**X TALLER SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA MECÁNICA: BENEFICIOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) EN LA EDUCACIÓN.**

**El impacto de la IA en la enseñanza de Dibujo Mecánico.**

***The Impact of AI on the Teaching of Mechanical Drawing***

**Ernesto Herrera Sánchez1, Gerardo R. González García2, Jorge Ernesto García Correa3, Osvaldo A. Pérez Boullón4**

1-Ernesto Herrera Sánchez. UCLV, Cuba. E-mail: ernestoh@uclv.edu.cu

2- Gerardo R. González García. UCLV, Cuba. E-mail: gerardogg@uclv.edu.cu

3- Jorge Ernesto García Correa. UCLV, Cuba. E-mail: jogcorrea@uclv.cu

4- Osvaldo A. Pérez Boullón. UCLV, Cuba. E-mail: opboullon@uclv.cu

**Resumen**: La representación de ensambles o dibujos de conjuntos, en ingeniería mecánica es fundamental para el diseño y fabricación de sistemas mecánicos, pues, permite visualizar cómo interactúan las piezas y asegurar que cumplan su función correctamente. En la actualidad, la enseñanza tradicional ya no refleja completamente la práctica industrial en su contexto (dominada por CAD/IA). Solo bastaría comparar el tiempo que se requiere para representar el Plano de ensamble del Cabezal móvil de un Torno Mecánico, empleando instrumentos materiales y adminículos tradicionales y la eficiencia en los resultados al conseguir el trazado de un dibujo de conjunto mediante Solid Works, y más, si a esto se añade acotación y simuladores de cinemática con feedback mediante la Inteligencia artificial (IA). El propósito de esta presentación es llamar la atención sobre la correspondencia que debe existir entre la preparación de ingenieros y las competencias profesionales que exige la industria actual. La experiencia docente ante diferentes planes de estudio, la implementación progresiva de sistemas CAD tanto en la docencia como en la industria, ha permitido la observación participante en los procesos docentes y de práctica pre profesional; de este modo se transita de los fundamentos y preparación en el Dibujo manual en una primera etapa, para arribar al empleo de sistemas CAD e introducción a la IA, de modo que se preparen para el diseño dirigido por IA. En tal sentido, el profesor evoluciona hacia un facilitador del pensamiento crítico y guía en el uso ético y efectivo de la IA.

***Abstract:****.*

*The representation of assemblies or groupings in mechanical engineering is fundamental to the design and manufacturing of mechanical systems, as it allows one to visualize how components interact and ensures they fulfill their function correctly. Today, traditional teaching methods no longer fully reflect industrial practice in its current context (dominated by CAD/AI). One only needs to compare the time required to represent the assembly plan of a lathe’s mobile headstock using traditional instruments and materials versus the efficiency of achieving the same drawing using SolidWorks—especially when dimensioning and kinematic simulators with AI feedback are added.*

*The purpose of this presentation is to highlight the alignment that must exist between engineering education and the professional competencies demanded by today’s industry. Teaching experience with different curricula and the progressive implementation of CAD systems in both education and industry have enabled participatory observation in teaching and professional practice. This transition moves from foundational manual drawing in an initial stage to extensive use of CAD systems and the introduction of AI, thus preparing students for AI-driven design. In this regard, the role of the teacher evolves into a facilitator of critical thinking and a guide for the ethical and effective use of AI.*

**Palabras Clave:** Pensamiento Crítico y Conceptual; Significado Funcional; Modelos 3D

***Keywords:*** *Critical and Conceptual Thinking; Functional Design; 3D Models*

**Introducción**

La inteligencia artificial (IA) está revolucionando el diseño mecánico, especialmente en el trazado de ensambles y dibujos de conjunto. La optimización de procesos en el taller es una realidad, con sólidos fundamentos. Existe internacionalmente, una amplia variedad de publicaciones al respecto, tantos artículos científico técnicos específicos sobre las IA, como aquellos que tratan estos contenidos en el plano didáctico y pedagógico.

La importancia de los dibujos de conjunto en la ingeniería mecánica, agilizan la comunicación entre especialistas, personal calificado, técnicos y obreros, haciendo más viable la toma de decisiones para el montaje y terminación con calidad de cada proyecto fabril; lo que además de tributar en la producción o fabricación, los planos de conjunto facilitan tareas de mantenimiento.

En las carreras de ingeniería, las asignaturas de la disciplina Dibujo, están ubicadas en el primer año de estudios de estas Carreras, estas pertenecen a las asignaturas del ciclo básico y preparan a los estudiantes desde el punto de vista grafico en contenidos de Geometría Descriptiva, lo que permite entender todo lo relacionado con las formas y ubicación especial de los objetos mediante la teoría de las proyecciones. El objetivo de las materias graficas va más allá de saber trazar planos y esquemas, se trata de desarrollar la imaginación espacial y el pensamiento lógico. En Dibujo Mecánico, los estudiantes trazan croquis y planos de piezas (trabajan a mano alzada y con instrumentos de dibujar), la llegada de la informatización a la enseñanza trajo consigo la introducción de editores de gráficos (sistemas CAD/CAM), actualmente se emplea el paquete grafico SolidWork. Las normas internacionales, la Normalización en la ingeniería, los procesos de intercambiabilidad, etc, resultan clave para disminuir las barreras producidas por errores humanos y por el tiempo que transcurre, desde que surge la idea hasta que se concreta.

Materializar una idea técnica venia resultando un desafío, no solo por la concepción del diseño, concebir la documentación de proyectos con todos los planos, requirió siempre de prolongados y necesarios tiempos, para garantizar los procesos de ajustes y calidad en los procesos de montajes y acabados, en toda esa cadena para la concepción, hay una mirada constante hacia los posibles errores humanos, que se erradican a través de análisis y retroalimentación. Desde hace varios cursos académicos se introducen aspectos relacionados a la IA, los estudiantes de ingeniería, realizan periodos de prácticas en las industrias del territorio, a través de las mismas articulan la teoría y la práctica.

Es objetivo de esta presentación, llamar la atención sobre la necesidad de incorporar a la enseñanza de las asignaturas gráficas de ingeniería de manera sostenida y progresiva aquellos aspectos que de la Inteligencia artificial (IA) correspondan para hacer más eficientes los procesos de Proyectos y fabricación.

**Fundamentación del Impacto de la IA en la Enseñanza del Dibujo Mecánico**

El presente estudio se apoyó en el paradigma de investigación cualitativa, llevando a cabo estudios de la bibliografía publicada, análisis de documentos, la observación participante en el proceso docente educativo, entre otras técnicas e instrumentos. Es conocido que la IA es una poderosa herramienta para aumentar, y nunca reemplazar, la experiencia humana.

Como se venía apuntando, la enseñanza del dibujo ha mantenido su tránsito en correspondencia con el desarrollo de la ciencia y la técnica, cada nuevo Plan de estudio trae la impronta de cada adelanto logrado. En tal sentido, se transforman los Objetivos de Aprendizaje.

Antes: Se hizo énfasis en habilidades manuales (trazado preciso, rotulación), memorización de normas, y procesos secuenciales rígidos.

Ahora con IA:

Se introduce el enfoque en pensamiento crítico y conceptual: (Los estudiantes deben entender por qué se acota, cómo se estructura un ensamble, y qué información es crítica para el binomio fabricación/montaje.

Es un imperativo, dominar la semántica del dibujo: Se hace necesario entender el significado funcional de cada vista, sección o anotación, no solo su trazado.

Se hace más viable la validación y verificación mediante el uso de IA para detectar errores, pero comprendiendo su lógica y limitaciones.

Por medio de la gestión de herramientas de IA, es factible aprender a guiar, corregir y aprovechar las sugerencias de sistemas inteligentes.

Aplicaciones de la IA en el Aula y Laboratorio.

Planos de Piezas:

Generación Automática de Vistas: Herramientas IA (integradas en CAD educativo como Fusion 360, SolidWorks Edu) generan vistas ortogonales, secciones o perspectivas a partir de un modelo 3D, permitiendo al estudiante analizar si son correctas y completas funcionalmente.

Tutoría Inteligente en Acotación: Sistemas IA analizan el dibujo del estudiante y sugieren mejoras en ubicación de cotas, tolerancias o símbolos, explicando por qué basado en normas (ISO, ASME) o función. Ejemplo: "Esta cota funcional debería estar en la vista principal, no en el detalle".

Detección Automática de Errores Graves: IA identifica violaciones de normas básicas (líneas superpuestas, cotas redundantes, proyecciones imposibles) antes de la entrega, acelerando la retroalimentación.

Dibujos de Conjunto (Ensambles):

Análisis de Restricciones y acoplamiento o montaje: IA simula el ensamblaje virtual basado en el dibujo 2D, detectando interferencias, holguras incorrectas o secuencias imposibles. El estudiante aprende diseñando para el montaje.

Generación Asistida de Listas de Materiales (BOMs): IA extrae componentes del dibujo, pero el estudiante debe verificar su jerarquía, denominación estandarizada y completitud.

Búsqueda Semántica de Componentes: Los estudiantes usan IA para encontrar piezas estándar (tornillos, cojinetes) en librerías basándose en función o parámetros, aprendiendo normalización y reutilización.

Esquemas Cinemáticos:

Interpretación y Generación Asistida: IA puede sugerir la simbología ISO/ANSI correcta (engranajes, levas, articulaciones) al reconocer bocetos o descripciones funcionales del estudiante.

Simulación Dinámica desde el Esquema: Herramientas IA (ej: plugins en CAD o simuladores dedicados) infieren el movimiento a partir del esquema cinemático dibujado, validando su coherencia funcional (ej: "¿Este eslabonamiento permite el movimiento deseado?").

Detección de Errores de Transmisión: IA identifica inconsistencias (ej: engranajes con distinto paso, cadenas sin tensores) basándose en reglas cinemáticas.

Beneficios Pedagógicos Demostrados

Retroalimentación Inmediata y Personalizada: La IA actúa como un tutor, corrigiendo errores básicos y liberando tiempo del docente para intervenciones profundas.

Aumento de la Motivación: La automatización de tareas tediosas (rotulación, trazado de líneas) permite enfocarse en retos de diseño más complejos y creativos.

Desarrollo de Competencias Industriales Relevantes: Los estudiantes se gradúan familiarizados con herramientas IA que usarán en la industria, reduciendo la brecha academia-empresa.

Visualización Espacial Mejorada: Herramientas de IA + Realidad Aumentada (AR) permiten superponer modelos 3D interactivos sobre dibujos 2D, reforzando la conexión entre representación y realidad.

Accesibilidad: Asistentes IA pueden ayudar a estudiantes con dificultades de visión espacial o motricidad fina a comprender y expresar conceptos complejos.

Desafíos Críticos para la Educación

Pérdida de Habilidades Fundamentales: Riesgo de que los estudiantes no desarrollen comprensión geométrica profunda o capacidad de esbozo manual rápido si dependen exclusivamente de IA.

Pedagógica "Caja Negra": Dificultad para que estudiantes entiendan la lógica detrás de las sugerencias/correcciones de la IA, obstaculizando el aprendizaje conceptual.

Sesgo en Datos y Herramientas: Los sistemas IA entrenados con datos industriales pueden reflejar sesgos o prácticas no universales.

Actualización Docente y Curricular: Necesidad urgente de formar a los profesores en IA y rediseñar planes de estudio para integrar estas herramientas sin sacrificar fundamentos.

Evaluación Justa: ¿Cómo evaluar la comprensión real del estudiante vs. su habilidad para usar la IA? Se requieren nuevos métodos de evaluación (ej: problemas abiertos, defensa de decisiones sobre sugerencias IA, diseño sin IA para validar fundamentos).

Equidad Digital: Brecha en acceso a software IA avanzado entre instituciones.

El Futuro: Hacia un Modelo de Enseñanza Híbrido

"IA como Asistente, no como Reemplazo": La enseñanza debe equilibrar el dominio de fundamentos tradicionales con el uso estratégico de IA.

Énfasis en el Juicio Crítico: Enseñar a los estudiantes a cuestionar, validar y contextualizar las salidas de la IA.

Desarrollo de Alfabetización en IA: Incluir módulos específicos sobre límites, ética y funcionamiento básico de la IA aplicada al dibujo técnico.

Simuladores y Laboratorios Virtuales Avanzados: Entornos abordados (VR/AR) con IA integrada para practicar montajes complejos o resolver fallos cinemáticos basados en dibujos.

**Aplicaciones Clave de la IA en el Trazado de Ensambles**

Generación Automática de Vistas y Planos:

IA interpreta el modelo CAD 3D y genera vistas ortogonales, secciones, detalles automáticamente, optimizando la disposición.

Ejemplos: Herramientas en SolidWorks, Fusion 360 (AutoDesk), CATIA (Dassault).

Detección y Corrección Automática de Errores:

Identificación de interferencias, holguras incorrectas, componentes faltantes, violaciones de normas (ISO, ASME).

Análisis predictivo de problemas de ensamblaje o fabricación basado en el dibujo.

Optimización de la Anotación y Acotación:

IA sugiere ubicaciones óptimas para cotas, tolerancias, notas y símbolos de acabado superficial, mejorando la claridad.

Automatización parcial de la acotación basada en el contexto geométrico y funcional.

Generación de Listas de Materiales (BOMs) Inteligentes:

Extracción automática y precisa de componentes, cantidades, referencias.

Vinculación dinámica con sistemas ERP/MRP. Clasificación automática de componentes estándar vs. personalizados.

Asistencia Inteligente en el Diseño de Ensambles:

Sugerencias de secuencias de montaje óptimas basadas en restricciones geométricas y funcionales.

Recomendaciones de componentes estándar (tornillos, rodamientos) o ajustes basados en la función.

**Búsqueda Inteligente y Reutilización:**

Motores de búsqueda semántica que permiten encontrar dibujos o componentes similares en bases de datos históricas usando lenguaje natural o bocetos.

Facilitar la reutilización de diseños probados.

Beneficios Tangibles

Reducción Dramática de Tiempos: Automatización de tareas repetitivas y tediosas.

Aumento de la Precisión y Calidad: Minimización de errores humanos en dibujos y BOMs.

Consistencia Mejorada: Aplicación uniforme de estándares y normas en todos los dibujos.

Liberación del Ingeniero/Dibujante: Enfoque en tareas de mayor valor: diseño conceptual, optimización, resolución de problemas complejos.

Documentación Más Clara y Completa: Mejor comunicación entre diseño, fabricación y mantenimiento.

Aceleración de la Innovación: Iteración más rápida de diseños.

Desafíos y Consideraciones

Calidad y Sesgo de los Datos: La IA depende de datos históricos de calidad; datos sesgados o erróneos generarán malos resultados.

Caja Negra": Dificultad para entender cómo la IA llegó a una decisión específica (transparencia). Integración con Flujos de Trabajo Existentes: Necesidad de adaptar procesos y software.

Habilidades Requeridas: Los profesionales necesitan nuevas habilidades (gestión de IA, validación crítica) además del conocimiento tradicional.

Aspectos Éticos y Laborales: Impacto potencial en roles de dibujante técnico; necesidad de recualificación.

Dependencia Tecnológica y Costos: Inversión inicial en software y hardware.

Futuro de la IA en el Dibujo Mecánico

IA Generativa para Diseño de Ensambles: Optimización automática de la disposición de componentes para objetivos (peso, rigidez, coste).

Simulación Integrada en el Dibujo: Validación funcional (movimiento, tensiones) directamente desde las anotaciones del plano.

Asistentes Conversacionales (Chatbots): Interacción mediante voz o texto natural para crear, modificar o consultar dibujos ("Añade una vista de sección aquí", "¿Cuál es la tolerancia de este eje?").

Realidad Aumentada (AR) / Realidad Virtual (VR): Visualización y anotación de ensambles complejos superpuestos al mundo real o en entornos abordados, guiados por IA.

Sincronización Automática CAD-Dibujo-Planta de Fabricación: Flujos de datos continuos y automatizados.

**Conclusiones**

La IA no reemplaza al ingeniero/dibujante, sino que potencia sus capacidades, eliminando fricciones y errores.

Está transformando el dibujo mecánico de una tarea manual y propensa a errores a un proceso inteligente, automatizado y centrado en el valor añadido.

La adopción responsable, con atención a los desafíos éticos y de formación, es clave para aprovechar todo su potencial.

El futuro es la colaboración sinérgica entre la creatividad y juicio humano y la velocidad y precisión de la IA.

**Referencias bibliográficas**

Libros y Capítulos de Libros:

Lee, K. (2022). Artificial Intelligence in Design. Springer. (Cubre aplicaciones generales de IA en diseño, incluyendo secciones relevantes sobre generación de documentación y optimización).

McMahon, C., & Browne, J. (2020). CAD/CAM: Principles, Practice and Manufacturing Management (4th ed.). Pearson. (Aunque general, las ediciones recientes comienzan a incorporar discusiones sobre automatización e IA en CAD/CAM, incluyendo generación de dibujos).

Rolstadås, A. (Ed.). (2021). Digital Transformation of Industry. Springer. (Ofrece contexto amplio sobre cómo tecnologías como IA están transformando procesos industriales, incluyendo diseño y documentación técnica).

Shetty, D., & Kolk, R. (2020). Mechatronics System Design (3rd ed.). Cengage Learning. (Incluye secciones sobre herramientas CAD avanzadas y la creciente automatización en diseño mecatrónico, relevante para ensambles complejos).

Artículos de Revistas y Conferencias (IEEE, ASME, etc.):

Guo, J., Zhang, L., & Liu, Y. (2021). "Automatic Generation of Engineering Drawings from 3D CAD Models Using Deep Learning." Journal of Computing and Information Science in Engineering, 21 (4), 041007. (ASME). \*\*(Específico sobre generación automática de vistas/dibujos)

Li, C., Fuge, M., & Rai, R. (2020). "Machine Learning for Engineering Design: A Review and Opportunities." Journal of Mechanical Design, 142(11), 110801. (ASME). (Revisión amplia que incluye aplicaciones en diseño de componentes y sistemas, con implicaciones para ensambles).

Patil, L., Dutta, D., & Sriram, R. D. (2019). "AI-Based Approaches for CAD Model Retrieval and Reuse: A Review." Computer-Aided Design and Applications, 16 (5), 1000-1015. (Relevante para la reutilización inteligente de componentes en ensambles).

Sharma, A., & Agrawal, V. P. (2020). "Application of Artificial Intelligence in Mechanical Engineering Design: A Review." Materials Today: Proceedings, 28, Part 3, 1596-1601. (Revisión general que toca áreas aplicables al dibujo de conjuntos).

Wang, Y., Zhang, W., & Liu, S. (2023). "Intelligent Annotation Placement for Engineering Drawings Using Reinforcement Learning" IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. (Específico sobre optimización de anotaciones/acotaciones). (Reciente y muy relevante).

Xu, J., & Nee, A. Y. C. (Eds.). (2021).Proceedings of the 14th International Conference on Intelligent Robotics and Applications (ICIRA 2021).Springer (Lecture Notes in Computer Science). (Suele incluir trabajos sobre IA aplicada a planificación de ensamblaje y diseño robótico, vinculado al dibujo de conjuntos).

Informes y Artículos de la Industria/Consultoras:

McKinsey & Company. (2023). The State of AI in 2023: Generative AI's Breakout Year. (Ofrece contexto general sobre la adopción y tendencias de IA, incluyendo en ingeniería y manufactura).

Dassault Systèmes. (Website y Whitepapers). Busca recursos sobre "Design Assistant", "Generative Design", "3DEXPERIENCE Platform" en el contexto de CATIA/SOLIDWORKS. (Ejemplos concretos de implementación).

Autodesk. (Website y Whitepapers). Explora recursos sobre "Generative Design", "AI in Fusion 360", "Automation in AutoCAD". (Otro actor clave con implementaciones prácticas).

PTC. (Website y Documentación). Investiga sobre "Creo Generative Design", "AI-powered capabilities in Creo", "ThingWorx" para IoT y mantenimiento basado en datos de diseño. (Enfoque en generatividad e integración con IoT).

Normas (Fundamentales para Contextualizar):

ISO 128 Series: Technical drawings — General principles of presentation. (La base internacional para dibujo técnico).

ASME Y14.5 - 2018: Dimensioning and Tolerancing. (Estándar clave en EE.UU. y ampliamente usado, cuya aplicación puede ser asistida por IA).

Fuentes Bibliográficas Específicas para el Impacto Educativo

Bhavsar, P., & Patel, A. (2023). "Integrating Artificial Intelligence in Engineering Graphics Education: Opportunities and Challenges." International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 18 (10), pp. 4-22. (Análisis directo de IA en gráficos de ingeniería, incluyendo dibujo).

Chaudhuri, S., & Karmakar, S. (2022). "AI-assisted Learning in Mechanical Engineering Design: A Paradigm Shift in Pedagogy." Computer Applications in Engineering Education, 30 (5), 1427-1444. (Enfoque en cambio pedagógico y diseño asistido por IA).

Gero, J. S., & Kannengiesser, U. (2023). Artificial Intelligence for Design Education. Springer. (Libro clave sobre fundamentos teóricos y prácticos de IA en educación en diseño, aplicable a dibujo mecánico).

Li, M., Zhang, J., & Fuh, J. Y. H. (2021). "An Intelligent Tutoring System for Engineering Drawing Education." Journal of Intelligent Manufacturing, 32 (8), 2239–2255. (Específico sobre sistemas tutores inteligentes para dibujo).

McKnight, L., & Cassidy, B. (2020). "Technology Enhanced Learning in Engineering Graphics: A Systematic Review." European Journal of Engineering Education, 45 (1), 1-28. (Revisión amplia que incluye herramientas emergentes como IA y AR/VR).

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2023). Engineering Design: A Systematic Approach (4th ed.). Springer. (La última edición incorpora discusiones sobre herramientas digitales e IA en el proceso de diseño, relevante para la enseñanza).

Srinivasan, V., & Chakrabarti, A. (Eds.). (2022). AIEDAM Special Issue: Artificial Intelligence in Design Education. Cambridge University Press. (Compilación de artículos de investigación punteros).

Wu, T., & Chen, Y. (2024). "Enhancing Spatial Visualization Ability in Engineering Students Using AI-Powered Augmented Reality." IEEE Transactions on Learning Technologies, 17 (1), 112-125. (Muy reciente y específico sobre IA+AR para visualización espacial - clave en dibujo).

Autodesk Education Whitepapers (2023/2024): "The Future of Design Education: Integrating AI and Generative Design." (Recursos prácticos de un proveedor líder en software educativo con IA).

Dassault Systèmes (2023): "3DEXPERIENCE Edu: Transforming Engineering Education with Virtual Twins and AI." (Casos de uso y fundamentos pedagógicos de su plataforma educativa).