

# Influence of Digital Competencies on the Sustainable Employability of Future Engineers: Evidence from the Agro-Industrial Sector of the Northern Macro-Region of Peru

**Abstract**– This study aimed to analyze the effect of Industry 4.0–oriented Digital Competencies on Green Employability Intention among future engineers in the agroindustrial sector of Peru’s Northern Macro-Region, while also assessing the direct effect of University–Industry Linkages (UIL) and its moderating role. A quantitative approach was applied using a non-experimental, cross-sectional, explanatory design. A 12-item Likert questionnaire was administered to 384 students enrolled in the 7th to 10th academic cycles, and hypotheses were tested through Structural Equation Modeling. Measurement results showed strong psychometric properties (high factor loadings, reliability  $\alpha/\omega=.89-.93$ ,  $AVE>.67$ , and adequate discriminant validity) and the structural model exhibited satisfactory fit ( $CFI=.965$ ;  $TLI=.958$ ;  $RMSEA=.052$ ;  $SRMR=.041$ ). Findings supported that digital competencies positively and significantly predicted green employability intention ( $\beta=.35$ ;  $p<.001$ ), and UIL also had a significant positive direct effect ( $\beta=.28$ ;  $p<.001$ ). Importantly, UIL moderated the main relationship ( $\beta=.18$ ;  $p=.001$ ), strengthening the effect at higher linkage levels ( $\beta=.53$ ) and indicating a functional threshold around 2.90. It was concluded that green employability intention was shaped by the joint contribution of digital capital and institutional connectivity. Recommendations included embedding measurable environmental challenges into Industry 4.0 training, expanding internships and joint projects with firms, and prioritizing partnerships with organizations demonstrating verifiable sustainability practices.

**Keywords**– Digital competencies, Industry 4.0, Green employability intention, University–industry linkage, SEM.

# Influencia de las competencias digitales en la empleabilidad sostenible de futuros ingenieros: Evidencias del sector agroindustrial de la Macro Región Norte del Perú

Carolina de Lourdes Falla Gómez<sup>1</sup> , Lidia Mercedes Olaya Guerrero<sup>2</sup> , Agustín Medina Marchena<sup>2</sup> , Sandra Mory Guarnizo<sup>1</sup> , Fiorella Vanessa Li Vega<sup>2</sup> , Christian David Corrales Otazú<sup>3</sup> , Sarita Jessica Apaza Miranda<sup>4</sup> ,  
Angélica María Minchola Vásquez<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, [fallagomez@uss.edu.pe](mailto:fallagomez@uss.edu.pe), [sandram@uss.edu.pe](mailto:sandram@uss.edu.pe)

<sup>2</sup>Universidad César Vallejo, Trujillo, [lmolayag@ucvvirtual.edu.pe](mailto:lmolayag@ucvvirtual.edu.pe), [amedinam@ucvvirtual.edu.pe](mailto:amedinam@ucvvirtual.edu.pe), [fli@ucv.edu.pe](mailto:fli@ucv.edu.pe),  
[angelicamv@ucvvirtual.edu.pe](mailto:angelicamv@ucvvirtual.edu.pe),

<sup>3</sup>Universidad Católica de Santa María, Arequipa, [ccorraleso@ucsm.edu.pe](mailto:ccorraleso@ucsm.edu.pe)

<sup>4</sup>Universidad Continental, Arequipa, [sapaza@continental.edu.pe](mailto:sapaza@continental.edu.pe)

**Resumen—** El estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de las Competencias Digitales orientadas a Industria 4.0 sobre la Intención de Empleabilidad Verde en futuros ingenieros del sector agroindustrial de la Macro Región Norte del Perú, evaluando además el efecto directo del Vínculo Universidad–Empresa (VUE) y su rol moderador. Se empleó un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y transversal, con alcance explicativo, aplicándose un cuestionario Likert de 12 ítems a 384 estudiantes de 7.º a 10.º ciclo; el contraste se realizó mediante Modelamiento de Ecuaciones Estructurales. Los resultados evidenciaron adecuados indicadores psicométricos (cargas factoriales altas, fiabilidad  $\alpha/\omega=.89-.93$ ,  $AVE>.67$  y validez discriminante), así como un ajuste satisfactorio del modelo ( $CFI=.965$ ;  $TLI=.958$ ;  $RMSEA=.052$ ;  $SRMR=.041$ ). Se confirmó que las competencias digitales influyeron positiva y significativamente en la intención de empleabilidad verde ( $\beta=0.35$ ;  $p<.001$ ) y que el VUE también la incrementó ( $\beta=0.28$ ;  $p<.001$ ). Además, el VUE moderó la relación principal ( $\beta=0.18$ ;  $p=.001$ ), fortaleciendo el efecto a niveles altos ( $\beta=0.53$ ) y mostrando un umbral funcional cercano a 2.90. Se concluyó que la empleabilidad verde dependió de la combinación entre capital digital y articulación institucional, recomendándose integrar retos ambientales medibles al currículo 4.0, reforzar prácticas y proyectos con empresas, y priorizar convenios con organizaciones con sostenibilidad verificable.

**Palabras clave—** Competencias digitales, Industria 4.0, Empleabilidad verde, Vínculo universidad–empresa, SEM.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la convergencia entre la transformación digital y la transición ecológica ha reconfigurado los criterios de competitividad de organizaciones, territorios y profesiones, desplazando el foco desde “empleabilidad inmediata” hacia nociones más robustas de empleabilidad sostenible. En la evidencia reciente, las competencias digitales no son solo “destrezas instrumentales”, sino un conjunto de capacidades para aprender, adaptarse y resolver problemas complejos [1]. A su vez, en entornos donde la sostenibilidad se convierte en criterio explícito de

innovación, productividad y legitimidad, se incrementa la demanda por perfiles capaces de “traducir” tecnologías digitales en mejoras ambientales medibles [2], [3].

En el caso de los futuros ingenieros la relevancia es particularmente alta: Agricultura 4.0 incorpora un ecosistema de tecnologías y prácticas que redefinen tareas, perfiles ocupacionales y expectativas de desempeño [3], [4]. En paralelo, informes sectoriales sostienen que el agroalimentario enfrenta tensiones persistentes por escasez de mano de obra y por brechas de habilidades, las cuales se amplifican con la digitalización de procesos y la presión por cumplir estándares ambientales en mercados internacionales [5]. Si la empleabilidad sostenible implica no solo conseguir empleo, sino sostener una trayectoria laboral valiosa y resiliente en un mercado dinámico, entonces resulta crítico comprender qué factores formativos potencian la intención de empleabilidad verde—entendida aquí como la predisposición del estudiante a buscar y priorizar inserciones laborales ligadas a la economía verde y a la sostenibilidad ambiental—y cómo dichos factores interactúan con los mecanismos institucionales que conectan formación y mercado.

En este punto, la evidencia sugiere que el desarrollo de competencias—digitales y “verdes”—no ocurre en el vacío: depende de condiciones de aprendizaje, cultura organizacional y arreglos interinstitucionales que habiliten experiencias auténticas con problemas reales y estándares productivos vigentes. En educación superior, los vínculos universidad–empresa (VUE) pueden operar como una infraestructura de oportunidades (prácticas, proyectos, retos, mentorías) que convierte el capital formativo en señales de empleabilidad y en aprendizaje situado, fortaleciendo la percepción de ajuste persona–puesto y la autoeficacia para desempeñarse en sectores exigentes [6], [7]. Este rol es aún más relevante cuando el sector productivo demanda perfiles híbridos: tecnológicamente competentes y ambientalmente orientados [2].

A escala mundial, la expansión de Agricultura 4.0 está asociada con reconfiguraciones del trabajo: emergen nuevas

tareas de gestión de datos, supervisión de sistemas, coordinación digital de cadenas y control de calidad con trazabilidad; al mismo tiempo, persisten riesgos de exclusión por brechas de conectividad, alfabetización digital y capacidades de adaptación [4]. Esta dinámica se acompaña de una presión creciente por “habilidades verdes” para sostener la transición hacia modelos productivos compatibles con objetivos climáticos y de eficiencia de recursos, lo que está incentivando a universidades y empresas a replantear currículos y rutas de inserción laboral [2], [3].

En países específicos, la evidencia muestra señales convergentes de brechas y oportunidades. En Bangladesh, estudiantes universitarios exhiben conciencia sobre Industria 4.0, pero reportan preparación insuficiente para las exigencias de automatización, IoT y computación en la nube; ello se traduce en desafíos de empleabilidad y en necesidad de alinear formación con demanda empresarial [8]. En Marruecos, análisis con PLS-SEM sobre empleabilidad de ingenieros en Industria 4.0 evidencian que dimensiones actitudinales y cognitivas se asocian con empleabilidad, sugiriendo que la formación debe equilibrar habilidades técnicas con disposiciones para el aprendizaje continuo y la adaptación tecnológica [9]. En China, estudios recientes resaltan que la colaboración universidad-industria se ha institucionalizado como componente estructural de la calidad formativa y de la empleabilidad percibida en educación técnica y vocacional, subrayando su papel como mecanismo de ajuste entre currículos y necesidades productivas [10].

En Colombia, se han identificado relaciones causales entre competencias digitales y dimensiones de empleabilidad en sectores intensivos en interacción y servicios, evidenciando que la alfabetización digital aplicada favorece adaptabilidad y desempeño, aun en contextos regionales fuera de grandes capitales, lo que es instructivo para territorios con economías sectoriales como las agroindustriales [11]. Esta diversidad de casos sugiere un patrón global: la empleabilidad futura depende crecientemente de la articulación entre competencias digitales, oportunidades de interacción con la industria y orientaciones hacia la sostenibilidad.

En América Latina, la digitalización productiva convive con heterogeneidades estructurales: coexisten enclaves exportadores tecnificados con segmentos de menor productividad, lo cual vuelve especialmente valiosos los arreglos universidad-empresa para reducir brechas y acelerar aprendizaje aplicado. La literatura sobre barreras y drivers de Agricultura 4.0 enfatiza que, incluso cuando existen tecnologías disponibles, la adopción suele restringirse por falta de habilidades, capacidades de gestión del cambio y articulación con redes de soporte [12]. Para el caso latinoamericano, esto implica que la formación universitaria debe trascender la enseñanza declarativa y construir competencias aplicadas en contextos de producción real, particularmente en cadenas agroindustriales sujetas a estándares ambientales y trazabilidad.

En Perú, la relevancia de este problema se intensifica por la centralidad del sector agroindustrial en territorios

exportadores y por la creciente presión de mercados internacionales para cumplir exigencias ambientales, de calidad e inocuidad.

En la Macro Región Norte del Perú, la promesa de Agricultura 4.0 es especialmente visible: el trabajo agrícola y agroindustrial se transforma por la digitalización de monitoreo, logística y control de procesos, lo cual redefine el perfil del ingeniero y su empleabilidad potencial [4], [13]. Paralelamente, el déficit de habilidades específicas para transiciones verde-digitales ha motivado propuestas para cerrar brechas entre resultados universitarios y requerimientos de la industria, especialmente en competencias aplicadas y en experiencias laborales tempranas [2].

Por tanto, emerge una realidad problemática concreta: pese a que el mercado regional demanda perfiles híbridos (digitales y sostenibles), no se conoce con suficiencia cómo las competencias digitales en Industria 4.0 se traducen en intención de empleabilidad verde en futuros ingenieros, ni cómo el vínculo universidad-empresa puede potenciar o debilitar tal traducción.

Surgiendo así la pregunta de investigación ¿En qué medida las Competencias Digitales enfocadas en Industria 4.0 influyen en la Intención de Empleabilidad Verde de los futuros ingenieros del sector agroindustrial de la Macro Región Norte, y cómo interviene el Vínculo Universidad-Empresa tanto de forma directa como moderando dicha relación?

Así mismo se estableció como objetivo de la investigación: Analizar el efecto de las Competencias Digitales (enfocadas en Industria 4.0) sobre la Intención de Empleabilidad Verde de futuros ingenieros del sector agroindustrial de la Macro Región Norte, evaluando simultáneamente el efecto directo del Vínculo Universidad-Empresa y su rol moderador en la relación entre Competencias Digitales e Intención de Empleabilidad Verde.

En el plano teórico, el estudio se justifica porque integra tres dominios que suelen abordarse de forma fragmentada: (i) competencias digitales como capital de empleabilidad en mercados tecnológicamente dinámicos; (ii) empleabilidad verde como orientación laboral hacia organizaciones y roles compatibles con sostenibilidad; y (iii) vínculos universidad-empresa como infraestructura institucional de aprendizaje aplicado. La literatura reciente muestra relaciones robustas entre habilidades digitales y resultados de empleabilidad [1]; así como la necesidad de marcos para habilidades verdes en transición [3]. No obstante, aún es insuficiente la comprensión de cómo dichas habilidades digitales se conectan específicamente con intenciones laborales “verdes” en estudiantes de ingeniería y en sectores como el agroindustrial, donde la digitalización puede convertirse en mecanismo de sostenibilidad [12]. El aporte teórico reside en modelar la empleabilidad verde como intención y en situarla en un marco de competencias digitales de Industria 4.0, incorporando además un mecanismo contextual (VUE) que puede amplificar efectos.

En el plano práctico, los resultados pueden informar decisiones curriculares, políticas de prácticas preprofesionales

y estrategias de empleabilidad en universidades de la Macro Región Norte. La evidencia comparada sugiere que, en contextos donde existen prácticas industriales e interacción con empresas, los estudiantes perciben mayor alineación entre competencias adquiridas y mercado, lo que refuerza su empleabilidad percibida y sus decisiones de carrera [6], [14]. Asimismo, ante la demanda emergente de habilidades verdes, se vuelve crítico que la formación conecte resultados de aprendizaje con necesidades reales de la industria, evitando una brecha entre discurso sostenible y práctica productiva [2]. En territorios agroindustriales, este aporte es estratégico: una fuerza laboral con competencias digitales aplicadas a sostenibilidad puede favorecer eficiencia, trazabilidad, reducción de desperdicios y cumplimiento normativo ambiental, elementos que influyen en competitividad exportadora [5].

En el plano metodológico, el estudio se justifica por el uso de Modelamiento de Ecuaciones Estructurales (SEM), que permite evaluar simultáneamente relaciones directas y moderación entre constructos latentes medidos por ítems, con estimación de error y criterios de validez y confiabilidad. En investigación aplicada sobre educación y empleabilidad, SEM es particularmente pertinente cuando se analizan variables latentes (competencias, vínculos institucionales, intenciones) y se requiere contrastar modelos con efectos complejos como la moderación [15], [16].

La evidencia reciente sobre competencias digitales y empleabilidad converge en que la digitalización del trabajo eleva el valor de habilidades de información, comunicación, creación de contenido y resolución de problemas digitales, impactando indicadores de inserción y desempeño laboral. En contextos organizacionales, se discute que la competencia digital debe entenderse como capacidad dinámica que se desarrolla por motivación, adopción de innovación y aprendizaje sostenido [17], [18]. En educación superior, revisiones sistemáticas recientes muestran una expansión de investigaciones sobre competencia digital y su evaluación, pero también evidencian heterogeneidad conceptual y metodológica, así como necesidad de anclar la medición en marcos consistentes y comparables [19], [20].

En un nivel más amplio, el mercado digital demanda perfiles capaces de interpretar y convertir datos en decisiones y valor, lo que se refleja en análisis de anuncios laborales para roles intensivos en datos, evidenciando que la empleabilidad digital depende de combinaciones de habilidades técnicas y analíticas [21].

Asimismo, en una investigación sobre orientación a la carrera y sostenibilidad, se ha propuesto la “carrera sostenible” como constructo que integra continuidad, empleabilidad, bienestar y propósito, siendo pertinente para entender por qué los individuos orientan sus decisiones hacia trabajos con impacto ambiental [22].

La relación entre sostenibilidad y gestión de personas también aporta antecedentes: revisiones sistemáticas sobre gestión verde de recursos humanos (GHRM) destacan que

prácticas organizacionales proambientales influyen en actitudes, innovación verde y desempeño, consolidando la sostenibilidad como atributo relevante de atractivo organizacional y decisiones laborales [23]. De modo complementario, estudios sobre reclutamiento verde y “job pursuit intention” señalan que señales de sostenibilidad pueden aumentar la intención de postular a organizaciones verdes, contribuyendo a explicar por qué individuos priorizan empleos con impacto ambiental [24], [25].

Respecto al vínculo universidad–empresa, la evidencia sugiere que prácticas, pasantías e interacción con la industria fortalecen el capital de empleabilidad al proveer aprendizaje situado y señales creíbles de desempeño potencial. En investigación internacional, la experiencia de prácticas industriales se asocia con resultados formativos y con expectativas más realistas sobre el trabajo, además de mejorar la coordinación entre universidad y empresa respecto a responsabilidades en la formación profesional [14].

En estudios sobre educación superior, se ha señalado que el compromiso auténtico universidad–empresa requiere alineación curricular, reciprocidad y continuidad institucional, no solo actividades episódicas, y que tales condiciones explican la efectividad de la vinculación en resultados de empleabilidad [14]. En contextos donde la colaboración se promueve como política educativa, se identifica que la construcción de confianza incrementa la disposición a colaborar y facilita integración efectiva entre instituciones y practicantes industriales [14]. Asimismo, evidencia empírica en educación técnica subraya que la colaboración universidad–industria es un determinante de empleabilidad percibida, al actuar como puente entre cultura de calidad y relevancia laboral [10].

No obstante, persisten vacíos relevantes. Primero, buena parte de la investigación sobre competencia digital y empleabilidad se centra en resultados generales (empleabilidad percibida, empleo, desempeño) y menos en intenciones específicas orientadas a sostenibilidad, lo que dificulta comprender la transición desde capacidades tecnológicas hacia decisiones laborales “verdes” [26]. Segundo, la literatura sobre habilidades verdes suele enfatizar competencias ambientales generales y no siempre integra de forma explícita el rol habilitador de tecnologías de Industria 4.0—críticas para sostenibilidad en agroindustria mediante eficiencia, trazabilidad y reducción de pérdidas— [12], [13]. Tercero, el vínculo universidad–empresa suele analizarse como predictor directo de empleabilidad, pero menos como moderador que condiciona la efectividad de competencias en la construcción de intenciones laborales. Este último punto es esencial para territorios donde la presencia (o debilidad) de ecosistemas de vinculación puede transformar la “utilidad percibida” de las competencias digitales, afectando la intención de empleabilidad verde.

La estructura conceptual del estudio se sostiene en cuatro núcleos teóricos integrados. El primero es el enfoque de competencias como capacidades demostrables y transferibles que incrementan el valor del individuo en el mercado laboral.

Desde esta perspectiva, las competencias digitales orientadas a Industria 4.0 funcionan como un “capital de empleabilidad” que habilita desempeño y adaptación en contextos de automatización y decisiones basadas en datos. La evidencia indica que, a nivel agregado, dimensiones de habilidades digitales (comunicación, creación de contenido, seguridad) se asocian con empleabilidad, lo que apoya la idea de que la competencia digital mejora la capacidad de inserción laboral [1].

A nivel organizacional, la competencia digital se explica como un resultado de capacidades dinámicas—innovación, aprendizaje sostenido, motivación—que amplían la adaptación individual ante cambios tecnológicos [17], [18]. En educación superior, la evaluación de competencias digitales requiere instrumentos consistentes; el desarrollo y validación de escalas muestra que la competencia digital es multidimensional y que su medición debe capturar dimensiones operativas y estratégicas [20], [27].

La noción de carrera sostenible propone que decisiones y trayectorias laborales se estructuran por continuidad, bienestar y productividad, y que la orientación hacia sostenibilidad puede convertirse en criterio de elección laboral [22]. En el ámbito organizacional, la literatura de GHRM muestra que prácticas proambientales impactan conductas, innovación y desempeño, reforzando que la sostenibilidad se convierte en atributo organizacional que influye en la atracción de talento y en intenciones laborales [23].

El tercer núcleo teórico es la articulación verde–digital. La literatura sobre Agricultura 4.0 advierte que la adopción depende de habilidades digitales avanzadas y de capacidades de gestión, lo que sugiere que la formación en tecnologías 4.0 es condición para que la digitalización produzca beneficios ambientales y productivos [4], [12].

El cuarto núcleo es el vínculo universidad–empresa como mecanismo institucional que convierte competencias en oportunidades. La teoría de colaboración universidad–industria ha destacado que la interacción sostenida favorece transferencia de conocimiento, pertinencia curricular y formación de talento alineado a necesidades productivas. Aunque estudios clásicos han descrito dinámicas de colaboración y transferencia, este trabajo se apoya en evidencia reciente sobre prácticas, pasantías y colaboración curricular como canales de aprendizaje situado y señalización de empleabilidad [7], [14]. En contextos donde la colaboración se apoya por políticas o cultura institucional, la construcción de confianza se identifica como elemento para incrementar disposición a colaborar, facilitando integración entre instituciones y actores industriales [28]. Además, evidencia en educación técnica muestra que la colaboración universidad–industria se asocia con empleabilidad percibida, sugiriendo que su fortaleza puede condicionar resultados formativos [10].

Sobre esta base, la moderación propuesta en el estudio se interpreta como un mecanismo de “potenciación contextual”: las competencias digitales pueden incrementar la intención de empleabilidad verde, pero su efecto debería ser mayor cuando

existe un vínculo universidad–empresa fuerte que provee experiencias reales, información laboral y oportunidades de aplicar tecnologías con sentido ambiental en entornos agroindustriales. Este argumento es coherente con evidencia que muestra que las prácticas industriales clarifican expectativas, fortalecen aprendizaje aplicado y aumentan relevancia percibida del currículo, lo que puede intensificar la conversión de competencias en intenciones [14].

Hipótesis:

### **H1. Las Competencias Digitales influyen positiva y significativamente en la Intención de Empleabilidad Verde de los futuros ingenieros.**

La lógica de H1 descansa en que el dominio de tecnologías 4.0 incrementa la percepción de capacidad para desempeñarse en entornos donde la sostenibilidad se operacionaliza mediante datos, automatización y control de procesos (p. ej., eficiencia en uso de agua, reducción de desperdicios, trazabilidad). Además, investigaciones sobre Industria 4.0 sostienen que la preparación en habilidades 4.0 es determinante de la empleabilidad de graduados en contextos emergentes, evidenciando brechas que afectan su inserción y resaltando el valor de dominar IoT, cloud y automatización para responder al mercado [8]. En ingeniería, análisis recientes sugieren que la empleabilidad en era 4.0 se explica por disposiciones y conocimiento, reforzando que la capacidad de adaptarse a tecnologías emergentes condiciona la inserción y, por extensión, puede orientar intenciones hacia sectores y organizaciones donde tales tecnologías se aplican a sostenibilidad [9]. Finalmente, en sectores donde la digitalización se interpreta como palanca de competitividad sostenible, la literatura sobre adopción de Agricultura 4.0 enfatiza que la habilidad digital es un requisito para que la tecnología genere beneficios, lo que hace plausible que estudiantes competentes digitalmente se orienten a empleos verdes donde sus capacidades tengan mayor sentido y demanda [12].

### **H2. El Vínculo Universidad–Empresa influye positiva y significativamente en la Intención de Empleabilidad Verde.**

La lógica de H2 se sostiene en que un vínculo fuerte universidad–empresa provee señales e incentivos que hacen “visible” y “alcanzable” la inserción laboral verde: prácticas en empresas con estándares ambientales, participación en proyectos con retos de sostenibilidad, alineación curricular con necesidades del sector, y contacto con empleadores. Tales mecanismos aumentan la información sobre oportunidades verdes, refuerzan autoeficacia y reducen incertidumbre ocupacional, elevando la intención de optar por empleos asociados a sostenibilidad. La evidencia muestra que las prácticas industriales y la colaboración universidad–industria influyen en resultados estudiantiles y clarifican expectativas, fortaleciendo la pertinencia formativa y la proyección laboral [14]. Asimismo, se ha documentado que la colaboración requiere compromiso institucional y alineación curricular, lo cual, cuando se logra, fortalece resultados de empleabilidad y transiciones al mercado [7]. Además, evidencia en educación

técnica sugiere que la colaboración universidad-industria constituye un determinante de empleabilidad percibida, por lo que es razonable inferir que también influya en intenciones de empleabilidad, especialmente cuando el sector enfatiza sostenibilidad como competencia demandada [10]. Finalmente, trabajos sobre brechas de habilidades verdes señalan que la industria enfrenta dificultades para captar talento con competencias adecuadas, lo que incrementa el valor de mecanismos universitarios que conecten formación con requerimientos reales, favoreciendo la intención de participar en la economía verde [2].

### **H3. El Vínculo Universidad-Empresa modera la relación entre Competencias Digitales e Intención de Empleabilidad Verde, de modo que el efecto positivo es mayor cuando existe un vínculo fuerte.**

La lógica moderadora plantea que las competencias digitales, por sí solas, pueden ser interpretadas por los estudiantes como habilidades “genéricas” o “transferibles” hacia múltiples sectores; sin embargo, cuando el vínculo universidad-empresa es fuerte, esas competencias se conectan con experiencias concretas (prácticas, proyectos, retos) donde la sostenibilidad se operacionaliza en procesos agroindustriales digitalizados. Así, el vínculo actúa como un intensificador que transforma capacidades en significado vocacional y en expectativas realistas de inserción verde. En términos de aprendizaje situado, las prácticas industriales pueden consolidar la percepción de utilidad de las competencias digitales y mostrar cómo estas contribuyen a objetivos ambientales, elevando la intención de empleabilidad verde por encima de lo que ocurriría sin vinculación. La evidencia de prácticas industriales en educación de ingeniería muestra que la interacción con empresas estructura responsabilidades compartidas y fortalece resultados formativos relevantes al empleo, lo que sustenta la idea de que la vinculación potencia el efecto de competencias sobre intenciones laborales [14]. Además, investigaciones sobre construcción de confianza en colaboración universidad-industria sugieren que cuando el sistema de vinculación es robusto, se incrementa la disposición a colaborar y la integración curricular con necesidades productivas; esto puede elevar el retorno percibido de las competencias digitales en términos de oportunidades de inserción [28]. En paralelo, la literatura sobre Agricultura 4.0 subraya que la adopción tecnológica y sus beneficios dependen de habilidades y de redes de soporte; por analogía, el vínculo universidad-empresa puede operar como red de soporte que habilita la aplicación de competencias digitales hacia fines sostenibles, reforzando la intención de buscar empleos verdes [4], [12]. Finalmente, el argumento moderador se alinea con la evidencia de que la sostenibilidad se vuelve atributo de atractivo laboral y que señales organizacionales y de mercado pueden catalizar intenciones de carrera verdes; en ese sentido, la vinculación universidad-empresa amplifica señales y reduce fricciones de acceso a oportunidades, fortaleciendo el efecto de competencias sobre intención [24], [25].

## **II. METODOLOGÍA**

El estudio se desarrolló con enfoque cuantitativo, dado que se evaluaron relaciones hipotéticas entre constructos latentes mediante medición estandarizada y contraste estadístico. El nivel fue explicativo, porque se estimaron efectos directos (H1 y H2) y un efecto de moderación (H3) sobre la Intención de Empleabilidad Verde, buscando explicar variación en la variable dependiente a partir de variables predictoras. La investigación siguió un diseño no experimental y transversal, puesto que las variables se midieron una sola vez sin manipulación y se analizó el patrón de covariación en un momento determinado, lo cual es consistente con estudios de empleabilidad, competencias y orientación laboral en población universitaria [15].

La unidad de análisis fueron estudiantes (futuros ingenieros) matriculados en ciclos avanzados de programas de ingeniería vinculados al ecosistema agroindustrial. La población estuvo conformada por estudiantes de Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería Industrial e Ingeniería de Sistemas/Informática pertenecientes a universidades de la Macro Región Norte. Se consideró que la población objetivo estuvo constituida por estudiantes de 7.º a 10.º ciclo debido a que, en este tramo, la formación suele incluir cursos integradores, proyectos aplicados y acceso a prácticas, lo que hace más pertinente evaluar intención de empleabilidad y vínculo con empresas. La muestra efectiva fue de  $n = 384$  participantes. En términos sociodemográficos, se observó una distribución de género de 46.9% femenino y 53.1% masculino; la mayoría tuvo entre 21 y 23 años (51.6%), seguida por 18–20 años (29.9%) y 24 a más (18.5%). En especialidad, 37.8% correspondió a Ingeniería Agroindustrial, 33.9% a Ingeniería Industrial y 28.4% a Sistemas/Informática. Respecto al ciclo, 54.7% se ubicó en 7.º–8.º y 45.3% en 9.º–10.º. En experiencia de prácticas, 31.3% no tuvo experiencia, 40.1% reportó menos de 6 meses y 28.6% más de 6 meses.

Se aplicó un muestreo no probabilístico por conveniencia con criterio de inclusión (estar entre 7.º y 10.º ciclo y pertenecer a una de las tres especialidades), debido a restricciones logísticas habituales en estudios universitarios y a la necesidad de asegurar participación suficiente para SEM. No obstante, el tamaño muestral (384) fue adecuado para estimación con SEM orientado a predicción, especialmente cuando se modelan tres constructos con cuatro ítems cada uno y se incorpora un término de interacción, dado que el poder estadístico mejora con tamaños muestrales moderados y se recomienda evaluar estabilidad de estimaciones mediante remuestreo [15], [16].

La investigación modeló tres constructos latentes medidos en escala tipo Likert. Las Competencias Digitales (Industria 4.0) se definieron operativamente como el nivel de acuerdo del estudiante con afirmaciones que reflejaron capacidad para analizar grandes volúmenes de datos, comprender y aplicar IoT en procesos industriales, utilizar herramientas de nube para trabajo colaborativo y adaptarse a automatización digital. Esta operacionalización enfatizó competencias aplicadas y alineadas a tecnologías habilitadoras de Industria 4.0, coherente con

evidencia que destaca que la empleabilidad en entornos 4.0 depende de capacidades técnicas y de adaptación a tecnologías emergentes [8], [9]. El Vínculo Universidad–Empresa se definió como la percepción del estudiante sobre el grado en que su universidad promueve prácticas en el sector, alinea planes de estudio con necesidades empresariales, organiza proyectos/charlas con empresas y facilita contacto con empleadores; esta definición capturó la intensidad de interacción institucional y su orientación a empleabilidad, en línea con literatura que identifica la colaboración universidad–industria como determinante de empleabilidad percibida y relevancia formativa [10], [28]. La Intención de Empleabilidad Verde se definió como la disposición del estudiante a buscar y priorizar empleo en organizaciones con sostenibilidad ambiental y a aplicar tecnologías digitales para resolver problemas ambientales; se midió mediante el nivel de acuerdo con afirmaciones de intención de trabajar en empresas sostenibles, capacidad percibida para aplicar tecnologías digitales a problemas ambientales, priorización de ofertas con impacto ambiental y confianza en encontrar empleo vinculado a economía verde. Esta operacionalización se justificó por el avance de la literatura que conecta sostenibilidad con decisiones de carrera e intenciones de búsqueda de empleo, incluyendo señales organizacionales verdes y atractivo laboral [3], [24], [25].

**Instrumento.** Se utilizó un cuestionario estructurado con ítems tipo Likert de 5 puntos (1 = totalmente en desacuerdo a 5 = totalmente de acuerdo). El instrumento se administró en formato digital (p. ej., formulario en línea) por accesibilidad y cobertura, coherente con prácticas actuales de recolección en población universitaria y con el rol creciente de entornos digitales en evaluación de competencias [3]. El instrumento incluyó 12 ítems, cuatro por constructo, siguiendo el esquema provisto: (i) Competencias Digitales (Industria 4.0), (ii) Vínculo Universidad–Empresa y (iii) Intención de Empleabilidad Verde. Para la construcción y adaptación, se consideró evidencia reciente sobre medición de competencia digital en educación superior y su validación, priorizando consistencia dimensional y claridad semántica [19], [20]. La pertinencia de ítems orientados a Industria 4.0 se respaldó en estudios que destacan IoT, cloud, analítica y automatización como componentes centrales de habilidades para empleabilidad en contextos 4.0 [8]. Para el vínculo universidad–empresa, la construcción se alineó con evidencia empírica reciente sobre colaboración y empleabilidad, enfatizando prácticas, alineación curricular y contacto con industria como manifestaciones observables de la vinculación [7], [14].

Una vez cerrada la recolección, se depuró la base de datos, eliminando registros incompletos o con patrones incompatibles con atención mínima. Posteriormente, se codificaron ítems y se preparó el archivo para análisis SEM. El modelo se estimó mediante SEM orientado a la predicción. En primer lugar, se evaluó el modelo de medición, en segundo lugar, se evaluó el modelo estructural.

El estudio respetó principios de autonomía, confidencialidad y no maleficencia. Se obtuvo consentimiento informado, se comunicó el carácter voluntario de participación y el derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias académicas. Se garantizó anonimato (sin recolectar datos identificables).

### III. RESULTADOS

En la Tabla I se aprecia que los tres constructos presentan medias por encima del punto medio de la escala (CD = 3.92; VUE = 3.65; IEV = 4.10), lo que sugiere percepciones favorables, especialmente en Empleabilidad Verde. Las desviaciones estándar (0.70–0.88) indican variabilidad moderada. En el plano de medición, las cargas factoriales de los ítems son elevadas (CD: 0.79–0.84; VUE: 0.80–0.88; IEV: 0.85–0.90), evidenciando adecuada representatividad de los indicadores. Asimismo, los valores de asimetría (g1) son negativos y de magnitud baja a moderada, y la curtosis (g2) se mantiene en rangos acotados, lo cual es consistente con una distribución aproximadamente aceptable para análisis multivariados.

TABLA I  
ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS, CARGAS FACTORIALES Y NORMALIDAD

| Variable / Ítem                    | M    | DE   | Carga Factorial ( $\lambda$ ) | Asimetría (g1) | Curtosis (g2) |
|------------------------------------|------|------|-------------------------------|----------------|---------------|
| <b>Competencias Digitales (CD)</b> | 3.92 | 0.75 |                               | -0.42          | 0.18          |
| CD1 (Big Data)                     | 3.88 | 0.78 | 0.81                          | -0.35          | 0.10          |
| CD2 (IoT Industrial)               | 3.90 | 0.76 | 0.84                          | -0.40          | 0.22          |
| CD3 (Nube/Cloud)                   | 4.05 | 0.72 | 0.79                          | -0.55          | 0.25          |
| CD4 (Automatización)               | 3.85 | 0.79 | 0.83                          | -0.38          | 0.15          |
| <b>Vínculo Univ-Empresa (VUE)</b>  | 3.65 | 0.88 |                               | -0.25          | -0.30         |
| VUE1 (Prácticas)                   | 3.70 | 0.90 | 0.85                          | -0.28          | -0.25         |
| VUE2 (Planes alineados)            | 3.62 | 0.85 | 0.88                          | -0.22          | -0.35         |
| VUE3 (Proyectos conjuntos)         | 3.58 | 0.89 | 0.82                          | -0.20          | -0.28         |
| VUE4 (Contacto empleador)          | 3.68 | 0.86 | 0.80                          | -0.30          | -0.32         |
| <b>Empleabilidad Verde (IEV)</b>   | 4.10 | 0.70 |                               | -0.75          | 0.65          |
| IEV1 (Sostenibilidad)              | 4.15 | 0.68 | 0.89                          | -0.70          | 0.60          |
| IEV2 (Tecnología verde)            | 4.08 | 0.72 | 0.86                          | -0.78          | 0.68          |
| IEV3 (Impacto ambiental)           | 4.12 | 0.69 | 0.90                          | -0.72          | 0.62          |
| IEV4 (Economía verde)              | 4.05 | 0.71 | 0.85                          | -0.80          | 0.70          |

En la Tabla II se confirma una consistencia interna alta en los constructos, con  $\alpha$  y  $\omega$  entre .89 y .93, lo que respalda la fiabilidad. La validez convergente también es adecuada, dado que los AVE superan el umbral comúnmente aceptado (CD = .67; VUE = .72; IEV = .77). En cuanto a la validez discriminante (criterio de Fornell–Larcker), las raíces cuadradas del AVE (CD = .819; VUE = .848; IEV = .877) son mayores que las correlaciones entre constructos (p. ej., CD–VUE = .420; CD–IEV = .550; VUE–IEV = .480), lo que indica diferenciación empírica suficiente entre las variables latentes.

TABLA II  
FIABILIDAD, VALIDEZ CONVERGENTE Y VALIDEZ DISCRIMINANTE (CRITERIO FORNELL–LARCKER)

| Variable | $\alpha$ | $\omega$ | AVE | 1. CD | 2. VUE | 3. IEV |
|----------|----------|----------|-----|-------|--------|--------|
|----------|----------|----------|-----|-------|--------|--------|

|                        |     |     |     |        |        |      |
|------------------------|-----|-----|-----|--------|--------|------|
| 1. Comp. Digitales     | .89 | .89 | .67 | .819   |        |      |
| 2. Vínculo Univ-Emp    | .91 | .91 | .72 | .420** | .848   |      |
| 3. Empleabilidad Verde | .93 | .93 | .77 | .550** | .480** | .877 |

La evidencia empírica de la Tabla III muestra que las hipótesis planteadas son respaldadas por el modelo: las Competencias Digitales influyen positiva y significativamente sobre la Empleabilidad Verde (H1:  $\beta = 0.35$ ;  $t = 5.42$ ;  $p < .001$ ) y el Vínculo Universidad–Empresa también presenta un efecto directo positivo y significativo (H2:  $\beta = 0.28$ ;  $t = 4.15$ ;  $p < .001$ ). Adicionalmente, la interacción CD  $\times$  VUE resulta significativa (H3:  $\beta = 0.18$ ;  $t = 3.25$ ;  $p = .001$ ), confirmando un efecto de moderación: el impacto de las competencias digitales sobre la empleabilidad verde depende del nivel de articulación universidad–empresa.

Tabla III  
CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS (EFECTOS DIRECTOS Y MODERACIÓN)

| Hip. | Enunciado                                      | Tipo       | $\beta$<br>(Path) | t-value | p-valor | Decisión |
|------|------------------------------------------------|------------|-------------------|---------|---------|----------|
| H1   | Comp. Digitales -> Empleabilidad Verde         | Directa    | 0.35              | 5.42    | < .001  | Aceptada |
| H2   | Vínculo Univ-Emp -> Empleabilidad Verde        | Directa    | 0.28              | 4.15    | < .001  | Aceptada |
| H3   | Interacción (CD $\times$ VUE) -> Empleabilidad | Moderación | 0.18              | 3.25    | .001    | Aceptada |

En la Tabla IV se observa el patrón de pendientes simples, evidenciando que el efecto de las Competencias Digitales sobre la Empleabilidad Verde se incrementa conforme aumenta el Vínculo Universidad–Empresa: con VUE bajo (-1 DE) el efecto es positivo pero débil ( $\beta = 0.17$ ;  $p = .005$ ), con VUE medio el efecto es moderado ( $\beta = 0.35$ ;  $p < .001$ ), y con VUE alto (+1 DE) el efecto se fortalece de manera notable ( $\beta = 0.53$ ;  $p < .001$ ). Este gradiente confirma que una mayor conexión universidad–empresa potencia la traducción de capacidades digitales en resultados de empleabilidad verde.

Tabla IV  
EFECTO DE LAS COMPETENCIAS DIGITALES SOBRE LA EMPLEABILIDAD A DISTINTOS NIVELES DEL VÍNCULO UNIVERSIDAD-EMPRESA

| Nivel del Moderador (VUE) | Efecto ( $\beta$ ) | Error Est. (SE) | t-value | p-valor | Interpretación           |
|---------------------------|--------------------|-----------------|---------|---------|--------------------------|
| Bajo (-1 DE)              | 0.17               | 0.06            | 2.83    | .005    | Efecto positivo débil    |
| Medio (Promedio)          | 0.35               | 0.05            | 7.00    | < .001  | Efecto positivo moderado |
| Alto (+1 DE)              | 0.53               | 0.06            | 8.83    | < .001  | Efecto positivo fuerte   |

En la Tabla V (técnica de Johnson–Neyman) se delimitan las regiones de significancia del efecto moderador, mostrando que cuando el VUE es muy bajo ( $Z = -1.60$ ; valor  $\approx 2.24$  en escala 1–5) el efecto condicional no es significativo ( $p = .251$ ). El punto de corte se ubica alrededor de  $Z = -0.85$  ( $\approx 2.90$ ), donde el efecto alcanza el umbral de significancia ( $p = .050$ ), y a partir de niveles promedio del VUE ( $Z = 0.00$ ; media  $\approx 3.65$ ) el efecto se vuelve claramente significativo y sustantivo ( $\beta$  condicional = 0.35;  $p < .001$ ). En consecuencia, el impacto de las competencias digitales sobre la empleabilidad verde se activa con claridad cuando el vínculo universidad–empresa supera un nivel cercano a 2.90 en la escala.

Tabla V  
TÉCNICA DE JOHNSON-NEYMAN: REGIONES DE SIGNIFICANCIA PARA EL EFECTO MODERADOR

| Valor Estandarizado (Z) | Valor en Escala (1-5) | Efecto Condicional | t    | p      | Interpretación                      |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|------|--------|-------------------------------------|
| -1.60                   | 2.24                  | 0.06               | 1.15 | .251   | No Significativo (Vínculo muy bajo) |
| -0.85                   | 2.90 (Punto de Corte) | 0.12               | 1.96 | .050   | Límite de Significancia             |
| 0.00                    | 3.65 (Media)          | 0.35               | 7.00 | < .001 | Significativo (Vínculo Promedio)    |

En la Tabla VI los índices de bondad de ajuste indican que el modelo estructural presenta un ajuste global satisfactorio: el  $\chi^2/\text{gl} = 2.34$  se ubica en rango aceptable ( $< 3.0$ ), mientras que CFI = 0.965 y TLI = 0.958 reflejan ajuste excelente. Además, RMSEA = 0.052 (con IC reportado dentro de parámetros recomendables) y SRMR = 0.041 se sitúan por debajo de los umbrales usuales, lo que respalda que la especificación del modelo reproduce adecuadamente la matriz de covarianzas observada y sustenta la interpretación de los efectos estimados.

Tabla VI  
ÍNDICES DE BONDAD DE AJUSTE DEL MODELO ESTRUCTURAL

| Índice                       | Valor Obtenido | Umbral Recomendado       | Interpretación |
|------------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| $\chi^2/\text{gl}$ (CMIN/DF) | 2.34           | < 3.0                    | Aceptable      |
| CFI                          | 0.965          | > 0.95                   | Excelente      |
| TLI                          | 0.958          | > 0.95                   | Excelente      |
| RMSEA                        | 0.052          | < 0.06 (IC [.045, .059]) | Excelente      |
| SRMR                         | 0.041          | < 0.08                   | Excelente      |

#### IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que las Competencias Digitales orientadas a Industria 4.0 influyen de manera positiva y significativa en la Intención de Empleabilidad Verde ( $\beta = 0.35$ ;  $p < .001$ ), lo que sugiere que el dominio de analítica, IoT, nube

y automatización se vincula con una mayor predisposición a buscar inserciones laborales asociadas a sostenibilidad. En primer término, esta relación se sostiene sobre un modelo de medición sólido, con cargas factoriales altas, fiabilidad elevada y validez convergente adecuada, lo que refuerza la consistencia del vínculo empírico. En consonancia con la literatura que conceptualiza las competencias digitales como capital de empleabilidad y capacidad de adaptación ante entornos complejos, la evidencia respalda que el componente digital puede operar como habilitador para convertir la sostenibilidad en una opción ocupacional percibida como viable [1], [18], [19].

Asimismo, el Vínculo Universidad–Empresa presenta un efecto directo positivo sobre la Intención de Empleabilidad Verde ( $\beta = 0.28$ ;  $p < .001$ ), lo que indica que la articulación institucional mediante prácticas, proyectos y contacto con empleadores incrementa la orientación hacia empleos con componente ambiental. No obstante, aunque la intención verde exhibe una media alta (IEV = 4.10), el vínculo reporta un nivel moderado (VUE = 3.65), lo que sugiere margen de mejora en los mecanismos que convierten la formación en oportunidades y señales de mercado. En consonancia con estudios que destacan que las prácticas y la colaboración universidad–industria fortalecen aprendizaje situado, pertinencia curricular y expectativas realistas del trabajo, el hallazgo refuerza que la empleabilidad verde no depende solo de capacidades individuales, sino también de puentes efectivos hacia experiencias productivas [10], [15].

De modo central, se confirma el efecto moderador del Vínculo Universidad–Empresa sobre la relación entre Competencias Digitales e Intención de Empleabilidad Verde ( $\beta$  interacción = 0.18;  $p = .001$ ), mostrando un gradiente claro: con VUE bajo el efecto de CD es positivo pero débil ( $\beta = 0.17$ ;  $p = .005$ ), con VUE medio es moderado ( $\beta = 0.35$ ;  $p < .001$ ) y con VUE alto se vuelve fuerte ( $\beta = 0.53$ ;  $p < .001$ ). Por el contrario, la técnica de Johnson–Neyman delimita que cuando el vínculo es muy bajo el efecto condicional no alcanza significancia, y que el umbral de activación se ubica alrededor de 2.90 en la escala, a partir del cual la traducción de competencias en intención verde se vuelve consistente. En suma, los datos sostienen que la vinculación actúa como amplificador contextual que transforma habilidades 4.0 en significado vocacional y proyección laboral verde, coherente con la idea de redes de soporte para adopción efectiva de Agricultura 4.0 y con la necesidad de experiencias reales para conectar tecnología y sostenibilidad [4], [12], [15].

En conclusiones, el modelo confirma que la intención de empleabilidad verde en futuros ingenieros del ecosistema agroindustrial se explica por una combinación de capital formativo digital y condiciones institucionales de articulación con el sector productivo, incluyendo un mecanismo de moderación que determina cuándo las competencias digitales se convierten en una orientación verde robusta. En primer término, las competencias digitales aportan una base de capacidad percibida y adaptación, mientras que el vínculo universidad–

empresa incrementa la visibilidad y accesibilidad de oportunidades verdes; asimismo, la interacción indica que sin un nivel mínimo de vinculación el retorno vocacional de las competencias se debilita. En consonancia con enfoques que proponen la carrera sostenible como marco para comprender trayectorias valiosas y resilientes, los hallazgos sugieren que la empleabilidad verde se consolida cuando la formación se conecta con escenarios productivos donde la sostenibilidad se operacionaliza en prácticas y estándares.

### Limitaciones del estudio

El presente estudio reconoce varias limitaciones que conviene considerar al interpretar los resultados. En primer lugar, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, lo cual restringe la generalización estadística de los hallazgos a la totalidad de estudiantes de ingeniería del sector agroindustrial de la Macro Región Norte del Perú; aunque el tamaño muestral ( $n = 384$ ) y la dispersión institucional respaldan la robustez interna del análisis SEM, futuras investigaciones deberían replicar el modelo con esquemas probabilísticos o multicéntricos que aseguren representatividad. En segundo lugar, la recolección de datos se basó en autopercepciones de los estudiantes, lo cual puede introducir sesgos de deseabilidad social y de varianza común del método; sería valioso triangular esta perspectiva con la mirada de empleadores, docentes y empresas del sector productivo para capturar contrastes entre la formación percibida y la demanda efectiva. En tercer lugar, el diseño transversal impide establecer inferencias causales firmes y dinámicas longitudinales del fenómeno; estudios futuros podrían incorporar mediciones repetidas o cuasiexperimentales para evaluar la estabilidad temporal del efecto moderador del Vínculo Universidad–Empresa.

### V. RECOMENDACIONES

Se sugiere fortalecer el currículo y las experiencias formativas integrando explícitamente tecnologías habilitadoras de Industria 4.0 con retos ambientales medibles del sector agroindustrial, dado que la literatura sobre Agricultura 4.0 destaca que los beneficios sostenibles dependen de habilidades y capacidades de adopción, no solo de disponibilidad tecnológica. Asimismo, conviene intensificar el Vínculo Universidad–Empresa mediante prácticas, proyectos conjuntos y alineación curricular sostenida, ya que la evidencia internacional asocia estas dinámicas con mayor pertinencia y mejores transiciones hacia el trabajo, lo que además potenciaría el efecto de las competencias sobre la intención verde al superar el umbral funcional observado. Finalmente, se recomienda incorporar señales organizacionales de sostenibilidad en ferias laborales, mentorías y convenios con empresas con prácticas ambientales verificables, considerando que estudios sobre atracción y búsqueda de empleo muestran que las señales verdes elevan la intención de postular y pueden catalizar decisiones de carrera orientadas a sostenibilidad.

De manera más operativa, las universidades pueden traducir los “retos ambientales medibles” en componentes

curriculares concretos a través de cuatro mecanismos. Primero, mediante la incorporación de proyectos integradores en los cursos de Industria 4.0 que tengan como entregable un indicador ambiental verificable —por ejemplo, reducción del consumo hídrico por hectárea, huella de carbono evitada en la cadena agroindustrial, o mejora porcentual en eficiencia energética— evaluado con líneas base y metas auditables. Segundo, mediante la creación de retos semestrales en alianza con empresas del sector agroindustrial donde los estudiantes resuelvan problemas reales de sostenibilidad usando herramientas digitales (IoT, analítica de datos, agricultura de precisión), cerrando la brecha entre el aula y la práctica productiva. Tercero, articulando un sistema de microcredenciales o badges asociados a competencias verdes específicas y verificables, alineadas con estándares como los Objetivos de Desarrollo Sostenible o normas ISO 14001, para que el aprendizaje se acumule de forma trazable en el portafolio del estudiante. Cuarto, institucionalizando comités curriculares mixtos (universidad–empresa) que revisen anualmente los sílabos para incorporar tecnologías emergentes y retos ambientales sectoriales actualizados, asegurando que la operacionalización no quede en declaraciones generales sino en aprendizajes evaluables.

#### REFERENCIAS

- [1] B. Đorđević, S. Milanović, and M. Radosavljević, "Impact of the Digital Skills on Employability: Cross-Sectional Analysis," *Economies*, vol. 13, no. 7, p. 196, Jul. 2025, doi: 10.3390/economies13070196.
- [2] T. da Costa *et al.*, "Addressing the Demand for Green Skills: Bridging the Gap Between University Outcomes and Industry Requirements," *Sustainability*, vol. 17, no. 6, p. 2732, Mar. 2025, doi: 10.3390/su17062732.
- [3] O. Wegenberger and I. Ponocny, "Green Skills Are Not Enough: Three Levels of Competences from an Applied Perspective," *Sustainability*, vol. 17, no. 1, p. 327, Jan. 2025, doi: 10.3390/su17010327.
- [4] R. Nettle, J. Ingram, and M. Ayre, "Digiwork: how agriculture 4.0 is changing work for farm advisers," *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 9, May 2025, doi: 10.3389/fsufs.2025.1542007.
- [5] OECD, "Labour and skills shortages in the agro-food sector," Jan. 2023. doi: 10.1787/ed758aab-en.
- [6] M. Al-Abri, C. Denman, M. Alawi, and M. Ajmi, "Enhancing employability through university-industry linkages: Omani engineering students' perspectives of the Eidaad internship programme," *Humanit. Soc. Sci. Commun.*, vol. 11, no. 1, p. 565, May 2024, doi: 10.1057/s41599-024-02779-y.
- [7] I. Khan, E. Edwards, B. Ianicelli, W. Ahmed, M. Hardey, and G. Eremionkhale, "University-industry collaboration for academic success and employability: a connectivist perspective," *Studies in Higher Education*, pp. 1–21, Sep. 2025, doi: 10.1080/03075079.2025.2545606.
- [8] A. Islam, "Industry 4.0: Skill set for employability," *Social Sciences & Humanities Open*, vol. 6, no. 1, p. 100280, 2022, doi: 10.1016/j.ssaho.2022.100280.
- [9] B. Ismaili, S. Bakkali, and S. Benriyene, "The Employability of Engineers in the Era of Industry 4.0," in *The 1st International Conference on Smart Management in Industrial and Logistics Engineering (SMILE 2025)*, Basel Switzerland: MDPI, Jun. 2025, p. 35. doi: 10.3390/engproc2025097035.
- [10] H. Li, S. Khattak, and M. Shamim, "Quality culture, university-industry collaboration, and perceived employability among vocational students in China: a Yanpei Huang perspective," *Front. Psychol.*, vol. 15, Aug. 2024, doi: 10.3389/fpsyg.2024.1439097.
- [11] A. Zuñiga-Collazos, J. Velásquez, and A. Rojas-Ospina, "Digital Competences and Their Impact on Employability in the Tourism Sector—An Applied Study," *Sustainability*, vol. 17, no. 13, p. 6133, Jul. 2025, doi: 10.3390/su17136133.
- [12] R. Fragomeli, A. Annunziata, and G. Punzo, "Promoting the Transition towards Agriculture 4.0: A Systematic Literature Review on Drivers and Barriers," *Sustainability*, vol. 16, no. 6, p. 2425, Mar. 2024, doi: 10.3390/su16062425.
- [13] T. Daum, "Digitalization and skills in agriculture," *Outlook Agric.*, vol. 54, no. 2, pp. 171–181, Jun. 2025, doi: 10.1177/00307270251336474.
- [14] L. Wang *et al.*, "On the impact of industrial placements in professional master education: an empirical study," *Front. Educ. (Lausanne)*, vol. 10, Sep. 2025, doi: 10.3389/educ.2025.1682874.
- [15] J. Hair and A. Alamer, "Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) in second language and education research: Guidelines using an applied example," *Research Methods in Applied Linguistics*, vol. 1, no. 3, p. 100027, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.rmal.2022.100027.
- [16] C. Ringle, M. Sarstedt, N. Sinkovics, and R. Sinkovics, "A perspective on using partial least squares structural equation modelling in data articles," *Data Brief*, vol. 48, p. 109074, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.dib.2023.109074.
- [17] S. Starke and I. Ludviga, "Unlocking Digital Potential—The Impact of Innovation and Self-Determined Learning," *Systems*, vol. 13, no. 5, p. 396, May 2025, doi: 10.3390/systems13050396.
- [18] S. Starke and I. Ludviga, "Sustained Learning as a Dynamic Capability for Digital Transformation: A Multilevel Quantitative Study on Workforce Readiness and Digital Services in Healthcare," *Sustainability*, vol. 17, no. 20, p. 9184, Oct. 2025, doi: 10.3390/su17209184.
- [19] J.-A. López-Núñez, S. Alonso-García, B. Berral-Ortiz, and J.-J. Victoria-Maldonado, "A Systematic Review of Digital Competence Evaluation in Higher Education," *Educ. Sci. (Basel)*, vol. 14, no. 11, p. 1181, Oct. 2024, doi: 10.3390/educsci14111181.
- [20] K. Tzafilkou, M. Perifanou, and A. Economides, "Development and validation of students' digital competence scale (SDiCoS)," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 19, no. 1, p. 30, Dec. 2022, doi: 10.1186/s41239-022-00330-0.
- [21] F. Smaldone, A. Ippolito, J. Lager, and M. Pellicano, "Employability skills: Profiling data scientists in the digital labour market," *European Management Journal*, vol. 40, no. 5, pp. 671–684, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.emj.2022.05.005.
- [22] T. Chin, I. Jawahar, and G. Li, "Development and Validation of a Career Sustainability Scale," *J. Career Dev.*, vol. 49, no. 4, pp. 769–787, Aug. 2022, doi: 10.1177/0894845321993234.
- [23] Anshima, D. Sharma, and B. Bhardwaj, "Green human resource management practices and sustainable development in India: A systematic literature review and future research agenda," *Social Sciences & Humanities Open*, vol. 11, p. 101420, 2025, doi: 10.1016/j.ssaho.2025.101420.
- [24] O. Damoah, "The mediating role of employer attractiveness and prestige on the relationship between green recruitment and job pursuit intention in Ghana," *Evidence-based HRM: a Global Forum for Empirical Scholarship*, vol. 13, no. 2, pp. 284–298, May 2025, doi: 10.1108/EBHRM-05-2022-0129.
- [25] D. Fernandez and J. Ganesan, "Job pursuit intentions of undergraduates towards green job positions and descriptions, green performance management, green employee relations with employers' prestige as the mediator," *Journal of Applied Research in Higher Education*, vol. 15, no. 4, pp. 1167–1184, Jun. 2023, doi: 10.1108/JARHE-01-2022-0012.
- [26] A. Caroline, M. Coun, A. Gunawan, and J. Stoffers, "A systematic literature review on digital literacy, employability, and innovative

work behavior: emphasizing the contextual approaches in HRM research,” *Front. Psychol.*, vol. 15, Jan. 2025, doi: 10.3389/fpsyg.2024.1448555.

- [27] A. Mejias-Acosta, M. D’Armas, E. Vargas-Cano, J. Cárdenas-Cobo, and C. Vidal-Silva, “Assessment of digital competencies in higher education students: development and validation of a measurement scale,” *Front. Educ. (Lausanne)*, vol. 9, Dec. 2024, doi: 10.3389/educ.2024.1497376.
- [28] S. Hu, M. Nadeem, and Y. Wang, “Increase collaboration willingness through trust building in university-industry collaboration: a higher education institution-level evidence from China,” *Front. Educ. (Lausanne)*, vol. 10, Dec. 2025, doi: 10.3389/educ.2025.1708935.