

Hacia un Sistema de Retroalimentación con Inteligencia Artificial en Dibujo Tecnológico bajo Estándares IRAM

Towards an AI-Based Feedback System for Technical Drawing Aligned with IRAM

M. CECILIA INCHAUSTE – GERMÁN D. ERCOLANI

*Departamento de Ingeniería. Universidad Nacional del Sur
cecilia.inchauste@uns.edu.ar – german.ercolani@uns.edu.ar

RESUMEN

Este artículo plantea las bases teóricas y metodológicas para el desarrollo de un sistema de retroalimentación automatizada en planos de ingeniería mecánica, centrado en la normativa IRAM y en el uso de inteligencia artificial generativa (IAG). A partir de una revisión de literatura sobre retroalimentación en contextos educativos y herramientas basadas en IA aplicadas al dibujo tecnológico, se argumenta la necesidad de establecer criterios normativos de verificación específicos que guíen el análisis automatizado. Se propone una clasificación inicial de criterios basada en categorías clave para la representación gráfica (proyecciones ortogonales, acotación, rótulo y axonometría) y se fundamenta su selección en documentación oficial IRAM y en estudios previos sobre errores comunes en prácticas educativas. Adicionalmente se discute la importancia de superar el sesgo de los modelos internacionales para garantizar respuestas técnicas situadas. Esta investigación constituye un primer paso hacia la creación de un marco

Palabras clave:

*dibujo técnico,
inteligencia artificial,
normalización,
retroalimentación*

computacional que permita entrenar modelos generativos para brindar retroalimentación pertinente, coherente y adaptada a los estándares regionales en entornos técnicos argentinos.

ABSTRACT

Keywords:

artificial intelligence,
feedback,
standardization,
technical drawing

This article establishes the theoretical and methodological foundations for the development of an automated feedback system for mechanical engineering drawings aligned with IRAM standards and the use of generative artificial intelligence (GAI). The study reviews literature on feedback in educational settings and AI-based tools applied to technical drawing, highlighting the need for specific normative verification criteria to guide automated analysis. It proposes an initial classification of these criteria based on key categories of graphical representation in engineering drawing: orthogonal projections, dimensioning, title block, and axonometry, and grounds their selection in official IRAM documentation and previous studies on common errors in educational practices. The article also discusses the current limitations of global AI models when handling local technical regulations. This research is a first step toward creating a computational framework that enables the training of generative AI models to deliver relevant, coherent, and context-appropriate feedback in Argentine technical environments, ensuring alignment with national professional standards in teaching.

Introducción

El dibujo tecnológico constituye una herramienta esencial en la ingeniería mecánica para la representación precisa y normalizada de componentes y sistemas. Su correcta interpretación y producción no solo requiere habilidades gráficas, sino también una comprensión rigurosa de las normativas aplicables, como las IRAM-ISO 128-2, IRAM-ISO 128-3, IRAM-ISO 129-1 y la IRAM 4501, entre

otras. Sin embargo, los procesos de evaluación de estos planos en contextos educativos presentan desafíos crecientes, en particular por la dificultad de proporcionar retroalimentación oportuna, detallada y coherente con dichas normativas.

La reciente aparición de herramientas basadas en inteligencia artificial generativa (IAG), como los modelos de lenguaje de gran tamaño (LLM), ofrecen nuevas oportunidades para automatizar estos procesos. Sin embargo, como se ha evidenciado en investigaciones recientes, estos sistemas suelen operar con estándares internacionales, lo que genera una disonancia al aplicarse en contextos locales como el argentino.

Frente a esta situación, este artículo presenta un primer paso en la construcción de un sistema de retroalimentación automatizada adaptado a la normativa IRAM, mediante la definición y justificación de criterios de verificación técnica que puedan ser utilizados tanto por docentes como por modelos computacionales en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y en la evaluación de la documentación gráfica.

En este contexto, el estudio se orienta a analizar el estado del arte sobre la aplicación de inteligencia artificial generativa en la retroalimentación de documentación técnica, con especial énfasis en los entornos educativos y normativos. Asimismo, se busca identificar y sistematizar los criterios de evaluación gráfica derivados de la normativa IRAM aplicables al dibujo tecnológico y, finalmente, pretende proponer una estructura preliminar de verificación automatizada que sienta las bases para el entrenamiento de modelos generativos adaptados a los estándares regionales.

Fundamentación

Retroalimentación en el aprendizaje del dibujo técnico

La retroalimentación es reconocida como un factor central en el aprendizaje efectivo (Hattie y Timperley, 2007). En contextos técnicos, y particularmente en la enseñanza de sistemas de representación en ingeniería, proveer comentarios oportunos y precisos sobre planos presentados por estudiantes permite corregir errores normativos, mejorar la visualización espacial y fomentar la autonomía del aprendizaje.

Estudios como los de Lee y Moore (2024) y Wan y Chen (2024), han mostrado cómo la retroalimentación generada mediante modelos de IA puede ofrecer ventajas en términos de velocidad, consistencia y personalización. Sin embargo, también se advierte que la falta de contexto disciplinar o normativo puede comprometer la validez de las recomendaciones ofrecidas por estos sistemas.

IA generativa y evaluación automatizada en ingeniería

Los modelos de IA generativa, como GPT o AMCAD, han comenzado a implementarse para la evaluación de planos técnicos, especialmente en entornos CAD. Estas herramientas, como lo plantean Jianwu et al. (2023), son capaces de detectar inconsistencias geométricas o errores gráficos de forma eficiente. Sin embargo, su aplicación suele estar restringida a modelos entrenados con criterios genéricos o internacionalizados.

A nivel de investigación, aún son escasos los estudios que exploran la adecuación normativa de las sugerencias de estas herramientas, especialmente cuando se trata de normas regionales como las IRAM. La investigación llevada a cabo por Razak et al. (2024), por ejemplo, destaca que los modelos evaluados fallan al aplicar criterios específicos de representación gráfica cuando no están explícitamente indicados en el *prompt* (instrucción o texto que se le da a un sistema de IA) o si no forman parte del entrenamiento del LLM.

Dificultades en la aplicación de normas IRAM por parte de modelos generativos

Las normas IRAM aplicables al dibujo tecnológico establecen criterios precisos para la representación, acotación y rotulación de planos (IRAM, s.f.). La interpretación automatizada de estas normas implica no solo la identificación de elementos gráficos, sino también su relación con convenciones normativas locales. Debido a que estas normas no son de libre acceso y consulta, la mayoría de los modelos generativos disponibles no están entrenados con esta documentación, lo que limita su precisión normativa.

Metodología

La construcción de un sistema de evaluación automatizada en dibujo tecnológico bajo normativa IRAM se aborda mediante un enfoque exploratorio-descriptivo (Hernández Sampieri et al., 2014), aplicado y orientado a la sistematización de criterios normativos y su traducción en parámetros computacionales verificables. En una primera instancia se realiza una revisión documental exhaustiva de las normas IRAM aplicables al dibujo técnico, entre ellas la IRAM 4501, la IRAM-ISO 128-2 y la IRAM-ISO 129-1, con el propósito de identificar los criterios de representación, acotación y rotulación más relevantes. Este análisis se complementa con la

consulta de literatura académica sobre retroalimentación automatizada y evaluación asistida por inteligencia artificial en entornos de ingeniería, siguiendo la línea de investigaciones que destacan la importancia de la retroalimentación como factor central en el aprendizaje técnico (Hattie y Timperley, 2007; Lee y Moore, 2024).

A partir de esta revisión normativa y de experiencias docentes en la enseñanza del dibujo tecnológico, se definen cuatro categorías de evaluación que estructuran los aspectos más relevantes de la representación gráfica: proyecciones ortogonales, axonometría, rótulo y acotación. Este proceso se apoya en estudios recientes que señalan la necesidad de contar con criterios claros y contextualizados para que los sistemas de retroalimentación automatizada resulten válidos y pertinentes en la formación de ingenieros (Wan y Chen, 2024; Razak et al., 2024).

Con el fin de evaluar el modelo a partir de estos criterios, se elabora una lista de verificación estructurada, concebida tanto para su aplicación docente como para su integración en sistemas de inteligencia artificial generativa. La lista se diseña en formato tabular, con indicadores binarios y cualitativos que permiten evaluar el cumplimiento de las normas y la claridad de la representación, inspirándose en experiencias previas de evaluación automatizada en entornos CAD, donde la detección de inconsistencias geométricas y gráficas ha demostrado ser eficiente gracias al uso de herramientas basadas en IA (Jianwu et al., 2023).

La validación preliminar de esta propuesta se realiza en entornos educativos de ingeniería, mediante la consulta de expertos en la disciplina (Hernández Sampieri et al. 2014), lo que puede permitir analizar la consistencia y confiabilidad del sistema en términos de pertinencia normativa y eficacia pedagógica. Para fortalecer esta fase, se emplea el método de juicio de expertos para evaluar la validez de contenido de la lista de verificación propuesta, asegurando que los indicadores binarios capturen con precisión las desviaciones normativas. Este proceso se complementa con pruebas piloto iniciales donde se contrastan las correcciones manuales docentes con las detecciones del sistema, buscando reducir los falsos positivos (la herramienta identifica erróneamente un elemento de la lista de verificación como "requiere atención" cuando este elemento cumple con la normativa) o los falsos negativos (la herramienta de retroalimentación muestra erróneamente el estado "correcto" para un elemento de la lista de verificación que no cumple con el estándar) en la identificación de errores en la representación gráfica, factores críticos para la confiabilidad del modelo en el aula.

Desarrollo de criterios de evaluación

Con el fin de evaluar de forma automatizada un plano técnico conforme a la normativa IRAM, es necesario establecer una lista de verificación estructurada en función de categorías específicas. Esta lista debe ser comprensible tanto para docentes como para sistemas computacionales, y estar alineada con los errores comunes detectados en el proceso de enseñanza y aprendizaje con estudiantes de ingeniería.

Se propone agrupar los criterios en cuatro categorías principales: Proyecciones ortogonales, Axonometría, Rótulo y Acotación. Se utiliza la clasificación desarrollada originalmente por Razak et al. (2024) seleccionando las categorías que se relacionan con los ejes temáticos de la materia Sistemas de Representación, del Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur. Este recorte se lleva a cabo teniendo en cuenta que, en una primera instancia, se pueden evaluar los documentos que se utilizan en la asignatura mencionada, sistematizando los aspectos más relevantes del dibujo tecnológico y constituyendo una base sólida para el desarrollo de futuros sistemas de retroalimentación asistida por IA.

En concordancia, se detallan los criterios propuestos para las cuatro categorías:

1. Proyecciones ortogonales

Las normas IRAM indican que debe especificarse el método de proyección (ISO E o ISO A) mediante símbolo normado y que la disposición de vistas debe respetar dicho sistema. Además, deben representarse únicamente las vistas necesarias para interpretar el objeto, utilizando los tipos de líneas apropiados según la norma IRAM-ISO 128-2. Por ello se establecen los siguientes criterios de evaluación referidas a las proyecciones ortogonales:

- Verificación del sistema de proyección (símbolo y disposición).
- Denominación correcta de vistas (vista anterior, superior, lateral, etc.).
- Inclusión de aristas no visibles y ejes.
- Representación mínima y suficiente de vistas.

2. Axonometría

Las normas admiten la representación gráfica de objetos tridimensionales de una sola vista a partir de tres ejes coordenados sobre un único plano de proyección. Se recomiendan cuatro tipos de axonometrías dependiendo prin-

principalmente del campo de actividad (mecánica, eléctrica, construcción, etc.), siempre que se respeten las proporciones y los ejes de coordenadas. Este tipo de representación mejora la comprensión espacial y es especialmente útil en contextos educativos. El criterio establecido es el siguiente:

- Precisión en la representación de la axonometría (trazado, escala de representación).

3. Rótulo

El rótulo debe contener información básica y estar organizado según lo establecido en la normativa de referencia. Esto incluye nombre del producto, autor, fecha, escala utilizada y número de plano. Su correcta ubicación y llenado es indispensable en documentación profesional. En consecuencia, los criterios establecidos se detallan a continuación:

- Totalidad de la información (autor, producto, fecha, escala).
- Escala empleada conforme a valores normativos.
- Claridad en la identificación del dibujo.

4. Acotación

La acotación, regulada por IRAM-ISO 129-1, involucra el dimensionado de la pieza representada y debe seguir criterios de claridad, no redundancia, ordenamiento lógico y uso adecuado de simbología. Es uno de los aspectos más complejos de evaluar automáticamente, ya que implica interpretación semántica y espacial simultáneamente. De esta manera, para esta categoría se establecen los siguientes criterios de evaluación:

- Técnica de dimensionado coherente (de menor a mayor).
- Ausencia de cotas duplicadas o cruzadas.
- Correcta ubicación y orden.
- Diámetros y radios acotados correctamente.
- Comprensión general de la pieza a partir del dimensionado.

Discusión de resultados

Se presume que el establecimiento de estos criterios constituye el insumo necesario para el entrenamiento de modelos generativos que puedan asistir en la evaluación de planos técnicos desde una perspectiva situada. Este enfoque contrasta críticamente con estudios similares que utilizan modelos generalistas (Lee y Moore, 2024); mientras que investigaciones como las de Razak et

al. (2024) demuestran que la IA suele fallar en criterios específicos si no hay un entrenamiento explícito, nuestra propuesta mitiga esta falencia al integrar la normativa IRAM como eje central del *prompt* y el futuro entrenamiento. A diferencia de los sistemas AMCAD (Jianwu et al., 2023) que priorizan la consistencia geométrica general, este marco busca una precisión técnica contextualizada, evitando la "disonancia normativa" identificada en modelos entrenados bajo estándares exclusivamente internacionales.

Para ello, se propone la futura elaboración de una base de datos sintética basada en ejemplos correctos, incompletos e incorrectos, alineada a la normativa IRAM, que permita enseñar a los modelos generativos no solo a reconocer patrones gráficos, sino también a razonar en función de estándares locales.

Este enfoque puede permitir no solo mejorar la precisión de la retroalimentación, sino también garantizar que los/as estudiantes y profesionales reciban evaluaciones coherentes con el marco regulatorio nacional.

Conclusiones

Este artículo establece los fundamentos teóricos y metodológicos para desarrollar un sistema de retroalimentación automatizada en el ámbito del dibujo técnico en ingeniería mecánica, basado en inteligencia artificial generativa y normas IRAM. A partir del análisis de literatura, se justifica la necesidad de construir criterios de verificación específicos que puedan ser implementados tanto en la docencia como en las prácticas profesionales.

El desarrollo de estos criterios, estructurados en categorías clave (proyecciones, axonometría, rótulo y acotación), representa el primer paso hacia un modelo normativamente contextualizado, capaz de ofrecer retroalimentación pertinente y rigurosa. La propuesta futura incluye la creación de una base de datos y entornos de prueba que permitan entrenar modelos generativos en el marco del dibujo tecnológico bajo normativa argentina, superando las limitaciones actuales impuestas por la falta de acceso a estándares locales en los modelos internacionales.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur (UNS) por la financiación del Proyecto (PGI) "Desarrollo de Dibujo Tecnológico Avanzado de acuerdo con las Normas IRAM como complemento ejemplificativo y de actualización", y al Departamento de Ingeniería de la UNS por el apoyo brindado para el desarrollo de estas investigaciones.

Referencias Bibliográficas

- Hattie, J.; Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112. doi:10.3102/003465430298487
- Hernández Sampieri, R.; Fernández Collado, C.; Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill; 6ta Edición. México.
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) (s.f.). IRAM Colección. <https://iramcoleccion.org.ar/>
- Jianwu, L. W.; Yew, L. S.; On, L. K.; et al. (2023). AI-enabled evaluating for computer-aided drawings (AMCAD). *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 52(1), 3-31. doi:10.1177/03064190231175231
- Lee, S. S.; Moore, R. L. (2024). Harnessing Generative AI (GenAI) for Automated Feedback in Higher Education: A Systematic Review. *Online Learning*, 28(3), 82-106.
- Razak, A. N. A.; Lim, M.; Tomeo-Reyes, I.; Li, D. D. (2024). Exploring the Capabilities and Limitations of Generative AI in Providing Feedback on Engineering Drawings: A Case Study. In *2024 World Engineering Education Forum-Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC)* (pp. 1-9). IEEE.
- Wan, T., & Chen, Z. (2024). Exploring generative AI assisted feedback writing for students' written responses to a physics conceptual question with prompt engineering and few-shot learning. *Physical Review Physics Education Research*, 20(1), 010152.

Inchauste M. Cecilia

María Cecilia Inchauste es Arquitecta (Universidad Nacional de Mar del Plata, 2008) y Magíster en Enseñanza en Escenarios Digitales (Universidad Nacional de San Luis, 2023). Se desempeña como Profesora Adjunta en el Departamento de Ingeniería de la Universidad Nacional del Sur y en gestión universitaria coordina el Área 5 - Sistemas de Representación. Su trayectoria docente abarca más de una década, con participación en diversas cátedras vinculadas a la expresión gráfica.

Ha integrado y dirigido proyectos de investigación sobre CAD, TIC y normativas IRAM aplicadas al dibujo tecnológico, destacándose actualmente como directora del proyecto "Desarrollo de Dibujo Tecnológico Avanzado de acuerdo a las Normas IRAM" (2024-2025). Su producción académica incluye artículos en revistas especializadas y numerosas presentaciones en congresos nacionales e

internacionales, con énfasis en la incorporación de inteligencia artificial y realidad aumentada en la enseñanza de la representación gráfica.

Reconocida como Graduada Distinguida por la Universidad Nacional de Mar del Plata (2008), también ha actuado como revisora en congresos internacionales y jurado en concursos docentes. Complementa su perfil con experiencia profesional independiente en arquitectura y formación continua en herramientas digitales, docencia universitaria y escritura académica.

Su labor se orienta a transformar la enseñanza del dibujo tecnológico mediante innovación pedagógica y tecnológica.

CV Ercolani Germán D.

Germán Darío Ercolani es Ingeniero Civil (Universidad Nacional del Sur, 2007) y Doctor en Ingeniería (Universidad Nacional del Sur, 2019). Se desempeña como docente en el Departamento de Ingeniería de la UNS, con dedicación semiexclusiva en las asignaturas Diseño Mecánico Asistido y Sistemas de Representación, además de una amplia trayectoria como Ayudante y Asistente en cátedras vinculadas a la expresión gráfica y estructuras.

Investigador categorizado en el Programa de Incentivos, ha integrado diversos proyectos sobre CAD, TIC y mecánica del continuo, y actualmente participa en el proyecto "Desarrollo de Dibujo Tecnológico Avanzado de acuerdo a las Normas IRAM" (2024-2025). Su producción científica incluye artículos en revistas internacionales de alto impacto, capítulos de libros y numerosas presentaciones en congresos nacionales e internacionales, con aportes en durabilidad en estructuras de hormigón y aplicaciones pedagógicas de realidad aumentada e inteligencia artificial.

Ha sido becario doctoral de CONICET y revisor de revistas científicas internacionales. En gestión universitaria, integra el Consejo Departamental y la Comisión Curricular de Ingeniería Civil de la UNS. Complementa su perfil con experiencia profesional en empresas constructoras y en dirección de obras de infraestructura vial.