Primer Avance PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

XIII Reunión Internacional de Gestión de Investigación y Desarrollo
A realizarse del 21 al 23 de Julio de 2026, sede Asociación de Profesores APUCV

"**La Formación del Ingeniero 4.0 en el Contexto de la IV Revolución Industrial**"

Autor: **Alfred Stephen Avella Guevara,** alfredavella@gmail.com

Resumen: El presente artículo analiza la transformación en la educación de ingeniería ante la convergencia de tecnologías que definen la Cuarta Revolución Industrial. Mediante un enfoque cualitativo y prospectivo, fundamentado en la construcción de escenarios, se integra la teoría de Aldert Kamp, Klaus Schwab y Nagib Callaos. Los resultados demuestran una reconfiguración estructural del conocimiento. Al comparar las realidades de Irlanda, Colombia y otros países latinoamericanos, se evidencian grandes brechas de infraestructura. La inteligencia artificial generativa redefine al profesional hacia un rol sistémico y ético. Se concluye con escenarios prospectivos, el rediseño de currículos, hacia una educación integral.

Abstract: This article analyzes the transformation of engineering education in the face of the convergence of technologies that define the Fourth Industrial Revolution. Using a qualitative and prospective approach, grounded in scenario building, the theories of Aldert Kamp, Klaus Schwab, and Nagib Callaos are integrated. The results demonstrate a structural reconfiguration of knowledge. Comparing the realities of Ireland, Colombia, and other Latin American countries reveals significant infrastructure gaps. Generative artificial intelligence redefines the professional role, shifting it toward a systemic and ethical one. The article concludes with prospective scenarios and calls for curriculum redesign toward a holistic education.

Palabras clave: capitalismo de *stakeholders*; educación superior; inteligencia artificial generativa; ingeniería 4.0; sociedad del conocimiento

Keywords: stakeholder capitalism; higher education; generative artificial intelligence; engineering 4.0; knowledge society

"**La Formación del Ingeniero 4.0 en el Contexto de la IV Revolución Industrial**"

1. Introducción y Objetivos:

La transición hacia la Era Digital según Abasolo (2019), "*… los data*[a] *se han convertido en aíre no podemos vivir sin el …. Los ciclos en telecomunicaciones son cada vez más cortos …. En 2019 en un minuto de Internet se hacían más de 800 compras en línea, 3,7 millones de búsquedas en Google, 18 millones de mensajes; entre otros …*"; lo cual, representa uno de los procesos de transformación estructural más profundos de la historia moderna, equiparable en impacto a las revoluciones industriales precedentes. La convergencia acelerada entre conectividad masiva, automatización avanzada, internet de las cosas (IoT), sistemas ciberfísicos e inteligencia artificial generativa (IAG) viene modificando, quizás de manera irreversible, las dinámicas económicas, productivas y educativas a escala global.

[a] *Matteo Russo Raffaele (2022), "**data**"* es el **plural** del neutro latino datum que pasó al castellano como dato, siguiendo la evolución de muchísimos otros términos de nuestra lengua en la que la terminación del neutro nominativo singular -um del latín se hizo -o masculino en castellano: *curriculum* → currículo; *datum* → dato; *medium* → medio. Así, como el plural de la palabra latina *datum* es *data*, los plurales de ***curriculum* y de *medium***, son *curricula* y *media*. Debería usarse en rigor, determinantes plurales y masculinos: **los completos *data, data* obtenidos, los *data*** y destacarse el latinismo con cursivas como cualquier extranjerismo.

Lejos de limitarse a la mera incorporación de herramientas técnicas, la denominada Cuarta (IV) Revolución Industrial plantea una reconfiguración radical de las relaciones existentes entre la información, el conocimiento, el trabajo y las capacidades humanas de innovación.

En este escenario de disrupción tecnológica acelerada —intensificado después de la pandemia de COVID-19 con la consolidación de la computación en la nube y el trabajo distribuido— los *data* se han erigido como uno más de los recursos estratégicos centrales de la nueva lógica productiva. En consecuencia, la ingeniería se ve obligada a abandonar su tradicional concepción como una disciplina estrictamente técnica y fraccionada, asociada de forma exclusiva a los procesos industriales clásicos. Hoy en día, el desempeño ingenieril emerge como un espacio transversal de integración interdisciplinaria donde convergen de forma simultánea la analítica de *data*, la computación avanzada, la automatización inteligente, la bioética y la sostenibilidad socioambiental.

Esta realidad plantea un reto crítico para las instituciones de educación superior. En América Latina, una parte considerable de los modelos curriculares vigentes responde todavía a paradigmas industriales del siglo pasado, diseñados antes de la emergencia de la digitalización exponencial. Esta brecha o distanciamiento entre las competencias demandadas por el entorno tecnológico actual y los esquemas formativos tradicionales amenaza con mermar la capacidad de innovación, competitividad y productividad de la región. La urgencia metodológica e institucional se acentúa de forma dramática ante la reciente irrupción masiva de la IAG, una tecnología disruptiva utilizada para "…*automatizar muchas tareas asociadas al conocimiento …"* según McKinsey & Company (2013, pág.11); pero hoy, accesible a todos y capaz de intervenir de forma directa en dimensiones tradicionalmente exclusivas del intelecto humano, tales como el diseño generativo, la programación avanzada, la simulación de procesos y la optimización industrial en tiempo real.

Ante este panorama, el presente artículo de investigación se plantea los siguientes objetivos fundamentales:

- Analizar de manera analítico-prospectiva, mediante construcción de escenarios, la relación entre la transformación digital, los imperativos de la Industria 4.0 y la formación pedagógica y técnica del ingeniero contemporáneo.

- Integrar y contrastar las aproximaciones teóricas de la tríada de autores compuesta por Aldert Kamp, Klaus Schwab y Nagib Callaos para fundamentar un ecosistema educativo adaptado a las demandas de la sociedad del conocimiento.

- Evaluar el estado de madurez digital y preparación de infraestructura mediante la revisión de los casos contrastantes de Irlanda, Colombia versus el entorno latinoamericano general.

- Proponer lineamientos y reflexiones críticas para el rediseño curricular en la educación superior, orientados al desarrollo de perfiles profesionales flexibles y con alta capacidad de discernimiento ético y sistémico.

2. Fundamentación Teórica:
La comprensión de la Ingeniería 4.0 como paradigma social, técnico y educativo requiere examinar la transición desde una sociedad basada en el almacenamiento y acumulación de información hacia la añorada sociedad del conocimiento. Bajo la óptica seminal de Peter Drucker, el saber se constituye en el recurso soberano e indispensable de la producción contemporánea. En este marco, resulta vital distinguir conceptualmente entre información y conocimiento. Como señala Baralt (2022), en materia de tecnología de información, los data, por si mismos carecen de significado; al unir los data con la información, está última, opera únicamente como un insumo bruto, una agregación de aislados; pero, por otro lado, el conocimiento deriva del producto de procesos humanos profundos de interpretación, contextualización, interacción dialógica con pares y aplicación práctica orientada a la resolución de problemas. La tecnología resulta ser un conocimiento.

La cuarta (IV) revolución industrial, o Industria 4.0, según McKinsey & Company (2022), de acuerdo a una investigación conjunta del "… *Foro Económico Mundial y McKinsey sobre el futuro de la producción y la Cuarta Revolución Industrial, identificaron 103 emplazamientos en todo el mundo como referentes, que habían transformado con éxito sus fábricas mediante la Industria 4.0 …*", lo cual, refiere a un concepto macroeconómico y empresarial. Describe la transformación global de la manufactura, las fábricas inteligentes y la digitalización de los modelos de negocio. Industria 4.0, fue acuñado en Alemania en 2011, cuando el gobierno lo utilizó en su estrategia de alta tecnología para referirse a la transformación digital de la manufactura y la creación de fábricas. Posteriormente, el concepto "*Industria 4.0*" fue popularizado por Klaus Schwab (2016, pág. 21), quien lo utilizó en su libro "La Cuarta Revolución Industrial", "… *para describir cómo esta revolucionará la organización de las cadenas de valor globale*s … *mediante la creación de «fábricas inteligentes»*". Por otro lado, el término *Ingeniería 4.0*, deriva de la Industria 4.0; y se refiere, al conjunto de herramientas, disciplinas y metodologías técnicas que los profesionales utilizan para hacer realidad la Industria 4.0. Finalmente, la Industria 4.0, se enfoca en cómo el diseño, los procesos, "… *en el que sistemas de fabricación virtuales y físicos cooperan entre sí de una manera flexible en todo el planeta* …", según Schwab (2016, pág. 21).

La era digital actual se caracteriza por una paradoja cognitiva: mientras el volumen de información disponible crece de forma exponencial, el tiempo biológico de procesamiento del que dispone el ser humano tiende a contraerse de manera drástica. Esta asimetría desencadena fenómenos de sobrecarga cognitiva: exceso de información o "*infoxicación*" según Cornella (1996), quien "*exige replantear el rol pedagógico de las universidades, desplazando el eje desde la transmisión pasiva de data hacia el desarrollo de capacidades analíticas superiores*". Esta dinámica se materializa en el concepto "*phygital", según* Weil (2007), quien "… *conceptualiza la*

hibridación e integración permanente entre el entorno tangible (físico) y el virtual (digital) …" A través de los sistemas ciberfísicos, según IADB o BID (2024, pág. 4), es posible concebir "gemelos digitales" (digital twins); los cuales " … *simulan el comportamiento de industrias complejas en tiempo real, transformando los métodos de diseño, manufactura y mantenimiento predictivo de la ingeniería contemporánea; incluso, facilitando a los profesionales médicos la planificación de procedimientos quirúrgicos con una precisión sin precedentes* …"

Esta evolución tecnológica encuentra su sustrato material en la progresión histórica de la *Ley de Moore,* según Intel (1965, pág. 1) relativo al crecimiento exponencial de la electrónica y las telecomunicaciones. No obstante, la articulación de la Industria 4.0 no responde a herramientas aisladas, sino a una compleja estructura de capas tecnológicas interoperables donde confluyen el internet de las cosas (IoT), la computación en la nube (*Cloud Computing*), la cadena de bloques (*Blockchain*), el *BigData* y la automatización inteligente. De acuerdo con las tendencias estratégicas señaladas por firmas analistas como Gartner (2023), "… *la integración de la IA en la computación en la nube y la gestión de redes permite la asignación dinámica de recursos y la monitorización del tráfico en tiempo real, lo que mejora la escalabilidad, la fiabilidad y la seguridad en las infraestructuras de las Tecnologías de Información (TI)* …". Adicionalmente, la viabilidad operativa y la protección de inversiones en la ingeniería moderna dependen de tres vectores esenciales: una gobernanza estricta en materia de códigos, la democratización de herramientas generativas que potencian a los creadores y el despliegue de valores mediante ecosistemas ciberfísicos que resultan sostenibles.

Para abordar la reinvención del talento humano requerida para operar con éxito en esta malla ciberfísica, se propone la articulación teórica de una tríada autoral complementaria y vinculada por el autor: Aldert Kamp, Klaus Schwab y Nagib Callaos. Se vincula al perfil propuesto por KAMP (2016) o Perfil "*T-shaped*" o Educación 4.0 con la sostenibilidad y ética de los grupos de interés (*stakeholders*) de Schwab (2018) y la Educación Integral versus la Instrucción de Callaos (2015) y la Ingeniería para el Desarrollo de Callaos (2018).

Cuando el autor intenta vincular la tríada Kamp–Schwab–Callaos, estaría aludiendo a tres pensadores que, desde perspectivas distintas, reflexionan sobre el papel de los profesionales, la ingeniería, la educación superior y la transformación digital:

- Aldert Kamp: formación de ingenieros para la Cuarta Revolución Industrial.
- Klaus Schwab (2016): impacto de la Cuarta Revolución Industrial en la sociedad y el trabajo.
- Nagib Callaos: pensamiento sistémico, transdisciplinariedad e integración del conocimiento.

En ese contexto, se constituye un "*ethos profesional"* el cual puede interpretarse como: el conjunto de valores, principios, actitudes, identidad moral y cultura profesional o profesionalismo que orientan la conducta de una persona o de una comunidad profesional. El término griego *ethos* se relaciona con carácter, ética, costumbres y manera de actuar. Por lo tanto, el *ethos profesional* puede entenderse

como el *ethos profesional* o el conjunto de valores, principios éticos, responsabilidades sociales, comportamientos y compromisos que deben caracterizar al ejercicio de una profesión.

Por lo anterior, la convergencia de estos autores sugiere que el profesional del siglo XXI no debe definirse únicamente por sus competencias técnicas (hard skills), sino también por un *ethos profesional* basado en la conjunción de los siguientes aspectos que postulan los tres autores:

1. Responsabilidad social.
2. Pensamiento sistémico.
3. Innovación con propósito humano.
4. Aprendizaje permanente.
5. Liderazgo ético.
6. Trabajo interdisciplinario.
7. Sostenibilidad.
8. Compromiso con el bienestar colectivo.

En términos conceptuales cada autor aporta:

Kamp aporta: Formación del ingeniero del futuro y
Desarrollo integral de competencias y valores

Schwab aporta: Cuarta Revolución Industrial y
Uso ético y responsable de la tecnología

Callaos aporta: Integración de conocimientos y sistemas y
Responsabilidad epistemológica y social del profesional

Así, *ethos profesional* dentro de la tríada Kamp–Schwab–Callaos puede interpretarse como el perfil ético-profesional necesario para actuar eficaz y responsablemente en la sociedad digital y del conocimiento.

2.1 Aldert Kamp: El perfil "*T-shaped*" donde la "*T*" esta asociada a tecnologíay la Educación 4.0 para 2030. Aldert Kamp (2016, pág. 30) postula que la velocidad de la aceleración tecnológica reduce drásticamente la vigencia temporal de los conocimientos técnicos hiper-especializados, provocando una obsolescencia dinámica e inmediata de los planes de estudio rígidos. Frente a esto, Kamp proyecta el horizonte hacia el año 2030, sugiriendo que el ingeniero del siglo XXI debe poseer un perfil profesional de tipo "*T-shaped*". Este concepto alude a un profesional dotado de una sólida y profunda base científica y disciplinaria (el eje vertical de la T), pero complementado de manera obligatoria por un amplio espectro de competencias transversales, pensamiento sistémico, adaptabilidad cognitiva y capacidad para gestionar la incertidumbre y colaborar en entornos interdisciplinarios (el eje horizontal de la T). Para viabilizar este perfil, Kamp propone la transición definitiva desde los modelos educativos tradicionales centrados en la mera instrucción técnica y memorística hacia la denominada

"Educación 4.0", la cual prioriza el aprendizaje basado en proyectos de alta complejidad y el entrenamiento en habilidades de integración sistémica.

2.2 Klaus Schwab: La convergencia de mundos y el Capitalismo de *Stakeholders* Klaus Schwab (2018, pág. 1), Fundador y Presidente Ejecutivo del Foro Económico Mundial (WEF), pregunta: " … *¿Qué tipo de capitalismo queremos? Esta sea tal vez la pregunta que defina nuestra era. Una pregunta a la que hemos de responder correctamente si queremos que nuestro sistema económico sea sostenible para las generaciones futuras* ..."; Schwab, define conceptualmente la Cuarta Revolución Industrial no como un cambio lineal, sino como una era de disrupción caracterizada de forma inequívoca por la fusión e imbricación de los mundos físico, digital y biológico. El soporte de esta revolución descansa en la interconectividad y la automatización robótica avanzada. Sin embargo, la contribución más disruptiva de Schwab al debate estriba en la necesidad de migrar desde el modelo corporativo tradicional de la primacía del accionista (*shareholder primacy*) hacia una estructura de "Capitalismo de *Stakeholders*" (capitalismo para todos los grupos de interés). Bajo esta perspectiva ética, las empresas de base tecnológica y los nuevos emprendimientos digitales no pueden orientarse exclusivamente a la rentabilidad algorítmica y financiera de corto plazo; deben constituirse en vectores útiles para la justicia social, integrando de manera explícita la viabilidad ética, la sostenibilidad medioambiental y el bienestar común en toda la cadena de valor global

2.3 Nagib Callaos: La distinción ontológica (refiere a los fundamentos esenciales o a cómo existen las cosas, más allá de sus apariencias o funciones prácticas) entre instrucción técnica y educación integral según Nagib Callaos (2015, 2018) introduce una distinción conceptual y ontológica fundamental para el diseño pedagógico en las facultades de ingeniería: la separación y complementariedad según Callaos (2015, pág. 2) entre la "instrucción técnica" y la "educación integral". Callaos sostiene: rigurosamente que la universidad contemporánea ha equivocado el rumbo al focalizarse de forma casi exclusiva en la instrucción instrumental, la cual se "… *limita a la mera transferencia de data, transmisión pasiva de información y capacitación en el manejo de herramientas temporales* ...". Por el contrario, la verdadera educación integral debe orientarse al desarrollo humano y social, enfocándose en la formación del carácter, el discernimiento crítico, los valores y la sabiduría sistémica del estudiante. A través de su propuesta de "Ingeniería para el Desarrollo", Callaos (2018, pág. 2) invita a los diseñadores curriculares a alejarse de lo que califica como una "especialización miope" para abrazar una visión humanista donde la ingeniería sea entendida ante todo como un acto creativo e interdisciplinario consagrado al bienestar colectivo.

3. Metodología:
La presente investigación se ejecutó adoptando un enfoque metodológico cualitativo de carácter analítico-prospectivo. El análisis del futuro de la ingeniería, no responde a una simple opinión especulativa del autor; mas bien refleja el resultado de aplicar una disciplina científica, con categorías, conceptos y autores de referencia, que respaldan la validez de los escenarios presentados. La fuente primaria de información estuvo constituida por los textos fundamentales de la tríada teórica

integrada por Kamp, Schwab y Callaos, en articulación dialéctica con *data*, informes y métricas provistos por organismos multilaterales, empresas de consultoría estratégica global; tales como: McKinsey (2013,2018,2022), Gartner (2024) y Deloitte (2018) e instituciones académicas especializadas.

El procedimiento metodológico e interpretativo se estructuró de manera rigurosa a lo largo de tres etapas secuenciales:

a) Etapa de Identificación Temática: Consistió en la revisión y clasificación de contenidos asociados a la transformación digital, las tecnologías dominantes y disruptivas post-2023, las tendencias de automatización inteligente y los nuevos perfiles de competencias exigidos en la ingeniería.
b) Etapa de Integración Conceptual: centrada en la articulación de los marcos teóricos de Kamp, Schwab y Callaos con las categorías temáticas identificadas en la fase previa. En esta fase se examinaron de manera cruzada las coincidencias conceptuales y las diferencias y contradicciones epistemológicas existentes entre las propuestas de los autores.
c) Etapa de Síntesis Prospectiva: Orientada a la construcción y proyección de escenarios futuros en torno al desarrollo de la Industria 4.0, la madurez de los ecosistemas de innovación y la viabilidad del rediseño curricular y eventual homologación en el contexto de las universidades latinoamericanas.

El análisis de la *data* se apoyó en una estrategia de síntesis extractiva y productiva, lo cual facilitó la emergencia de relaciones sistémicas y la formulación de conclusiones orientadas a la praxis institucional de las escuelas de ingeniería.

4. Infraestructura digital y análisis comparativo:

4.1 Infraestructura digital, escalabilidad y la irrupción de la IAG

Lo aprendido en este estudio revela que la viabilidad material de la Ingeniería 4.0 se encuentra necesariamente supeditada a la expansión simultánea y sinérgica de dos factores: la conectividad de calidad y la alta capacidad de cómputo. El análisis evolutivo de las telecomunicaciones constata un salto cuantitativo y cualitativo exponencial, transitando desde las velocidades de transmisión de 300 bps registradas hasta mediados de los años 80's, pasando por el despliegue de redes 5G con capacidades de hasta 10 Gbps en 2019, hasta alcanzar las proyecciones para el horizonte 2030 de tecnologías 6G, cuyas velocidades de transferencia se estimarán en terabytes por segundo. Paralelamente, en virtud de la Ley de Moore, la densidad de transistores integrados en microprocesadores experimentó una evolución también exponencial, incrementándose desde 2.300 transistores en 1971 hasta superar los 114.000 millones de transistores en un único chip en el año 2022.

Esta capacidad de cómputo masivo provee la base de soporte físico indispensable para el entrenamiento y despliegue de modelos avanzados de IAG y arquitecturas basadas en grandes modelos de lenguaje (LLM). Un hito paradigmático en esta trayectoria, objeto de premio Nobel compartido, se observa en la evolución de iniciativas pioneras como “DeepMind”, las cuales simbolizan el tránsito definitivo *Thinking Game* (2025)*,* acuñado en español: "del juego a la ciencia". Mediante el aprendizaje por refuerzo (Deep Reinforcement *Learning*) y el método sistemático de

ensayo y error, estos algoritmos avanzados lograron decodificar la estructura tridimensional de las proteínas a través de "*AlphaFold*", liberando posteriormente dicho código al dominio público. Este avance no representa únicamente un logro técnico aislado; constituye un auténtico cambio de paradigma epistemológico que redefine la relación histórica entre el modelado algorítmico computacional y las ciencias experimentales como la farmacología y la medicina. Lo anterior, evidencia un hecho trascendente de la tecnología y sus beneficios a la sociedad.

A partir del año 2023, la irrupción masiva de la IAG ha introducido una contradicción epistemológica profunda en el seno de la ingeniería. Mientras que las olas previas de automatización industrial clásica se orientaban a la sustitución de tareas físicas y operativas de carácter repetitivo, la IAG interviene de manera directa en actividades cognitivas complejas y creativas que históricamente eran consideradas monopolio exclusivo del intelecto humano, tales como la escritura de código optimizado, la formulación de simulaciones virtuales y el diseño generativo de estructuras. De acuerdo con proyecciones de la firma Gartner, para el año 2026 aproximadamente el 80% de las organizaciones a nivel global habrán integrado de algún modo modelos de IAG en sus operaciones cotidianas. En consecuencia, el rol profesional del ingeniero experimenta una mutación irreversible: deja de actuar como un ejecutor u operador eminentemente técnico para transformarse en un supervisor estratégico, un curador de *data* y un arquitecto avanzado de la interacción hombre-máquina, consolidando a la IAG como un potente socio de pensamiento (*thinking partner*). Un socio que le permitiría activar sus capacidades metacognitivas; aquellas, que facilitan razonar sobre su propio pensamiento.

4.2 Dimensión de análisis comparativo, Irlanda, Colombia y América Latina:

- Irlanda (Modelo Consolidado)
- Colombia (Referente Regional)
- América Latina (Contexto General)

El análisis comparativo de la preparación digital de Irlanda, Colombia y algunos países de América Latina muestra, según Avella (2024), que la madurez tecnológica de un territorio no surge de la simple adopción de dispositivos digitales, sino de la consolidación de ecosistemas integrados en los que convergen infraestructura, conectividad, talento humano, políticas públicas e institucionalidad. En este marco, Irlanda según Ribas (2017) representa un modelo de "*hub*" consolidado sustentado en centros de *data* de escala, conectividad de banda ancha líder en Europa y alianzas estratégicas con corporaciones globales como Microsoft y Amazon, entre otros. Este desarrollo se ve reforzado por marcos fiscales y regulatorios estables, predecibles y atractivos para la inversión extranjera, donde el factor decisivo no es la dotación tecnológica en sí misma, sino la estabilidad y seguridad jurídica que garantiza la atracción sostenida de capital tecnológico, aunque persiste cierta dependencia de dinámicas corporativas externas.

Por su parte, Colombia según Ribas (2017) se posiciona como un referente regional de la transformación digital gracias al despliegue de fibra óptica, la implementación

de pilotos 5G y los procesos de migración hacia la nube; todo ello, en el marco de una agenda estatal que reconoce la centralidad del talento humano en la economía digital. Ello fue demostrado con la meta de formar mas de 100.000 programadores en dos años, un dato de contexto cualitativo y documental. Sin embargo, este avance convive con tensiones estructurales propias del contexto latinoamericano, como la alta informalidad económica, la necesidad de fortalecer los mecanismos de propiedad intelectual y el desarrollo de marcos éticos y regulatorios para la inteligencia artificial.

En contraste, América Latina, en general. presenta un escenario heterogéneo caracterizado por severas brechas en infraestructura y conectividad, especialmente entre zonas urbanas y rurales, así como por una débil articulación entre el sector productivo y los centros de investigación. A ello se suman capacidades institucionales limitadas, marcos éticos de IAG aún rezagados, elevados niveles de informalidad, brechas educativas estructurales y rigidez curricular, lo que dificulta la adaptación a las exigencias de la transformación digital. Aunque existen focos aislados de innovación y emprendimiento apoyados en metodologías ágiles como Lean Canvas de Ash Maurya (2013) y el uso de API's, la competitividad regional continúa limitada por debilidades en infraestructura de cómputo y conectividad de calidad.

En conjunto, el análisis evidencia que la transformación digital no es únicamente un fenómeno tecnológico, sino un proceso institucional, político y educativo que requiere la convergencia de infraestructura robusta, capital humano avanzado, ecosistemas de innovación abiertos y marcos de seguridad jurídica estables para evitar que los esfuerzos regionales se diluyan en mejoras instrumentales superficiales.

5. Posición crítica o juicio crítico del autor:
El análisis demuestra que la formación de ingenieros enfrenta un desfase estructural respecto a la velocidad de la innovación tecnológica. El uso de inteligencia artificial redefine el trabajo del ingeniero, liberándolo de la ejecución mecánica para elevarlo a un rol de analista y curador de sistemas.

Al proyectar escenarios prospectivos y analizar el contexto general de América Latina —puntualizando en referentes como Colombia frente a ecosistemas globales como Irlanda— se constata que la falta de infraestructura y la debilidad institucional frenan la competitividad. Para superar esta brecha, las universidades deben dejar de promover la transmisión pasiva de información. La analítica de data es hoy el núcleo del diseño, y el profesional debe aplicar un razonamiento crítico irremplazable por los algoritmos.

Por lo tanto, se considera conveniente transitar, lo antes posible, hacia la síntesis teórica provista por la tríada de autores analizados; así como con otros pensadores y consultores. La misión del ingeniero moderno debe trascender la mera búsqueda ciega de la eficiencia técnica y matemática de los sistemas aislados.

Es imperativo amalgamar el perfil adaptable y sistémico "*T-shaped*" propuesto por Kamp con el juicio de valor del Capitalismo de *Stakeholders* de Schwab, e igualmente con la exigencia de sabiduría y formación del carácter postulado por Callaos. Quizás, solo a través de esta hibridación conceptual sería posible dotar al profesional del siglo XXI de un *ethos* renovado, mutando su rol desde un operario técnico intercambiable hacia un verdadero motor de la "Ingeniería para el Desarrollo" según Callaos (2018), capaz de formular preguntas éticas relevantes, interpretar contextos complejos de alta incertidumbre y subordinar el despliegue tecnológico a la sostenibilidad social y el bienestar común.

Como país, parece tener mucho sentido, considerar el modelo de convertirse en un "*hub*". Un "*hub*" consolidado es mucho más que un lugar con tecnología avanzada; es un ecosistema integrado y maduro que actúa como punto de referencia, atracción y articulación de actividades económicas, tecnológicas y de innovación a escala regional o global.

6. Reflexiones a modo de conclusiones:
Como primer avance y reflexión prospectiva de esta propuesta de investigación, se concluye que el modelo instruccional rígido de la ingeniería debe dar paso a currículos dinámicos e integrados. Los escenarios a futuro exigen un perfil profesional fundamentado en la resolución de problemas complejos y en la supervisión ética de algoritmos generativos.

El ingeniero moderno debe ser un arquitecto del bien común, liderando la transición hacia un desarrollo verdaderamente sostenible. Se advierte que una limitación de este primer avance es la ausencia temporal de consultas estructuradas a paneles de expertos en prospectiva, fase que se desarrollará en etapas posteriores de la investigación para robustecer las líneas de acción institucionales.

7. Limitaciones del estudio y posibles líneas futuras de investigación:
A pesar del intento del autor de ir hacia lo conceptual de la articulación teórica presentada, este artículo posee ciertas limitaciones inherentes que deberían ser explicitadas o expresadas de manera clara y directa para evitar que quede sujeto a interpretación; algo fundamental, a los fines de resguardar la transparencia académica.

7.1 Naturaleza eminentemente cualitativa y documental: al fundamentarse en un abordaje analítico-prospectivo sustentado en la revisión de literatura especializada e informes estratégicos de consultoras, el estudio carece de una validación empírica de trabajo de campo, entrevistas o verificación directa en el terreno. No se incorporan *data* estadística primaria extraída de encuestas a empleadores, ni mediciones longitudinales sobre el desempeño real de ingenieros recién graduados bajo modelos de Educación 4.0.

7.2 Sesgo geográfico de los casos de estudio: si bien el contraste entre el exitoso modelo de Irlanda y la agenda en desarrollo de Colombia; ambos aportan indicadores analíticos, estos hallazgos no reflejan de manera exhaustiva

heterogeneidad macroeconómica e institucional de la totalidad de las universidades de América Latina, donde coexisten realidades de profunda precariedad en infraestructura habilitante con centros de excelencia aislados.

7.3 Velocidad de la disrupción tecnológica: las proyecciones y análisis estratégicos vinculados a la IAG y los ecosistemas de LLM se encuentran sometidos a una aceleración, lo que puede provocar que ciertos supuestos regulatorios o capacidades operativas descritas experimenten modificaciones sustanciales en el corto plazo.

Como consecuencia directa de las limitaciones mencionadas, se proponen las siguientes líneas futuras de investigación con el propósito de expandir las fronteras del conocimiento en este campo:

7.4 Estudios de caso empíricos y comparados: desarrollar investigaciones de carácter cuantitativo o mixto que evalúen de manera directa el impacto de la implementación de reformas curriculares de perfil "T-shaped" en facultades de ingeniería específicas de América Latina, midiendo variables como la tasa de empleabilidad, la capacidad de emprendimiento tecnológico mediante startups y la resiliencia laboral de los egresados.

7.5 Análisis de impacto longitudinal de la IAG en la docencia: analizar de forma sistemática el rendimiento y los cambios en los procesos de aprendizaje de cohortes de estudiantes de ingeniería que utilicen activamente herramientas de IAG como socios de pensamiento en asignaturas de diseño conceptual, programación y simulación de sistemas ciberfísicos.

7.6 Desarrollo de modelos de gobernanza y marcos éticos regionales: investigar y proponer estructuras regulatorias, fiscales y de seguridad jurídica específicas para el contexto latinoamericano, en particular en la Venezuela actual, que viabilicen la protección de inversiones y la reducción y/o eliminación de riesgos bioéticos e informales asociados al despliegue de la IA de propósito general en el sector productivo regional.

Bibliografía:

Abasolo, Laura (2019), **El futuro de las telecomunicaciones**, Telefónica España, visto en: https://www.youtube.com/watch?v=VGyvQzxzOdw, recuperado 21.04.26. 15:30h

Avella Guevara, Alfredo (2024). **Estudios de Ingeniería en el contexto de la IV Revolución Industrial o Industria 4.0**. Cátedra ANIH 2025; visto en: https://www.youtube.com/watch?v=LYPu8eICodc, recuperado 12.05.26. 11:00h

Baralt, Jorge (2022). **Conocimiento, Información y Sociedad Digita**l. Entrevista realizada por el autor.

BID (2024), Banco Interamericano de desarrollo, **Gemelos Digitales**; visto en: **Tech-Report-Gemelos-Digitales-ESP%20(3).pdf**, recuperado 15.06.26. 19:00h

Callaos, Nagib (2015). **Higher Education or Higher Instruction. International Institute of Informatics and Systemics**; visto en: https://www.iiis.org/Nagib-Callaos/Higher-Education/Higher_Education_or_Higher_Instruction_(Work_in_progress_Non-edited_March_8_2015_version).pdf, recuperado 11.05.26. 15:30h

Callaos, Nagib (2018). **La Noción de Ingeniería e Ingeniería para el desarrollo**. International Institute of Informatics and Systemics (IIIS, www.iiis.org); visto en: https://www.iiis.org/Nagib-Callaos/La-Nocion-de-Ingenieria-e-Ingenieria-para-Desarrollo/La-Nocion-de-Ingenieria-e-Ingenieria-para-Desarrollo.pdf, recuperado 10.05.26. 12:30h

Cornella Alfons (1996). FundéuRAE. ***Infoxicación*, neologismo adecuado en español**, **visto en:** https://www.fundeu.es/recomendacion/infoxicacion-neologismo-adecuado-en-espanol-1279/, recuperado 15.06.26. 18:30h

Deloitte (2018). **Industria 4.0: ¿estás listo?**. Deloitte Development LLC; visto en: https://www.deloitte.com/es/es/Industries/industrial-construction/analysis/que-es-la-industria-4-0.html, recuperado 09.05.26. 10:00h

Gartner (2024). **Artificial Intelligence in Information Technology: Enhancing Efficiency, Security, and Innovation A Descriptive Review**, visto en: https://www.thesesjournal.com/index.php/1/article/view/48, recuperado 08.05.26. 14:00h

Intel (1965). **Ley de Moore**. Visto en: https://www.intel.com/content/www/us/en/history/virtual-vault/articles/moores-law.html, recuperado 15.06.26. 20:00h

Kamp, Aldert (2016). **Engineering Education in the Rapidly Changing World**. TU Delft, visto en: Kamp Aldert (2016), Engineering Education in the Rapidly Changing World: Rethinking the Vision for Higher engineering Education. (2nd revised edition ed.) Delft University of Technology: TU Delft, Faculty of Aerospace Engineering, mail: a.kamp@tudelft.nl , www.4tu.nl/cee; visto en: https://books.open.tudelft.nl/home/catalog/book/71, recuperado 09.05.26. 16:30h

Maurya, Ash (2013). **Método Lean Startup: Cómo crear empresas de éxito utilizando la innovación continua**, visto en: https://www.amazon.es/, recuperado 09.05.26. 9:15h

McKinsey & Company (2013). **Disruptive Technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy**. McKinsey Global

Institute, visto en: https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/disruptive%20technologies/mgi_disruptive_technologies_executive_summary_may2013.pdf, recuperado 06.05.26. 13:30h

McKinsey & Company. (2022). **Transforming advanced manufacturing through Industry 4.0**, https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/transforming-advanced-manufacturing-through-industry-4-0, recuperado 06.05.26. 11:30h

Ribas, Marco (2017). **Perspectivas derivadas de la Cuarta Revolución Industrial**. Ediciones Deusto, visto en: Ribas Marco (2017), presidente Accenture Colombia: https://www.portafolio.co/economia/perspectivas-derivadas-de-la-cuarta-revolucion-industrial-510831, recuperado 02.05.26. 09:30h

Schwab, Klaus (2016). **World Economic Forum –WEF-": The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond**, traducido al español: La cuarta revolución industrial, Título original: The Fourth Industrial Revolution, Primera edición en España: noviembre, 2016, https://economiapoliticafeunam.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/05/klaus-schwab.la-4c2b0-rev.-industrial-2.pdf, recuperado 29.04.26. 18:30h

Schwab, Klaus (2018). **World Economic Forum –WEF-": The Fourth Industrial Revolution: what it means and how to respond**, visto en: https://www.project-syndicate.org/commentary/stakeholder-capitalism-new-metrics-by-klaus-schwab-2019-11/spanish y versión en español: Análisis del Capitalismo, visto en: https://www.sinpermiso.info/textos/el-capitalismo-de-las-partes-interesadas-en-davos, recuperado 24.04.26. 19:30h

Thinking Game (2025). **Open Source Intelligence and Deep Learning Breakthroughs**. DeepMind Publications, visto en: https://www.youtube.com/watch?v=d95J8yzvjbQ, recuperado 27.04.26. 11:30h

Weil Chris (2007). **¿Qué es el marketing físico y digital?, Cómo puede tu marca usar el marketing físico y digital para destacar entre los clientes**, visto en: https://advertising.amazon.com/es-co/library/guides/phygital, recuperado 15.06.26. 19:30h