz de juicio							Peso	I_{CR}
Los requisitos básicos (M)	M1. Motivos vegetales	1	3	5	1	2			0,6639	0,9767
	M2. Motivos zoomorfos	1/3	1	1/2	1/3	1/3			0,6563	
	M3. Motivos geométricos	1/5	2	1	1/3	1/5			0,2549	
	M4. Símbolos tradicionales de buen augurio	1	3	3	1	3		/	0,3369	
	M5. Significados simbólicos	1/2	3	5	1/3	1			0,2159	
Los requisitos unidimensionales (O)	O1. Tono	1	1/3	2	1/5	1/2	1/5		0,6350	0,7547
	O2. Capas	3	1	2	1	1/3	2		0,9890	
	O3. Simetría	1/2	1/2	1	1/3	1/5	1/3		0,6320	
	O4. Fluidez de la línea	5	1	3	1	1/2	2	/	0,9789	
	O5. Características estructurales	2	3	5	2	1	3		0,6359	
	O6. Pintura hecha a mano	5	1/2	3	1/2	1/3	1		0,5489	
Los requisitos atractivos (A)	A1. Motivos de caracteres	1	1/2	5	2	1/5	1/4	1/3	0,6325	0,7973
	A2. Motivos de paisaje	2	1	3	2	1/3	1/2	1/3	0,9865	
	A3. Contraste	1/5	1/3	1	1/5	1/4	1/5	1/3	0,6489	
	A4. Balance	1/2	1/2	5	1	1/2	1/2	1/2	0,6359	
	A5. Efectos de gradiente	5	3	4	2	1	3	3	0,5489	
	A6. Cultura histórica	4	2	5	2	1/3	1	2	0,6325	
	A7. Temas de la naturaleza	1	1/2	5	2	1/5	1/4	1/3	0,9862	

Nota. Hallazgos de los investigadores.

Como se muestra en la Figura 4, también colaboraron con el Museo en Línea de Patrones de China para recopilar 375 imágenes de alta resolución de diseños de porcelana Falangcai. Además de abarcar la variedad de cualidades estéticas de la porcelana Falangcai, estos recursos de datos ofrecen una base sólida para el diseño innovador y la preservación del patrimonio cultural a largo plazo.

Figura 4.

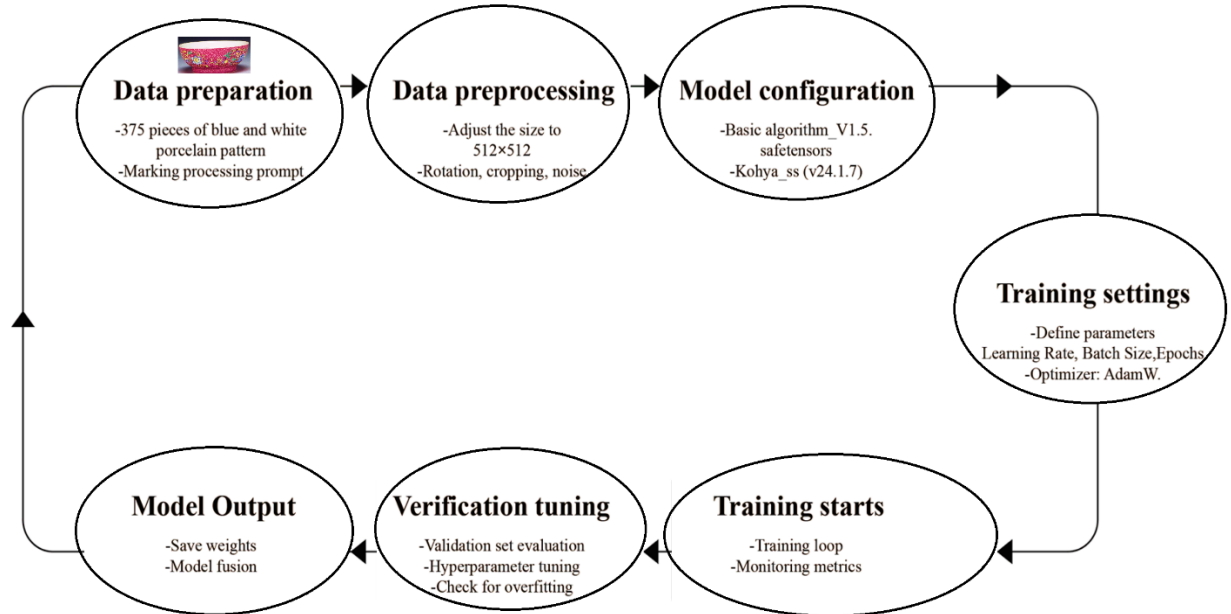
Conjunto de datos de características estéticas para patrones de porcelana Falangcai basado en un método de investigación híbrido



Nota. Museo en línea de patrones chinos.

Entrenamiento con los modelos de porcelana Falangcai LoRA

Las redes generativas antagónicas (GAN) proporcionan un método sin precedentes para generar automáticamente imágenes de patrones de alta calidad en el estudio de la herencia genética cultural y la creación de patrones de porcelana Falangcai (Xu, 2024). Este trabajo desarrolló un modelo de aprendizaje profundo de difusión estable (SD) utilizando la biblioteca de características estéticas de los patrones de porcelana Falangcai como base de datos. Kohya_ss (v24.1.7), un conjunto de herramientas completo desarrollado por la comunidad para entrenar, ajustar y optimizar algoritmos de modelado de lenguajes (LLM) y difusión a gran escala, se utilizó para ayudar en el desarrollo del modelo LoRA, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5.*Metodología de investigación para la formación en LoRA**Nota.* Hallazgos de los investigadores.

Como resultado, fue necesario realizar modificaciones dinámicas a los datos de entrenamiento a lo largo del proceso de entrenamiento del modelo LoRA, tal como se muestra en las Tablas 8 y 9.

Tabla 8.*Parámetros de entrenamiento para Lora (1)*

Tamaño del conjunto de datos	Resolución	Tamaño del lote	Épocas máximas	Guardar cada N épocas	Dimensión de red	Red Alfa	Saltar clip	LR	UNet LR
277	512×512 2	2	8	2	65	2	2	0,0001	0,0001

Nota. Hallazgos de los investigadores.**Tabla 9.***Parámetros de entrenamiento para Lora (2)*

Codificador de texto	LR LRScheduler	Ciclo de reinicio de LR	Hilos de carga de datos persistentes	Desplazamiento de ruido	LoCON Conv Dim	Alfa de conversión	Tiempo de entrenamiento aproximado
0,0001	Coseno con reinicios	1	2	0,2	4	0.1	1

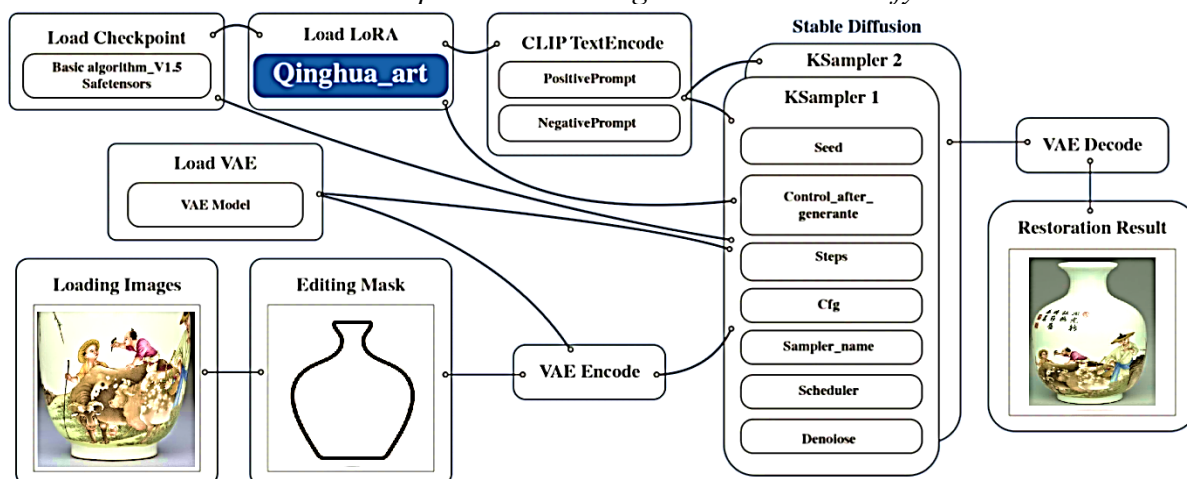
Nota. Hallazgos de los investigadores.

Flujo de trabajo de diseño innovador para el patrón de porcelana Falangcai

Como se muestra en la Figura 6, este estudio creó un flujo de trabajo de diseño innovador para diseños de porcelana Falangcai utilizando contenido generado por inteligencia artificial (AIGC). Proporciona una solución eficaz y adaptable para la herencia digital y el diseño creativo contemporáneo de patrones de porcelana Falangcai mediante la combinación del marco de Difusión Estable (SD), las tecnologías de Adaptación de Bajo Rango (LoRA) y la instrucción óptima de generación de texto (Dai, 2024). Este método fomenta la aplicación creativa de habilidades tradicionales en la era digital, permitiendo a los diseñadores simular y evaluar rápidamente planes de diseño creativos para porcelana Falangcai sin depender de recursos tangibles.

Figura 6.

Proceso de diseño innovador de porcelana Falangcai basado en Comfy UI



Nota. Hallazgos de los investigadores.

Utilización de la teoría del diseño sostenible para crear nuevas vías de diseño para la porcelana Falangcai

Actualmente, es fundamental que la comunidad del diseño incorpore ideas de desarrollo sostenible en el diseño creativo de las artes culturales tradicionales, debido al aumento constante del uso de recursos globales y la presión ambiental (Park, 2021). El desarrollo de la tecnología de Contenidos Generados por Inteligencia Artificial (AIGC) y la digitalización del ADN cultural tradicional han creado nuevas oportunidades para una arquitectura del patrimonio cultural creativa y sostenible.

El objetivo principal de esta investigación fue analizar enfoques específicos para integrar la producción de porcelana Falangcai con conceptos de diseño sostenible. Es posible simular y replicar virtualmente diferentes diseños de porcelana Falangcai mediante la generación de inteligencia artificial (IAG), en particular el modelo LoRA en la plataforma Stable Diffusion. Sin utilizar recursos reales, los diseñadores pueden crear y evaluar rápidamente numerosos diseños de porcelana Falangcai, reduciendo significativamente el impacto ambiental de los procesos de diseño (Peng, 2024).

Entre los muchos aspectos analizados se encontraban las cualidades estéticas de los diseños de porcelana Falangcai, la transmisión del legado cultural, la innovación, la utilidad, la sostenibilidad, la controlabilidad tecnológica, la satisfacción del usuario y la adaptación al mercado. Se llevó a cabo un examen exhaustivo y metódico (para más detalles, véanse las Tablas 10 y 11).

Tabla 10.

Análisis comparativo de los planes A y B en múltiples ámbitos

No.	Dimensión de evaluación	Puntuación media del Plan A	Puntuación media del Plan B
1	¿Es posible replicar las cualidades estéticas de los diseños de la porcelana Falangcai?	4.31	3.91
2	¿Es posible transmitir con éxito el significado cultural e histórico de la porcelana de Falangcai?	3,78	3.54
3	¿Se puede demostrar la innovación?	4.28	3,87
4	¿Qué tal funciona en términos de funcionalidad?	3.15	2,98
5	¿Incluye principios de diseño sostenible?	3.24	3.19
6	¿Es la tecnología AIGC controlable y se puede implementar de forma eficaz desde el punto de vista técnico?	4.07	3.15
7	¿Qué grado de satisfacción tienen los usuarios con el plan de diseño generado por la IA?	4.51	3,77
8	¿El plan de diseño generado por la IA tiene una gran adaptabilidad al mercado?	3,98	3.22

Nota. Hallazgos de los investigadores.

Tabla 11.

Evaluación de preferencias de expertos para los planes A y B

Descripción	Elección	Frecuencia	Porcentaje
En su opinión, ¿qué diseño capta con mayor precisión las cualidades estéticas de la	Plan A	9	96,9%
	Plan B	5	89,4%

porcelana Falangcai, teniendo en cuenta su diseño sostenible y la herencia de sus valores artísticos?

¿Cuál es tu diseño favorito en cuanto a la estética de la porcelana moderna?	Plan A	11	94,7%
	Plan B	4	64,7%

Nota. Hallazgos de los investigadores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, se examinará exhaustivamente el uso de la tecnología AIGC para la fabricación de porcelana Falangcai y sus efectos en la preservación del patrimonio cultural. Este trabajo se basa en el modelo híbrido Kano-AHP, la teoría fundamentada y la tecnología de creación de imágenes AIGC. El estudio utilizó la porcelana Falangcai como objeto de investigación, analizando de forma metódica y científica las cualidades estéticas de sus diseños. Se creó una base de datos multidimensional de características deseables para los diseños de porcelana Falangcai y se empleó la tecnología AIGC para preservar la estética tradicional, al tiempo que se fomenta la eficacia de metodologías de diseño creativas y respetuosas con el medio ambiente.

El proceso de diseño se dividió en cinco fases. En primer lugar, se examinó minuciosamente el objeto de diseño mediante la teoría fundamentada para identificar los genes culturales esenciales y los componentes estéticos de la porcelana Falangcai. En segundo lugar, se analizaron las necesidades del usuario y se definió la dirección del diseño utilizando el modelo híbrido KANO-AHP. Posteriormente, se desarrolló una base de datos de herencia genética cultural basada en AIGC y una metodología de diseño a lo largo de la etapa de diseño conceptual y desarrollo creativo, lo que redujo considerablemente el tiempo de creación y los ciclos de iteración. Finalmente, se logró una fabricación y un diseño inteligentes mediante la incorporación de ideas de diseño sostenible al proceso de diseño para mejorar la compatibilidad con el medio ambiente.

La Tabla 12 ilustra cómo el modelo de diseño innovador y sostenible propuesto en este estudio logra mejoras notables en diversas áreas, incluyendo conceptos de diseño, selección de materiales, herramientas de diseño, procedimientos de diseño, procesos de producción, participación del usuario, impacto ambiental y diseño de innovación sostenible, en comparación con los métodos convencionales de diseño de la porcelana Falangcai. Esta investigación metódica valida el valor de la tecnología AIGC para la preservación de los genes culturales de

la porcelana Falangcai y el diseño con conciencia ecológica, ofreciendo además un marco teórico útil y una técnica eficaz para fusionar la cultura tradicional con las tecnologías modernas.

Tabla 12.

Estudio comparativo del modelo de diseño innovador sostenible de AIGC y la producción convencional de porcelana Falangcai.

Dimensiones de comparación	Modelo de diseño de porcelana convencional en la porcelana de Falangcai.	Modelo de diseño de porcelana Falangcai sostenible e innovador de AIGC
<i>Concepto de diseño</i>	Prioriza la preservación de los valores estéticos tradicionales y los símbolos históricos y culturales por encima de la sostenibilidad.	Este método pone énfasis en la diversidad cultural y el desarrollo sostenible al fusionar las características de la porcelana Falangcai con la estética moderna mediante la incorporación de la tecnología AIGC en el proceso de diseño.
<i>Selección de materiales</i>	Depende de materiales convencionales y presta poca atención a las normativas medioambientales y de bajas emisiones de carbono.	Reduce las emisiones de carbono durante la fabricación mediante la evaluación metódica del impacto ecológico de los recursos y la priorización de materiales con bajas emisiones de carbono, reciclables y respetuosos con el medio ambiente.
<i>Herramientas de diseño</i>	Depende de técnicas anticuadas como el modelado manual y el dibujo a mano, lo que alarga los ciclos de diseño.	Utiliza tecnologías AIGC y un entrenamiento exhaustivo de modelos para lograr un diseño inteligente y basado en datos, lo que aumenta la eficiencia del diseño y acelera la producción creativa.
<i>Proceso de diseño</i>	Los maestros artesanos dominan el proceso de diseño, que carece de tácticas basadas en datos y de una investigación suficiente sobre las necesidades de los usuarios.	Hace hincapié en estrategias basadas en datos que se ajustan a las demandas de los usuarios y emplea un proceso de diseño metódico y por fases que incluye una investigación exhaustiva de los objetos, la evaluación de las demandas de los usuarios, la formación a gran escala de modelos, la creación de innovaciones conceptuales y la integración de opciones respetuosas con el medio ambiente.
<i>Proceso de producción</i>	La artesanía manual, que se caracteriza por procedimientos prolongados y que consumen mucho tiempo, así como por un importante uso de recursos, es el método principal de producción.	Reduce el consumo de recursos, aumenta la eficiencia de la producción y optimiza los procedimientos de fabricación mediante la implementación de flujos de trabajo inteligentes, parcial o totalmente automatizados.

Participación del usuario	La insuficiente participación de los usuarios en el proceso de diseño se debe a la falta de canales para que estos puedan dar su opinión.	Mejora la participación y la interactividad del usuario al incorporar directamente sus comentarios y preferencias en el proceso de diseño mediante la aplicación de la teoría fundamentada y el modelo KANO-AHP para evaluar las necesidades del usuario.
Impacto ambiental	Carece de evaluaciones ambientales exhaustivas y tiene un control insuficiente sobre la reducción de la contaminación y el uso de los recursos.	Utiliza técnicas como la reducción, la reutilización, el reciclaje, la reparación y el rediseño para mejorar los procesos de diseño y fabricación y minimizar el impacto ambiental, de acuerdo con los principios de neutralidad de carbono.
Innovación y diseño sostenible	Hay poca innovación y se prioriza la transmisión de la artesanía, ignorando las necesidades del crecimiento sostenible.	Utiliza el análisis de datos y la iteración técnica para impulsar el crecimiento simultáneo de la digitalización y la innovación ecológica en el diseño de la porcelana Falangcai, integrando profundamente el diseño con los principios de sostenibilidad.

Nota. Hallazgos del investigador.

En términos generales, el modelado en el contexto del arte y el diseño se refiere a la forma, la estructura y la apariencia de un objeto. Se utilizan numerosos métodos, como la escultura, la pintura, la construcción y la artesanía, para crear esta expresión visual. Se incluyen la forma, la estructura, la proporción, la línea, el tratamiento de la superficie y otras características. El modelado es esencialmente una representación de la forma y la apariencia externa de una obra de arte. Modificar la forma de líneas, puntos, superficies y bloques en la cerámica para el té permite modelar patrones visuales. La disposición de las formas y estructuras, así como las cualidades estéticas y de coordinación generales de estas piezas, se destacan en este proceso. La forma general de la tetera, la taza, el tazón y otros elementos, el diseño de las asas, los pomos de la tapa y otros lugares, la decoración de la superficie, el tallado, etc., se incluyen en el modelado de un juego de té de cerámica. El juego de té de cerámica demuestra un sentido creativo único y un significado cultural, además de cumplir su propósito utilitario, gracias a la implementación de un diseño de modelado eficiente. La aplicación de elementos culturales tradicionales chinos se puede apreciar en la forma, la estructura, la ornamentación y otras partes del diseño de un juego de té de cerámica, lo que da como resultado un juego de té de la tarde impregnado del sabor único de la cultura tradicional china.

El diseño puede clasificarse dentro del estilo clásico convencional. En este caso, es fundamental asegurar que la forma sea completa y redondeada, las líneas naturales y suaves, y

el centro de gravedad estable. Otros objetos, como teteras y tazas de té, también pueden inspirarse en esta idea. El modelado de porcelana antigua y metal evoca una elegancia histórica. Las asas y otros componentes de los juegos de té de cerámica, incluyendo los pomos, se elaboran mediante técnicas de escultura tradicionales o incorporando criaturas mitológicas como unicornios, dragones y fénix. Estos animales suelen representar conceptos de buena fortuna, virtud y religiosidad.

El estudio exploró el uso de tecnologías de IA, específicamente la IA generativa basada en LoRA y Difusión Estable, en la producción de porcelana Falangcai. Se analizaron sus efectos tanto en la fabricación de porcelana contemporánea como en el arte tradicional. Según este estudio, el diseño asistido por IA generativa puede utilizarse en la fabricación de porcelana contemporánea para producir rápidamente una variedad de posibilidades de diseño, lo que aumenta considerablemente la eficiencia creativa y la capacidad de personalización.

Las investigaciones futuras también buscarán crear criterios multidimensionales para analizar la eficacia de las intervenciones tecnológicas y evaluar la función de la IA en la transmisión y preservación del patrimonio cultural. El primer parámetro se denomina «fidelidad estética» y evalúa la similitud de los patrones generados por IA con los diseños artesanales tradicionales en cuanto a forma, líneas y colores. Esto ayuda a determinar si los patrones generados por IA pueden reactivar el «gen cultural» de la porcelana Falangcai.

Falangcai es el término que designa la porcelana imperial esmaltada sobre vidriado, creada a principios del siglo XVIII, especialmente en los talleres imperiales y los hornos de Jingdezhen durante la dinastía Qing. El intercambio intercultural propició su desarrollo; misioneros y artistas de la corte introdujeron técnicas de pintura en perspectiva y procesos occidentales de pigmentación del esmalte, lo que abrió nuevas posibilidades creativas para la ornamentación de la porcelana.

La enseñanza del diseño de motivos enfatiza dos aspectos en el currículo de muchos diseños cerámicos convencionales, particularmente aquellos influenciados por la artesanía histórica y la pedagogía basada en habilidades:

- **Reconocimiento formal:** A partir de plantillas visuales, los estudiantes aprenden a reconocer e imitar motivos conocidos, como insignias imperiales, figuras o volutas florales. Esto es similar a los sistemas tradicionales de aprendices, donde el dominio se evalúa mediante la adhesión a las formas convencionales.

- **Habilidad técnica:** El principal objetivo de aprendizaje es la ejecución precisa, incluyendo la pincelada, la superposición de colores, la aplicación del esmalte y la composición espacial. Las evaluaciones se centran en características formales como la proporción, la simetría y la repetición de patrones.

En 1716 se estableció un taller especializado en esmaltado. Otro taller de producción de esmalte pintado se instaló en Guangzhou (distrito de Aduanas) al mismo tiempo o incluso antes. Es bien sabido que los jesuitas perdieron poder durante el reinado de Yongzheng, y es posible que esto se reflejara en los métodos tecnológicos que introdujeron. Sin embargo, los talleres de Pekín, Jingdezhen y Cantón afirman que, ya sean privados o imperiales, los métodos de modificación también pueden diferir. Por lo tanto, destacar el uso de diversas recetas de porcelana o materias primas de la misma época puede servir como rasgo distintivo de varios talleres.

Considerando todos los aspectos, la IAGC ofrece nuevas oportunidades para la preservación del patrimonio cultural, además de mejorar la inventiva y la eficiencia en la producción de porcelana Falangcai. Sin embargo, también debe afrontar diversas dificultades, como problemas de datos, autenticidad cultural, aceptación por parte de los artesanos y cuestiones de derechos de autor. Se cree que la coexistencia pacífica con la artesanía tradicional podrá lograrse en el futuro mediante la integración metódica de la tecnología de IA con el patrimonio cultural, fomentando la creación y difusión de la cultura de la porcelana Falangcai.

CONSIDERACIONES FINALES

En el proceso de diseño de la porcelana Falangcai se observa una compleja relación entre el método artesanal, el lenguaje simbólico y la estética visual. El paso del reconocimiento formal (réplica de la superficie) a la comprensión semántica (interpretación significativa de patrones y creación deliberada) ofrece posibilidades para una mayor participación estudiantil, una mayor conciencia cultural y mejores resultados de diseño creativo en la enseñanza del diseño cerámico moderno.

Mediante la tecnología AIGC, este estudio logró integrar los genes culturales tradicionales con la innovación digital contemporánea, ofreciendo una solución viable para la transmisión y preservación digital del patrimonio cultural, a la vez que fomenta el crecimiento a largo plazo de la producción de porcelana Falangcai. Este estudio empleó el método de

codificación de tres niveles, basado en la teoría fundamentada, para extraer las propiedades estéticas multifacéticas de la porcelana Falangcai, abarcando tres aspectos fundamentales: características visuales, rasgos artesanales y significados culturales. Esto se logró combinando la tecnología AIGC con los genes culturales de la porcelana.

Es imposible separar el uso de temas culturales tradicionales chinos en el diseño de juegos de té de porcelana. Para mejorar la utilidad, la estética y la modernidad de los materiales cerámicos, estos elementos culturales pueden transformarse en un lenguaje de diseño mediante la síntesis y combinación de sus recursos, y utilizando la teoría y la práctica de la morfosemántica.

Si bien se aplican modelos dimensionales espaciales y espectrales a los datos espectrales de imágenes de porcelana Jingdezhen Falangcai de diversas épocas, los resultados demuestran que, aunque la precisión del modelo dimensional espectral es claramente superior a la del modelo dimensional espacial, aún es menor que la precisión inicial del modelo. La sólida historia cultural se puso de manifiesto en el excelente desempeño de los símbolos vegetales y auspiciosos. Patrones como el loto, la peonía y las flores obtuvieron puntuaciones excepcionales tanto en simbolismo cultural como en valor estético, lo que sugiere que su fuerte relevancia cultural y atractivo estético brindan importantes oportunidades para el rediseño y la adaptación al mercado en el diseño moderno.

Se observó un rendimiento diferencial en función de la aplicabilidad actual y el poder comunicativo. Los diseños de dragones y fénix son ejemplos de motivos animales que destacaron por su simbolismo cultural, pero que mostraron potencial de desarrollo en términos de sostenibilidad y aplicabilidad moderna. Debido a sus diseños complejos y su dependencia de contextos culturales específicos, estos patrones presentan limitaciones prácticas para su comercialización y aplicación, a pesar de su enorme valor histórico y cultural. En resumen, esta investigación ofreció un análisis exhaustivo de los valores culturales y las posibles aplicaciones modernas de los patrones de porcelana Falangcai desde diversas perspectivas. Además, sugirió ciertas pautas de diseño y recomendaciones de optimización adaptadas a distintos tipos de patrones.

Además, mediante el entrenamiento con la base de datos de características estéticas de la porcelana Falangcai, el estudio creó un flujo de trabajo de diseño asistido por AIGC basado en las tecnologías de difusión estable y LoRA que produjo con éxito el diseño creativo y la replicación efectiva de los patrones de la porcelana Falangcai.

Para aumentar la eficacia de la tecnología en la preservación del patrimonio cultural, se podrían realizar estudios adicionales para mejorar aún más los modelos AIGC, incrementando la precisión y la variedad en la formación de patrones e investigando métodos para integrar estos modelos más estrechamente con las técnicas artesanales tradicionales.

En el siguiente estudio, se utilizarán modelos profundos más sofisticados para extraer simultáneamente datos espectrales y espaciales con el fin de investigar más a fondo el potencial de la tecnología hiperspectral en la clasificación de porcelana Jingdezhen Falangcai de diferentes edades.

REFERENCIAS

- Aras, E., Ramachandran, G. S., Lawrence, P., & Hughes, D. (2017). Exploring the security vulnerabilities of LoRa. In *Proceedings of the 2017 3rd IEEE International Conference on Cybernetics (CYBCONF)* (pp. 1–6). IEEE.
- Bao, Z., Yuan, H., Wen, R., & Chen, K. (2015). The fast and direct characterization of falangcai porcelain glaze from Jingdezhen by laser ablation–inductively coupled plasma mass spectrometry. *Analytical Methods*, 7, 5034–5040.
- Bisalputra, P. (2017). Ceramic trade between early Qing China and late Ayutthaya, 1644–1767. *The Journal of the Siam Society*, 105, 1–42.
- Cao, Y., Li, S., Liu, Y., Yan, Z., Dai, Y., Yu, P., & Sun, L. (2024). A survey of AI-generated content (AIGC). *ACM Computing Surveys*, 57, 1–38.
- Colomban, P., Gironda, M., Simsek Franci, G., & d’Abrigeon, P. (2022). Distinguishing genuine imperial Qing dynasty porcelain from ancient replicas by on-site non-invasive XRF and Raman spectroscopy. *Materials*, 15(16), 5747.
- Colomban, P., Ambrosi, F., Ngo, A.-T., Lu, T.-A., Feng, X.-L., Chen, S., & Choi, C.-L. (2017). Comparative analysis of wucai Chinese porcelains using mobile and fixed Raman microspectrometers. *Ceramics International*, 43, 14244–14256.
- Colomban, P., Lu, T.-A., & Milande, V. (2018). Non-invasive on-site Raman study of blue-decorated early soft-paste porcelain: The use of arsenic-rich (European) cobalt ores—Comparison with huafalang Chinese porcelains. *Ceramics International*, 44, 9018–9026.
- Du, H., Li, Z., Niyato, D., Kang, J., Xiong, Z., Huang, H., & Mao, S. (2024). Diffusion-based reinforcement learning for edge-enabled AI-generated content services. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 23, 8902–8918.
- Edwards, H. G. M. (2021). *Porcelain analysis and its role in the forensic attribution of ceramic specimens*. Springer.
- Fanni, F. A., Pellacini, F., Scateni, R., & Giachetti, A. (2022). PAVEL: Decorative patterns with packed volumetric elements. *ACM Transactions on Graphics*, 41(2), 1–15.
- Fu, Y., Shi, K., & Xi, L. (2025). Artificial intelligence and machine learning in the preservation and innovation of intangible cultural heritage: Ethical considerations and design frameworks. *Digital Scholarship in the Humanities*, 40(2), 487–508.
- Fu, X. (2020). Narrative and cultural analysis of porcelain. In *Chinese narratologies* (pp. 87–115). Springer.
- Giannini, R., Freestone, I., & Shortland, A. (2017). European cobalt sources identified in the production of Chinese famille rose porcelain. *Journal of Archaeological Science*, 80, 27–36.

- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2020). Generative adversarial networks. *Communications of the ACM*, 63, 139–144.
- Hanzaei, S. H., Afshar, A., & Barazandeh, F. (2017). Automatic detection and classification of the ceramic tiles' surface defects. *Pattern Recognition*, 66, 174–189.
- Huang, E. (2008). *China's china: Jingdezhen porcelain and the production of art in the nineteenth century* (Doctoral dissertation, University of California, San Diego).
- Jiangsu Provincial Study Society for Ancient Ceramics. (2010). *Flower and bird roll* (Vol. 1). Southeast University Press.
- Jing, J., & Ismail, R. (2023). Examining the continuation of tradition from the heritage construction of three ceramic education models in contemporary China.
- Li, F., & Wang, Z. (2022). Research on the evolution of Chinese cultural symbol construction in falangcai porcelain. *Ceramics and Ceramics Research*, 37, 16–18.
- Li, J., et al. (2024). Recognition of Yuan falangcai porcelain produced in Jingdezhen based on graph anomaly detection combining portable X-ray fluorescence spectrometry. *Heritage Science*, 12, 79.
- Lin, H., Jiang, X., Deng, X., Bian, Z., Fang, C., & Zhu, Y. (2024). Comparing AIGC and traditional idea generation methods: Evaluating their impact on creativity in the product design ideation phase. *Thinking Skills and Creativity*, 54, 101649.
- Liu, L. P., & Zhang, A. (2023). Exploring the innovative use of traditional Chinese cultural elements in tea set design. *Industrial Design*, (5), 130–133.
- Liu, X., & Xu, Y. (2024). Exploring the application path of AIGC technology in the styling design of traditional artifacts: A case study of Song dynasty lacquerware. In *Proceedings of the Third International Conference on Electronics Technology and Artificial Intelligence (ETAI 2024)* (Vol. 13286, pp. 377–387). SPIE.
- Ma, Z. (2022). *Research on the application of auspicious patterns on falangcai porcelain in emotional product design* (Doctoral dissertation, Jingdezhen Ceramic University).
- Montanari, R., Alberghina, M. F., Casanova Municchia, A., Massa, E., Pelagotti, A., Pelosi, C., Schiavone, S., & Sodo, A. (2018). A polychrome mukozuke (1624–1644) porcelain offers a new hypothesis on the introduction of European enameling technology in Japan. *Journal of Cultural Heritage*, 32, 232–237.
- Montanari, R., Murakami, N., Alberghina, M. F., Pelosi, C., & Schiavone, S. (2019). The origin of overglaze-blue enameling in Japan: New discoveries and a reassessment. *Journal of Cultural Heritage*, 37, 94–102.
- Pan, Y., Luo, Q., & Xu, Z. (2024). The diversified influence of Ming and Qing porcelain symbols on modern clothing patterns and cultural and artistic connotations from the perspective of intangible cultural heritage. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 24, 148–162.

- Shih, C. F. (2005). A record of the establishment of a new art form: The unique collection of painted enamels at the Qing court. *Collections and Concepts*, 7.
- Shih, C. F. (2007). Evidence of East–West exchange in the eighteenth century: The establishment of painted enamel art at the Qing court in the reign of Emperor Kangxi. *National Palace Museum Research Quarterly*, 24, 45–94.
- Shih, C. F. (2012). *Radiant luminance: The painted enamelware of the Qing imperial court*. National Palace Museum.
- Shih, C. F. (2021). Hua falang: The Chinese concept of painted enamels. In *The RA collection of Chinese ceramics: A collector's vision* (pp. 28–59). Jorge Welsh Research & Publishing.
- Shin, J. (2022). Ming and Qing dynasty “hundred antiques (bógǔ)” export ceramics for the European market in the seventeenth and eighteenth centuries. *Korean Journal of Art History*, 313, 121–154.
- Tang, H. (2017). *The colours of each piece: Production and consumption of Chinese enamelled porcelain, c. 1728–c. 1780* (Doctoral dissertation, University of Warwick).
- Verganti, R., Vendraminelli, L., & Iansiti, M. (2020). Innovation and design in the age of artificial intelligence. *Journal of Product Innovation Management*, 37, 212–227.
- Wang, A., & Luo, S. (2021). Chinese Islamic style: A study on the decorative patterns of falangcai porcelain in the Zhengde official kiln of the Ming dynasty. *Chinese Ceramics*, 57, 98–105.
- Wang, X., He, Z., & Peng, X. (2024). Artificial intelligence-generated content with diffusion models: A literature review. *Mathematics*, 12, 977.
- Wu, Y., & Kim, K. (2024). Automatic generation of traditional patterns and aesthetic quality evaluation technology. *Information Technology & Management*, 25(2), 125–143.
- Wu, B., Hu, B., Yang, Z., Xu, H., Chen, M., Huang, Y., Liang, K., Huang, H., & Xiong, H. (2024). Formula process and coloring mechanism of bluish-white porcelains from the Lanxi kiln in Fujian, China. *Archaeometry*, 67, 313–327.
- Xu, X. D. (2015). Europe–China–Europe: The transmission of the craft of painted enamel in the seventeenth and eighteenth centuries. In M. Berg (Ed.), *Goods from the East, 1600–1800: Trading Eurasia* (pp. 92–106). Palgrave Macmillan.
- Yan, C. (2024a). Exceptional gorgeousness of porcelain from the Qianlong reign. In *A brief history of Chinese imperial porcelain: From Song dynasty to Qing dynasty* (pp. 317–338). Springer Nature.
- Yan, C. (2024b). Magnificence of porcelain from the Kangxi reign. In *A brief history of Chinese imperial porcelain: From Song dynasty to Qing dynasty* (pp. 253–290). Springer Nature.

- Yin, H., Zhang, Z., & Liu, Y. (2023). The exploration of integrating the Midjourney artificial intelligence generated content tool into design systems to direct designers towards future-oriented innovation. *Systems, 11*, 566.
- Zhang, Y., & Pollard, A. M. (2022). The archaeological and scientific analysis of blue-decorated ceramics in the Tang and Song dynasties. *Archaeometry, 64*, 1394–1410.
- Zhou, S. Z. (2008). *Research on painted enamels porcelain ware from the Qing court*. Wenwu Chubanshe.

CRedit Author Statement

- **Agradecimientos:** Los autores desean expresar su sincera gratitud al Museo en Línea de Patrones de China por facilitar el acceso a imágenes de alta resolución de los patrones de porcelana Falangcai, que fueron fundamentales para la creación del conjunto de datos de características estéticas. Un agradecimiento especial a los miembros del panel de expertos, incluidos profesores universitarios y herederos del patrimonio cultural inmaterial, por sus valiosas aportaciones durante las entrevistas semiestructuradas. Los autores también agradecen el apoyo de las instalaciones de investigación de la Facultad de Artes de la Universiti Sains Malaysia y de las diversas instituciones de Jingdezhen que facilitaron este estudio.
 - **Financiación:** Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de agencias de financiación de los sectores público, comercial o sin ánimo de lucro.
 - **Conflictos de interés:** Los autores declaran no tener conflictos de intereses. Los financiadores no participaron en el diseño del estudio, la recopilación, el análisis ni la interpretación de los datos, la redacción del manuscrito ni la decisión de publicar los resultados.
 - **Aprobación ética:** Este estudio se realizó de acuerdo con las normas éticas de los comités de investigación institucionales y nacionales. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes en las entrevistas semiestructuradas y las evaluaciones de expertos. La investigación no incluyó procedimientos experimentales con sujetos humanos o animales que requirieran la aprobación de un comité de ética, más allá de los protocolos estándar para la recopilación de datos cualitativos y la consulta con expertos.
 - **Disponibilidad de datos y materiales:** Los conjuntos de datos generados y analizados durante el presente estudio, incluidas las imágenes de patrones de porcelana Falangcai recopiladas del Museo en Línea de Patrones de China y los datos cualitativos de las entrevistas, no están disponibles públicamente para respetar la privacidad de los participantes y los términos de uso del museo de origen. Sin embargo, la biblioteca de características estéticas procesadas y los modelos LoRA entrenados están disponibles a solicitud razonable del autor correspondiente.
 - **Contribuciones de los autores:** Qinyi YU: Redacción: borrador original, conceptualización, metodología, análisis formal, investigación, curación de datos, visualización. Norfarizah Mohd BAKHIR: Redacción: revisión y edición, supervisión, validación, administración del proyecto.
-

Procesamiento y edición: Editora Ibero-Americana de Educação
Corrección de pruebas, formato, estandarización y traducción

