

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MODELO MULTICRITERIO PARA EVALUAR LA IDONEIDAD DE EMPRESAS EN LA FORMACIÓN DUAL DE LA EDUCACIÓN TECNOLÓGICA SUPERIOR.

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF A MULTI-CRITERIA MODEL TO EVALUATE THE SUITABILITY OF COMPANIES FOR DUAL TRAINING IN HIGHER TECHNOLOGICAL EDUCATION.

-  Diego Marconi Vaca Gómez 1*, <https://orcid.org/0000-0003-1070-7010> Jeniffer
-  Cristina Garrido Chiluisa 2, <https://orcid.org/0009-0006-9883-520X>
-  Darwin Omar Maldonado Mina 3, <https://orcid.org/0009-0000-5644-3802> Martha
-  Rocío Cargua López 4, <https://orcid.org/0009-0006-9630-8481> Rolando Ismael
-  Yépez Moreira 5, <https://orcid.org/0000-0002-8127-629X> 1.2.3.4. Instituto
-  Superior Universitario Cotacachi.
-  5 Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura, Ecuador.

Recibido: 23/06/2026

Aceptado: 28/08/2026

*Autor para la correspondencia: dvaca@institutocotacachi.edu.ecEsta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional 

RESUMEN

La Formación Dual en la educación tecnológica superior requiere entornos empresariales que promuevan una experiencia formativa integral. Sin embargo, actualmente no existen instrumentos estandarizados que permitan evaluar con precisión la idoneidad de las empresas como espacios formativos. El presente estudio tiene como objetivo desarrollar y validar un modelo evaluativo que permita clasificar y orientar la incorporación de estudiantes en empresas bajo criterios pedagógicos, tecnológicos y organizacionales. Mediante un enfoque metodológico mixto secuencial explicativo, se diseñó un modelo sustentado en tres dimensiones: nivel tecnológico (30%), cultura de trabajo (30%) y accesibilidad a procesos productivos (40%), integradas mediante el método de suma ponderada (WSM). La validación se realizó con 23 empresas del sector textil, mostrando una alta confiabilidad (alfa de Cronbach = 0.86) y una estructura trifactorial robusta (74.3% de varianza explicada). El 73.9% de las empresas alcanzaron la categoría "Óptimo", y el 26.1% "Bueno", siendo la accesibilidad la dimensión mejor evaluada, mientras que la seguridad industrial presentó mayores debilidades. El modelo no solo clasifica, sino que prescribe mejoras, consolidándose como una herramienta estratégica para fortalecer la vinculación académica-empresarial y mejorar la calidad de la Formación Dual en contextos productivos.

PALABRAS CLAVE: Formación dual, evaluación, entornos formativos, educación tecnológica, empresa formadora.

ABSTRACT

Dual training in higher technological education requires business environments that promote a comprehensive learning experience. However, currently there are no standardized instruments that allow for the accurate evaluation of the suitability of companies as training spaces. This study aims to develop and validate an evaluation model that allows for the classification and guidance of student placement in companies based on pedagogical, technological, and organizational criteria. Using a sequential explanatory mixed-methods approach, a model was designed based on three dimensions: technological level (30%), work culture (30%), and accessibility to production processes (40%), integrated using the weighted sum method (WSM). Validation was carried out with 23 companies in the textile sector, showing high reliability (Cronbach's alpha = 0.86) and a robust three-factor structure (74.3% of variance explained). 73.9% of companies achieved the "Optimal" category, and 26.1% "Good," with accessibility being the best-rated dimension, while industrial safety showed the greatest weaknesses. The model not only classifies companies but also prescribes improvements, consolidating itself as a strategic tool for strengthening academic-industrial collaboration and improving the quality of dual vocational training in productive contexts.

KEY WORDS: Dual vocational training; evaluation; training environments; technological education; training company.

INTRODUCCIÓN

En un contexto global donde la educación superior enfrenta el desafío de responder efectivamente a las demandas sociales y productivas del siglo XXI, la formación técnica y tecnológica emerge como un componente estratégico para el desarrollo económico nacional. Los Institutos Superiores Tecnológicos del Ecuador, instituciones importantes en el sistema educativo nacional, actualmente enfrentan retos relacionados con el mejoramiento de la calidad de sus procesos formativos y su vinculación efectiva con el sector productivo (Solórzano et al., 2019).

La educación tecnológica mantiene un fuerte vínculo con las necesidades del desarrollo económico del país, promoviendo la creación de emprendimientos, la generación de empleo y la mejora de la productividad en sectores estratégicos como la industria y los servicios. Como señalan Chum y Aray (2017), este tipo de formación profesional constituye un eje fundamental para el desarrollo económico, orientada principalmente a la inserción laboral en actividades productivas, sin descuidar la formación humana integral. Por su parte, Solís y Duarte (2018) destacan la relevancia de estas instituciones como puente para cerrar la brecha entre la formación académica y las necesidades del mercado laboral, funcionando como verdaderos motores de la dinámica productiva nacional al ofrecer una formación más corta que permite una inserción laboral más temprana.

Entre las estrategias formativas más efectivas implementadas por estos institutos destaca la Formación Práctica en el Entorno Laboral Real (FPELR), concebida como la inserción planificada y controlada del estudiante al sector productivo meta de la carrera. Este es un escenario privilegiado dentro del desarrollo del proceso formativo, especialmente en el marco de la Modalidad de Formación Dual (MFD). El Consejo de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CACES, 2021) caracteriza esta modalidad de la siguiente manera:

"Durante la formación práctica en el entorno laboral real el escenario deja de ser la asignatura con el profesor y los estudiantes y pasa a ser el propio proceso productivo, de comercialización o de prestación de servicios, en el que los estudiantes interactúan con el entorno administrativo, tecnológico, productivo, las condiciones naturales, si fuera el caso, las relaciones socio laborales y con los grupos de interés que rodean a sus respectivas empre-

sas formadoras. Entrenar correctamente al estudiante en ese entorno es decisivo para crear en él las competencias profesionales definidas para la carrera, en correspondencia con las necesidades de la sociedad" (pág. 138).

Los resultados de esta modalidad formativa no solo demandan de procesos sistémicos de planificación (Cevallos et al., 2024), afirman que contribuyen a cimentar las competencias prácticas propias de la profesión en el estudiante, sino que además generan información valiosa que retroalimenta y perfecciona el currículo y los planes de carrera. Sin embargo, para que este ciclo virtuoso se concrete efectivamente, resulta fundamental garantizar la adecuada selección de las entidades formadoras.

Las empresas de producción, comercialización o prestación de servicios, instituciones públicas, otras organizaciones de la sociedad e incluso el propio instituto, pueden fungir como entidades formadoras siempre y cuando este último cuente con actividades productivas o de servicios a escala comercial que constituyan un entorno laboral real (CES, 2019). No obstante, la idoneidad de estas entidades no depende exclusivamente de la pertinencia de su perfil productivo con la carrera, sino también de su nivel tecnológico y cultura de trabajo, como elementos de éxito en esta fase de formación de acuerdo con Rodríguez et al. (2024). Este último aspecto resulta particularmente relevante, considerando que un componente de la formación que adquiere el estudiante durante sus prácticas corresponde a valores y hábitos incorporados por imitación. Para que estos sean positivos, es indispensable que la entidad formadora posea una cultura de trabajo avanzada, cuyos componentes incluyen disciplina laboral, rigor técnico, respeto a los derechos laborales, cumplimiento de normas de seguridad y salud ocupacional, responsabilidad tributaria, relaciones interpersonales basadas en el respeto y la colaboración, y adecuados estándares de orden y limpieza.

La normativa ecuatoriana, específicamente los artículos 23 y 24 del Reglamento para las Carreras y Programas en Modalidad de Formación Dual (CES, 2019), establece parámetros claros sobre estos requisitos. Sin embargo, en la práctica, determinar rigurosamente la cultura organizacional de una entidad requeriría estudios especializados que frecuentemente exceden las capacidades de los institutos. Esto no exime a estas instituciones educativas de obtener la mayor información posible para identificar y excluir los casos notoriamente negativos. La selección de entidades formadoras adquiere especial

relevancia en la Modalidad de Formación Dual debido al prolongado tiempo de permanencia del estudiante en una entidad particular y el consecuente desarrollo de vínculos más estrechos que determinan un mayor impacto de la cultura organizacional en su formación integral. Incluso en situaciones donde se decide incorporar entidades con limitaciones significativas, resulta imperativo implementar acciones preparatorias especiales (Vázquez et al., 2022).

El presente artículo tiene como objetivo proponer un modelo de evaluación de la idoneidad de empresas formadoras, basado en el método de factores ponderados, que integra tres categorías fundamentales: nivel tecnológico, cultura de trabajo y accesibilidad a procesos productivos requeridos en el perfil de egreso. Esta propuesta metodológica responde a la urgencia de contar con herramientas estandarizadas que faciliten la selección efectiva de entidades formadoras, contribuyendo así a elevar la calidad de la formación práctica y, por ende, el impacto de la educación tecnológica en el desarrollo socioeconómico del país.

METODOLOGÍA

El presente estudio adoptó un diseño metodológico mixto secuencial explicativo, combinando análisis cuantitativo y cualitativo para desarrollar un modelo de evaluación de idoneidad de empresas formadoras en el contexto de la formación dual. La investigación se estructuró en tres fases consecutivas: exploratoria-teórica, diseño del modelo y validación empírica.

En la fase exploratoria se realizó una revisión sistemática de literatura especializada publicada entre 2017 y 2025, con búsquedas en bases de datos académicas (Scopus, Web of Science, IEEE Xplore y Science Direct) utilizando descriptores como "vocational education", "workplace learning", "technological readiness" y "dual training system". Se establecieron criterios de inclusión relacionados con relevancia temática, rigor metodológico y actualidad. Los artículos seleccionados fueron analizados mediante codificación temática para identificar las dimensiones críticas en la evaluación de entornos formativos empresariales.

La fase de diseño del modelo incorporó un enfoque participativo mediante la metodología Delphi, involucrando a 18 expertos (ocho académicos con trayectoria en formación dual, siete empresarios con experiencia como

tutores y tres docentes con experiencia en educación superior). El panel de expertos participó en tres rondas iterativas de consulta. Durante este proceso se definieron las tres categorías fundamentales del modelo (nivel tecnológico, cultura de trabajo y accesibilidad a procesos productivos) y sus ponderaciones. Posteriormente se establecieron los indicadores específicos para cada categoría junto con sus respectivas rúbricas de evaluación.

El modelo se compone de dos componentes, el matemático y el cualitativo. El componente matemático del modelo se fundamentó en los principios de la toma de decisiones multicriterio (MCDA), adaptando el método de suma ponderada (WSM) propuesto originalmente por Fine (1971) y refinado por Keeney & Raiffa (1976). Lo que permite integrar múltiples criterios con diferentes niveles de importancia en una valoración unificada, facilitando la clasificación y comparación de alternativas complejas. La estructura matemática se organizó jerárquicamente en tres niveles: evaluación de factores específicos (nivel micro), agregación por categorías mediante ponderaciones internas (nivel meso) y determinación de la idoneidad global a través de ponderaciones entre categorías (nivel macro). Para garantizar la compatibilidad y comparabilidad entre factores heterogéneos, se implementó un procedimiento de normalización mediante transformación lineal, mapeando los valores originales a una escala estandarizada de 1 a 3 que facilita la interpretación de resultados.

La validación empírica del modelo se efectuó mediante un estudio piloto con 23 empresas del sector textil y de confección en la zona norte de Ecuador, seleccionadas mediante muestreo estratificado proporcional considerando ubicación geográfica y tamaño. La recolección de datos se realizó a través de visitas in situ de equipos evaluadores conformados por un docente especialista en el área técnica y un coordinador de vinculación institucional. Cada evaluación incluyó observación directa de instalaciones y procesos, entrevistas semiestructuradas con responsables empresariales y revisión documental de procedimientos, reglamentos y certificaciones. Para minimizar sesgos, se implementó un protocolo estandarizado de evaluación y se realizó una capacitación previa de los evaluadores.

El análisis de datos empleó técnicas estadísticas básicas descriptivas e inferenciales. La fiabilidad del instrumento se evaluó mediante el coeficiente alfa de Cronbach (Tavakol & Dennick, 2011), un indicador ampliamente

utilizado para determinar la consistencia interna de escalas multidimensionales. Para examinar la estructura subyacente del modelo propuesto, se aplicó un análisis factorial exploratorio utilizando el método de componentes principales con rotación Varimax, precedido por pruebas de adecuación muestral para verificar la pertinencia de esta técnica. Complementariamente, se realizó un análisis de conglomerados para identificar patrones de agrupación entre las empresas evaluadas, utilizando métodos jerárquicos que permitieran visualizar la formación natural de grupos según las características observadas.

Entre las consideraciones metodológicas del estudio se contemplaron las limitaciones potenciales relacionadas con el tamaño de la muestra piloto, circunscrita a un sector económico específico y una región geográfica delimitada. Asimismo, se reconoce que el diseño transversal empleado captura únicamente la situación de las empresas en un momento determinado, sin contemplar la naturaleza dinámica y evolutiva de los entornos formativos. Para futuras investigaciones, se propuso ampliar la muestra a otros sectores productivos, implementar diseños longitudinales para evaluar la estabilidad temporal del modelo y explorar la incorporación de técnicas analíticas avanzadas como modelado de ecuaciones estructurales o análisis envolvente de datos para refinar la estructura evaluativa propuesta.

RESULTADOS

Modelo Conceptual

El modelo se compone de dos partes: el componente matemático, que proporciona una estructura formal para la evaluación multicriterio de la idoneidad de empresas formadoras, y el componente cualitativo, que complementa dicha evaluación con una perspectiva interpretativa basada en criterios expertos y evidencias documentadas.

Componente matemático

Con el objetivo de evaluar de manera estructurada y transparente la idoneidad de las empresas como escenarios de formación práctica en el entorno laboral el presente trabajo adapta esta metodología se para capturar la naturaleza multidimensional y dinámica de los entornos formativos empresariales. La estructura matemática del modelo se fundamenta en la Ecuación 1:

$$S_j = \sum_{i=1}^n W_i \times F_{ij} \quad \text{Eq (1)}$$

Dónde S_j es la puntuación global de idoneidad de cada empresa formadora j , W_i es el peso ponderado de cada factor i y F_{ij} es la puntuación asignada j por cada uno de los factores i .

Para evaluar múltiples empresas y factores, el modelo se puede representar matricialmente como $S=W \times F$, donde S es el vector columna de puntuaciones globales $[S_1, S_2, \dots, S_m]^T$, W es el vector fila de pesos ponderados $[W_1, W_2, \dots, W_n]$ y F es una matriz de puntuaciones F_{ij} de dimensión $n \times m$.

Nuestra metodología integra tres criterios mediante factores compuestos. Básicamente el modelo emplea una estructura jerárquica basada en tres categorías principales, expresada de acuerdo a la Ecuación 2:

$$S_j = \alpha \cdot NT_j + \beta \cdot CT_j + \gamma \cdot AP_j \quad \text{Eq (2)}$$

Donde α, β, γ son ponderaciones de cada categoría (con $\alpha + \beta + \gamma = 1$), NT_j es la valoración del Nivel Tecnológico, CT_j es la valoración de la Cultura de Trabajo y AP_j es la valoración de la Accesibilidad a Procesos Productivos. A su vez, cada categoría se descompone de acuerdo a las Ecuaciones 3, 4 y 5, respectivamente:

$$NT_j = \sum_{i=1}^p W_i^{NT} \cdot F_{ij}^{NT} \quad \text{Eq (3)}$$

$$CT_j = \sum_{i=1}^q W_i^{CT} \cdot F_{ij}^{CT} \quad \text{Eq (4)}$$

$$AP_j = \sum_{i=1}^r W_i^{AP} \cdot F_{ij}^{AP} \quad \text{Eq (5)}$$

Donde p, q, r es el número de factores por categoría ($p + q + r = n$), W_i^{NT}, W_i^{CT} y W_i^{AP} son pesos internos normalizados y F_{ij}^{NT}, F_{ij}^{CT} y F_{ij}^{AP} son puntuaciones puntuales específicas.

Para garantizar que los factores considerados en cada categoría del modelo (NT, CT, AP) puedan ser comparados y combinados, se implementa un procedimiento no obligatorio para normalizar los factores. La normalización permite estandarizar las puntuaciones F_{ij} , que pueden encontrarse en escalas distintas, a un mismo rango, entre 0 y 1, mediante la fórmula de la Ecuación 6:

$$F_{ij}^{norm} = \frac{F_{ij} - F_i^{min}}{F_i^{max} - F_i^{min}} \quad \text{Eq (6)}$$

Posteriormente, para adaptar los resultados a la escala de interpretación del modelo, se utiliza la transformación descrita en la Ecuación 7:

$$F_{ij}^{eval} = 1 + 2 \cdot F_{ij}^{norm} \quad \text{Eq (7)}$$

Este último procedimiento permite expresar los resultados finales en una escala de 1 a 3, coherente con los criterios de evaluación utilizados.

Una vez obtenidas las puntuaciones para cada categoría, la idoneidad global de la empresa formadora se determina combinando estas valoraciones de manera ponderada de acuerdo a la ecuación 1.

El modelo establece tres niveles de idoneidad para clasificar a las empresas formadoras, en función de la puntuación global obtenida durante el proceso de evaluación. El nivel alto comprende a aquellas empresas que alcanzan una puntuación entre 2.34 y 3.00, las cuales ofrecen condiciones óptimas para la formación dual y se consideran adecuadas para la incorporación inmediata de estudiantes. El nivel medio abarca a las empresas cuya puntuación se encuentra entre 1.67 y 2.33, lo que refleja condiciones adecuadas, aunque con áreas susceptibles de mejora, siendo recomendadas para la incorporación de estudiantes siempre que exista un plan de mejoramiento.

Finalmente, el nivel básico incluye a las empresas con puntuaciones entre 1.00 y 1.66, las cuales cumplen con los requisitos mínimos y solo se consideran aptas si implementan previamente mejoras específicas que aseguren condiciones formativas adecuadas y acciones preparativas en los estudiantes y/o tutores. Esta clasificación permite a las instituciones educativas tomar decisiones informadas sobre la incorporación de empresas al programa de formación dual, asegurando la calidad de las experiencias formativas de los estudiantes.

3.1.2. Componente cualitativo

El modelo se estructura en tres categorías fundamentales, cada una con su respectiva ponderación determinada mediante el método Delphi con expertos académicos y empresariales (coeficiente de concordancia de Kendall

$W=0.83$), como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías evaluativas y sus ponderaciones

Categorías	Descripción	Ponderación (W)
Nivel tecnológico	Esta categoría evalúa la capacidad tecnológica instalada de la empresa, determinante para ofrecer experiencias formativas acordes con las demandas actuales del sector productivo.	30%
Cultura de trabajo	Evalúa el ambiente laboral y los valores organizacionales que inciden en la formación integral del estudiante	30%
Accesibilidad a procesos productivos	Determina la disponibilidad efectiva de los procesos productivos para el aprendizaje experiencial del estudiante.	40%

La mayor ponderación asignada a la accesibilidad a procesos productivos (40%) refleja la centralidad de este factor en el aprendizaje experiencial, coincidiendo con los hallazgos de autores como Solórzano et al. (2019) y Chum y Aray (2017), quienes destacan la importancia del "aprender haciendo" en los procesos de formación profesional al nivel tecnológico.

Al mismo tiempo, cada una de las tres categorías principales se descompone en factores específicos que permiten una evaluación integral y detallada. En la Tabla 2, se presentan los factores identificados por categoría:

Tabla 2. Factores evaluativos por categoría

Categoría	Factor	Fuente
Nivel tecnológico	Infraestructura	CACES (2021); Javaid e t al. (2023); Zuo et a l. (2025); Srivastava et al. (2025)
	Maquinaria y equipos	CACES (2021); Adel (2024); Javaid e t al. (2023); Schwab (2019)
Cultura de trabajo	Disciplina laboral	CACES (2021); Zuo et a l. (2025); McGrath (2012)
	Rigor técnico	CACES (2021); Javaid e t al. (2023); F aber e t al. (2024); Srivastava et al. (2025)
	Seguridad industrial	CACES (2021); Javaid e t al. (2023)
	Orden y limpieza	CACES (2021); J avaid e t al. (2023)
	Relaciones basadas e n respeto y colaboración	CACES (2021); Garlinska et al. (2023); L iue t al. (2024); Twyford et al. (2009)
	Cumplimiento de compromisos tributarios	CACES (2021)
Accesibilidad a procesos productivos	Nivel de participación directa d el estudiante	Vinuesa e t al. (2020); J avaid e t al. (2023); W ang et a l. (2024); Ram et a l. (2024); Agrawal & Agrawal (2017); Sodhi (2014)

Basado en: Análisis de la literatura especializada en educación vocacional y tecnologías aplicadas (2017-2025). El modelo se fundamenta en una estructura jerárquica.

Esta estructura, coherente con la formulación matemática presentada en el inciso anterior, se organiza en dos fases: calificación de los factores específicos dentro de cada categoría y la definición de la idoneidad global de la empresa formadora.

Tabla 3. Guía de calificación por factores, estructurada en tres niveles de valoración según los criterios definidos en cada categoría.

Categoría	Factor	Fuente
Nivel tecnológico	Infraestructura	CACES (2021); Javaid et al. (2023); Zuo et al. (2025); Srivastava et al. (2025)
	Maquinaria y equipos	CACES (2021); Adel (2024); Javaid et al. (2023); Schwab (2019)
Cultura de trabajo	Disciplina laboral	CACES (2021); Zuo et al. (2025); McGrath (2012)
	Rigor técnico	CACES (2021); Javaid et al. (2023); Faber et al. (2024); Srivastava et al. (2025)
	Seguridad industrial	CACES (2021); Javaid et al. (2023)
	Orden y limpieza	CACES (2021); Javaid et al. (2023)
	Relaciones basadas en respeto y colaboración	CACES (2021); Garlinska et al. (2023); Liu et al. (2024); Twyford et al. (2009)
	Cumplimiento de compromisos tributarios	CACES (2021)
Accesibilidad a procesos productivos	Nivel de participación directa del estudiante	Vinuesa et al. (2020); Javaid et al. (2023); Wang et al. (2024); Ram et al. (2024); Agrawal & Agrawal (2017); Sodhi (2014)

Categoría	Factores	Calificación sugerida	Descripción
Nivel tecnológico	Infraestructura	3	La empresa cuenta con instalaciones modernas, espacios amplios y adecuadamente distribuidos, con áreas específicas para formación técnica y ambientes de aprendizaje que simulan condiciones reales de producción.
		2	La empresa posee instalaciones adecuadas con espacios funcionales para los procesos productivos, aunque con limitaciones en áreas dedicadas específicamente a la formación.
		1	La empresa dispone de instalaciones básicas que permiten el desarrollo de procesos productivos elementales, con espacios limitados que requieren adaptación para actividades formativas.
	Maquinaria y Equipos	3	La empresa cuenta con tecnología de vanguardia, equipos automatizados y/o digitalizados, con capacidad para operaciones complejas relacionadas con el perfil profesional del estudiante.

Cultura de trabajo	Disciplina Laboral	2	La empresa dispone de maquinaria y equipos funcionales y operativos que permiten el desarrollo de los principales procesos técnicos relacionados con la formación.
		1	La empresa posee equipamiento básico y funcional, aunque con limitada automatización o incorporación de tecnologías actuales.
		3	La empresa cuenta con un sistema estructurado de normas y procedimientos claramente definidos, con mecanismos efectivos de inducción y seguimiento al cumplimiento de horarios, responsabilidades y comportamiento.
		2	La empresa posee normas definidas de comportamiento y cumplimiento de responsabilidades, aunque con sistemas de seguimiento menos formalizados.
		1	La empresa mantiene normas básicas de disciplina laboral, con procedimientos poco estructurados de seguimiento y control.
	Rigor Técnico	3	La empresa aplica rigurosamente estándares técnicos de alto nivel, con procedimientos documentados, control de calidad sistemático y mejora continua de procesos.
		2	La empresa sigue procedimientos técnicos establecidos con supervisión regular de calidad, aunque con menor nivel de documentación y sistematización.
		1	La empresa aplica procedimientos técnicos básicos con supervisión ocasional y limitada documentación de procesos.
	Seguridad Industrial	3	La empresa implementa un sistema integral de gestión de seguridad y salud ocupacional, con evaluaciones de riesgo periódicas, equipos de protección personal completos, señalización exhaustiva y capacitación continua.
		2	La empresa aplica medidas preventivas básicas, proporciona equipos de protección personal esenciales y mantiene señalización adecuada de zonas de riesgo.
	Orden y Limpieza	1	La empresa cumple con requisitos mínimos de seguridad, con disponibilidad limitada de equipos de protección y señalización básica.
		3	La empresa implementa metodologías formales de organización (como 5S) en todos los espacios, con áreas de trabajo impecables, herramientas y materiales perfectamente ordenados y clasificados.
		2	La empresa mantiene espacios de trabajo organizados con

			sistemas básicos de clasificación y orden de materiales y herramientas.
		1	La empresa presenta condiciones básicas de orden y limpieza, aunque sin sistemas formalizados de organización.
Relaciones Basadas en Respeto y Colaboración		3	La empresa promueve activamente un ambiente de respeto, colaboración y trabajo en equipo, con comunicación fluida entre niveles jerárquicos, resolución constructiva de conflictos y políticas explícitas contra el acoso laboral.
		2	La empresa mantiene un ambiente laboral respetuoso con canales de comunicación definidos y mecanismos básicos para abordar conflictos.
		1	La empresa presenta relaciones laborales funcionales con comunicación limitada entre niveles jerárquicos.
Cumplimiento de Compromisos Tributarios		3	La empresa mantiene un historial impecable de cumplimiento tributario, con certificaciones de cumplimiento al día y sistemas automatizados de gestión fiscal.
		2	La empresa cumple regularmente con sus obligaciones tributarias con eventuales retrasos menores subsanados oportunamente.
		1	La empresa presenta un cumplimiento básico de obligaciones tributarias con inconsistencias ocasionales que son corregidas.
Accesibilidad a Procesos Productivos	Nivel de participación directa del estudiante	3	El estudiante participa activamente en los procesos productivos clave de la empresa, con asignación de responsabilidades concretas y supervisión directa del personal técnico.
		2	El estudiante interviene parcialmente en los procesos, realizando tareas técnicas bajo supervisión, con oportunidades de observación y apoyo en actividades específicas.
		1	El estudiante realiza principalmente actividades de observación o tareas auxiliares, con escasa intervención directa en los procesos productivos.

Como producto complementario se desarrolló una herramienta digital basada en Microsoft Excel para facilitar su implementación. Esta herramienta automatiza el registro de calificaciones por factor, los cálculos de ponderaciones por categoría, la determinación de la puntuación global de idoneidad, la clasificación automática según nivel (Óptimo, Bueno, Básico), la generación de reportes estandarizados. Esta herramienta contribuye a la usabilidad del modelo, reduciendo la posibilidad de errores de cálculo y estandarizando los formatos de registro y reporte. Además, facilita la creación y mantenimiento de

un expediente unificado de empresas formadoras.

3.2. Validación del modelo

La validación del modelo propuesto se realizó mediante un estudio piloto con 23 empresas vinculadas a la carrera de Tecnología Superior en Confección Textil. Los resultados estadísticos evidenciaron una alta fiabilidad del instrumento, con un coeficiente alfa de Cronbach de 0.86 y una correlación interobservador de 0.88, demostrando objetividad en la aplicación. El análisis de componentes principales corroboró la estructura trifactorial propuesta, con estos tres factores explicando el 74.3% de la varianza total. Adicionalmente, el tiempo promedio de evaluación por empresa (3 horas) resultó operativamente viable para su implementación regular en procesos institucionales.

La aplicación del modelo de evaluación basado en factores ponderados permitió clasificar las empresas según su nivel de idoneidad para participar como entidades formadoras en el programa de Formación Dual. Los resultados globales revelan que 17 empresas (73.9%) alcanzaron la categoría "Óptimo" con puntuaciones iguales o superiores a 2.25, mientras que 6 empresas (26.1%) se ubicaron en la categoría "Bueno" con puntuaciones entre 1.50 y 2.24. Ninguna empresa fue clasificada en la categoría "Básico", lo que sugiere un nivel general satisfactorio de condiciones para la formación práctica de estudiantes, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Distribución de empresas formadoras según nivel de idoneidad

Nivel de idoneidad	Rango de puntuación	Número de empresas	Porcentaje
Óptimo	≥ 2.25	17	73.9%
Bueno	1.50 - 2.24	6	26.1%
Básico	< 1.50	0	0.0%
Total		23	100%

La puntuación promedio de idoneidad global fue de 2.27 (DE=0.45), ubicándose en el umbral superior de la categoría "Bueno". La distribución de puntuaciones presentó una asimetría negativa (-0.37), indicando una concentración hacia valores superiores de la escala, con puntuaciones máximas de 2.94 (Confecciones Sport Ciman, TextiRodal y Empresas Pinto S.A.) y mínimas de 1.52 (DIV Confecciones).

El análisis desagregado por categorías reveló comportamientos diferenciados según las dimensiones evaluadas. La categoría "Accesibilidad a procesos productivos

requeridos en el perfil de egreso" mostró los resultados más favorables con una puntuación media de 2.61 (DE=0.50), seguida de "Nivel tecnológico" con 2.24 (DE=0.64) y "Cultura de trabajo" con 2.13 (DE=0.67). En cuanto al nivel tecnológico, el 39.1% de las empresas evaluadas alcanzó la calificación óptima, mientras que el 30.4% obtuvo calificación buena y el 30.4% restante calificación básica. En infraestructura, el 43.5% de las empresas cuenta con edificios industriales adecuados que cumplen con normas básicas de construcción e integran todas las áreas necesarias para los procesos de confección textil. Respecto a maquinaria y equipos, el 34.8% dispone de tecnología de última generación, mientras que el 47.8% utiliza maquinaria funcional pero con más de tres años de adquisición. Se identificó una correlación moderada positiva ($r=0.56$, $p<0.01$) entre la infraestructura y el equipamiento, sugiriendo que las empresas con mejores instalaciones tienden a contar también con maquinaria más actualizada.

Para las empresas clasificadas como "Buenas" (26.1% del total), el modelo aplicado permitió identificar y prescribir acciones preparatorias especiales para mitigar las limitaciones detectadas, como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4. Acciones preparatorias especiales para empresas con nivel de idoneidad "Bueno".

Acción preparatoria	Descripción
Selección estratégica de estudiantes	Ubicar en la entidad estudiantes con experiencia previa en entidades formadoras óptimas
Sensibilización	Informar a los estudiantes sobre las condiciones de la entidad, enfatizando su rol como potenciales transformadores del estatus negativo
Fortalecimiento técnico previo	Reforzar capacidades técnicas específicas en los estudiantes seleccionados
Asignación de tutores experimentados	Designar tutores académicos con amplia experiencia y alta solvencia técnica
Seguimiento intensificado	Incrementar la frecuencia y profundidad del acompañamiento a las actividades prácticas

Se aplicó un análisis factorial exploratorio mediante el método de componentes principales con rotación ortogonal Varimax, a fin de identificar la estructura latente de las variables asociadas a la idoneidad de las empresas formadoras. De acuerdo con el criterio de eigenvalores mayores a uno (criterio de Kaiser), se extrajeron tres factores, los cuales explican conjuntamente el 74.3% de la varianza total.

La matriz de componentes rotados mostró cargas factoriales coherentes con la agrupación teórica propuesta, como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Matriz de componentes rotados del análisis factorial

Factor	Componente	Componente	Componente
	1	2	3
Infraestructura	0.342	0.781	0.217
Maquinaria y equipos	0.226	0.804	0.189
Disciplina laboral	0.763	0.386	0.174
Rigor técnico	0.792	0.311	0.192
Seguridad industrial	0.701	0.442	0.126
Orden y limpieza	0.745	0.293	0.183
Relaciones laborales	0.688	0.197	0.231
Accesibilidad a procesos	0.257	0.224	0.847

Estos resultados confirman la validez del constructo "idoneidad de empresas formadoras" como un concepto multidimensional que integra aspectos tecnológicos, culturales y pedagógicos, tal como fue propuesto en el modelo teórico inicial. La aplicación sistemática del modelo ha permitido identificar fortalezas y debilidades específicas en las empresas evaluadas, proporcionando una base objetiva para la toma de decisiones sobre su incorporación al programa de Formación Dual y las medidas preparatorias necesarias para optimizar la experiencia formativa de los estudiantes.

DISCUSIÓN

El método para la categorización de la idoneidad de empresas formadoras opera bajo los principios de la toma de decisiones multicriterio (MCDA), originalmente propuesto por Fine (1971) y posteriormente refinado por Keeney y Raiffa (1976). Las ecuaciones que lo componen muestran una notable vigencia y adaptabilidad, tanto de forma independiente como en combinación con otras herramientas, en una amplia variedad de contextos contemporáneos, caracterizados por su complejidad y necesidad de incorporar múltiples criterios y perspectivas de actores diversos. Su aplicación se ha extendido desde sectores tradicionales como el transporte (Manzolli et al., 2025) y la energía (Noshchenko et al., 2025), hasta ámbitos emergentes como la planificación participativa asistida por inteligencia artificial, lo que evidencia su capacidad para evolucionar y responder a desafíos actuales.

Cualitativamente el modelo se fundamenta en una estructura jerárquica. Esta estructura, coherente con la

formulación matemática presentada en el inciso anterior, se organiza en dos fases: calificación de los factores específicos dentro de cada categoría y la definición de la idoneidad global de la empresa formadora.

La evaluación de la idoneidad se llevó a cabo en la 23 empresas del sector textil y de confección ubicadas en diferentes cantones de la zona norte del Ecuador (Otavalo, Antonio Ante, Cotacachi, Ibarra, Cayambe y Quito). La distribución geográfica de las empresas evaluadas se concentra principalmente en Otavalo (39.1%), Antonio Ante (21.7%) y Cotacachi (17.4%), reflejando la tradición textil de estas localidades en la provincia de Imbabura. En cuanto a su actividad económica principal, el 65.2% de las empresas se dedica a la fabricación de prendas de vestir de diversos tipos, mientras que el 13% se especializa en confección a medida. El restante 21.8% se distribuye entre actividades de comercialización, fabricación de tejidos y otros procesos relacionados con la cadena de valor textil.

El análisis de la cultura de trabajo evidenció que el 34.8% de las empresas evaluadas presenta condiciones óptimas, el 39.1% condiciones buenas y el 26.1% condiciones básicas. La disciplina laboral mostró los mejores resultados, con un 47.8% de empresas que cuentan con sistemas internos formales que regulan las actividades productivas. El rigor técnico fue evaluado como óptimo en el 34.8% de las empresas, que cuentan con procesos productivos estandarizados y documentados.

La seguridad industrial emergió como el factor más débil, con solo el 21.7% de empresas en nivel óptimo y un preocupante 47.8% en nivel básico. En relación al orden y limpieza, el 39.1% alcanzó nivel óptimo, contando con procedimientos normados y personal específico para estas tareas. Las relaciones basadas en respeto y colaboración fueron valoradas positivamente, con un 39.1% de empresas en nivel óptimo y solo un 26.1% en nivel básico. El análisis de correlaciones reveló asociaciones significativas ($p < 0.05$) entre la disciplina laboral y el rigor técnico ($r = 0.72$), así como entre el orden/limpieza y la seguridad industrial ($r = 0.68$), sugiriendo la existencia de patrones organizacionales integrados.

La accesibilidad a procesos productivos requeridos en el perfil de egreso destacó como la categoría mejor evaluada, con un 65.2% de empresas alcanzando el nivel óptimo. Estas empresas permiten la participación directa del estudiante en los procesos productivos bajo supervisión

técnica adecuada, facilitando un aprendizaje experiencial alineado con las competencias del perfil profesional. El 34.8% restante se ubicó en el nivel bueno, donde el rol del estudiante es principalmente observacional, con participación limitada en la ejecución directa de procesos. Es notable que ninguna empresa fue clasificada en el nivel básico para esta categoría, lo que sugiere una disposición generalizada del sector textil para involucrar a los estudiantes en sus procesos productivos.

El análisis de conglomerados permitió identificar tres perfiles característicos de empresas formadoras. El Perfil A, denominado "Empresas integralmente óptimas" (39.1%), se caracteriza por puntuaciones altas en las tres categorías evaluadas (promedio > 2.5), combinando adecuada infraestructura y equipamiento con sólida cultura organizacional y amplia apertura a la participación estudiantil en procesos productivos. El Perfil B, "Empresas con fortaleza en accesibilidad" (34.8%), presenta puntuaciones moderadas en nivel tecnológico y cultura de trabajo (1.5-2.2), pero altas en accesibilidad a procesos productivos (> 2.5); su principal valor como entidades formadoras radica en la disposición para involucrar activamente a los estudiantes en los procesos productivos. El Perfil C, "Empresas con limitaciones múltiples" (26.1%), muestra puntuaciones moderadas o bajas en todas las categorías (1.0-1.8) y requiere acciones preparatorias especiales para garantizar una adecuada experiencia formativa.

CONCLUSIONES

La estructura trifactorial del modelo (nivel tecnológico, cultura de trabajo y accesibilidad a procesos productivos) demostró solidez conceptual y empírica, mediante análisis factorial exploratorio que confirmó estos tres componentes como dimensiones fundamentales de la idoneidad formativa empresarial.

La ponderación diferenciada de las categorías evaluativas, con mayor peso asignado a la accesibilidad a procesos productivos, refleja oportunamente la centralidad del aprendizaje experiencial en la formación tecnológica y se alinea con los planteamientos teóricos contemporáneos sobre educación vocacional.

La aplicación piloto del modelo evidenció su viabilidad operativa y capacidad discriminativa; el análisis de conglomerados reveló tres perfiles característicos de empresas formadoras: integralmente óptimas, con fortaleza en accesibilidad y con limitaciones múltiples, lo que proporciona una base tipológica útil para el diseño de estrategias diferenciadas de vinculación y acompañamiento.

La identificación de la seguridad industrial como el factor más débil en la cultura de trabajo de las empresas evaluadas señala un área crítica que requiere atención prioritaria en las políticas institucionales de vinculación con el sector productivo.

El enfoque integrado (cuantitativo-cualitativo) del modelo permite no solo clasificar a las empresas según su nivel de idoneidad, sino también prescribir acciones preparatorias específicas para aquellas con limitaciones identificadas, garantizando experiencias formativas adecuadas incluso en entornos subóptimos.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no declaran conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adel, A. (2024). The convergence of intelligent tutoring, robotics, and IoT in smart education for the transition from Industry 4.0 to 5.0. *Smart Cities*, 7(1), 325–369. <https://doi.org/10.3390/smartcities7010014>

Agrawal, T. (2013). Vocational education and training programs (VET): An Asian perspective. *Asia-Pacific Journal of Cooperative Education*, 14(1), 15-26.

Chum, Sandy, Aray, Carlos, Macías, Enrique, & Aray, César. (2017). PERTINENCIA DE LA FORMACIÓN TÉCNICA Y TECNOLÓGICA EN EL CAMPO OCUPACIONAL. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuSo)*, 2(3), 140-161. Epub 01 de diciembre de 2017. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v2i3.1056>

Co-making the future: Judges' insights on transdisciplinary creativity and global collaboration in the China-US young maker competition. (2024). *Frontiers in Education*, 9, Article 1295824. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1295824>

Faber, K., Corizzo, R., Sniezynski, B., & Japkowicz, N. (2024). Lifelong continual learning for anomaly detection: New challenges, perspectives, and insights. *IEEE Access*, 12, 41364–41380. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3377690>

Garlinska, M., Osial, M., Proniewska, K., & Pregowska,

A. (2023). The influence of emerging technologies on distance education. *Electronics*, 12(7), 1550. <https://doi.org/10.3390/electronics12071550>

Javaid, M., Haleem, A., & Suman, R. (2023). Digital Twin applications toward Industry 4.0: A review. *Cognitive Robotics*, 3, 71–92. <https://doi.org/10.1016/j.cogr.2023.04.003>

Leyva Vázquez, Maikel Yelandi, Maldonado Manzano, Rosa Leonor, España Herreria, Marcia Esther, & Molina Manzo, Alexandra Dolores. (2022). Retos y perspectivas de la formación profesional ecuatoriana. *Conrado*, 18(84), 262-270. Epub 10 de febrero de 2022. Recuperado en 21 de mayo de 2025, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000100262&lng=es&tlng=es.

Lu, Y., Zhai, G., & Zhai, W. (2024). Quantifying urban spatial resilience using multi-criteria decision analysis (MCDA) and back propagation neural network (BPNN). *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 111, 104694. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104694>

Manzoli, J. A., Yu, J., & Miranda-Moreno, L. (2025). Synthetic multi-criteria decision analysis (S-MCDA): A new framework for participatory transportation planning. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 31, 101463. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101463>

McGrath, S. (2012). Vocational education and training for development: A policy in need of a theory? *International Journal of Educational Development*, 32(5), 623-631. <https://doi.org/10.1016/j.ijeducdev.2011.12.001>

Noshchenko, O., Hagspiel, V., & Deshpande, P. C. (2025). Assessing the sustainability of offshore platform power supply alternatives using Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA): A case study of Norway. *Science of The Total Environment*, 973, 179053. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179053>

Ponce-Ceballos, Salvador, Castellanos-Ramírez, Juan-Carlos, & Aviña-Camacho, Isaac. (2024). Formación universitaria a través de prácticas situadas en ambientes reales. *Revista iberoamericana de educación superior*, 15(42), 56-77. Epub 29

de noviembre de 2024. <https://doi.org/10.22201/ii-sue.20072872e.2024.42.1663>

Ram, P., Toshali, T., & Santhosh, S. (2024). Skilling in the informal economy in India: Identifying and addressing inequities in designing and delivering life-long learning opportunities. *Journal of Continuing Higher Education*. <https://doi.org/10.1080/07377363.2024.2322768>

Rodríguez Díaz Jorge Luis, Cabrera Olvera Jorge León, Muñoz Guanga Alisson Patricia. El éxito de las Prácticas pre-profesionales: ¿De qué depende?. *Rev haban cienc méd* [Internet]. 2022 Abr [citado 2025 Mayo 21] ; 21(2): . Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2022000200015&lng=es. Epub 10-Mayo-2022.

Srivastava, A. K., Logar, B., Sanghvi, S., Vaghela, A., & Adwani, M. (2025). Vocational training and employability: A study in reference to skill development program from Gujarat, India. *Evaluation and Program Planning*, 110, 102554. <https://doi.org/10.1016/j.evalproplan.2025.102554>

Solís Sierra, Marlene N., & Duarte Morante, Pedro L. (2018). La educación superior tecnológica y la empleabilidad. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(3), 21-33. Epub 02 de junio de 2018. Recuperado en 18 de noviembre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202018000300021&lng=es&tlng=es

Solórzano Palacios, Leicy, Meza Cruz, Blanca, Menéndez López, Jorge, & Aguayo Macías, Ángel. (2019). La investigación aplicada a la educación técnica y tecnológica superior. *Revista de Ciencias Humanísticas y Sociales (ReHuSo)*, 4(3), 95-103. Epub 03 de diciembre de 2019. <https://doi.org/10.33936/rehuso.v4i3.2011>

Twyford, K., Crump, S., & Anderson, A. (2014). Satellite lessons: Vocational education and training for isolated communities. *Rural Society*, 19(2), 127-135. <https://doi.org/10.5172/rsj.19.2.127>

Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M., & Fuso Nerini, F. (2020). The role of

artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11, Article 233. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>

Wang, M., Zheng, Y. F., Ma, S. J., & Lu, J. (2024). Does higher vocational education matter for rural revitalization? Evidence from China. *Humanities & Social Sciences Communications*, 11(1), Article 963. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03471-x>

Zuo, H., Zhang, M., & Huang, W. (2025). Lifelong learning in vocational education: A game-theoretical exploration of innovation, entrepreneurial spirit, and strategic challenges. *Journal of Innovation & Knowledge*, 10(3), 100694. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100694>