



Estrategia de capacitación en gestión de proyectos mediante entornos tipo *Learning Factory* para el desarrollo de competencias en transformación digital, orientada a reducir la falta de talento especializado en Ingeniería universitaria en México (2025).

## **TESIS DOCTORAL**

que para obtener el Grado de Ph.D.

**DOCTOR EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

PRESENTA

**Gabriela Guadalupe Reyes Zárate**

ASESOR

**Edgar Alirio Aguirre Buenventura**

México, 2025

La presente Tesis Doctoral debe ser citada como:

Reyes Zárate, Gabriela G. (2025). *“Estrategia de capacitación en gestión de proyectos mediante entornos tipo Learning Factory para el desarrollo de competencias en transformación digital, orientada a reducir la falta de talento especializado en Ingeniería universitaria en México (2025)”*. Tesis de doctorado. Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX.



Esta obra está bajo una

[Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Se permite la reproducción total o parcial y la comunicación pública de la obra con reconocimiento de la autoría y mención de la Universidad de Investigación e Innovación de México - UIIX.

No se permite el uso comercial ni la creación de obras derivadas.

## **RESUMEN.**

Con la llegada de la industria 4.0 se requirieron nuevas tecnologías en algunas empresas para la automatización, analítica de datos, y la conectividad. Además, el contexto de la pandemia COVID-19 aceleró la transformación digital. Esta situación se intensifica cuando las empresas tienen un entorno volátil incierto complejo y ambiguo. Se encontró el problema de la brecha entre las competencias desarrolladas por los estudiantes y las que requiere el sector empresarial. Así también las instituciones de educación superior se enfrentan con el reto de que existe una falta de integración de competencias tecnológicas y no tecnológicas en contextos reales de los programas universitarios. El objetivo general de este trabajo de investigación consistió en proponer una estrategia de capacitación para fortalecer el desarrollo de competencias por medio de una gestión de proyectos basada en metodologías ágiles y con aprendizaje experiencial. La hipótesis plantea que esta propuesta de una estrategia de capacitación mejora significativamente el nivel de competencia vinculadas con la transformación digital. La metodología que se utilizó incluyó la revisión teórica, la aplicación de instrumentos validados con la implementación de la propuesta de *Learning Factory* (fábrica de aprendizaje) con un análisis cuantitativo, transversal y correlacional. Se llegó a la conclusión de que la propuesta utilizada en la investigación tuvo un incremento en el dominio de competencias tecnológicas y no tecnológicas además de que mejoró la autopercepción de habilidades en gestión de proyectos y esto conlleva a la evidencia de una reducción de brecha de talento especializado.

Palabras clave: *Transformación digital, competencias profesionales, Learning Factory, gestión de proyectos.*

## ABSTRACT

With the advent of Industry 4.0, new technologies became necessary in many companies for automation, data analytics, and connectivity. Furthermore, the COVID-19 pandemic accelerated digital transformation processes. This situation intensifies when organizations operate in volatile, uncertain, complex, and ambiguous environments. A gap was identified between the competencies developed by students and those required by the business sector. Likewise, higher education institutions face the challenge of insufficient integration of technological and non-technological competencies in real contexts within university programs. The general objective of this research was to propose a training strategy aimed at strengthening competency development through project management based on agile methodologies and experiential learning. The hypothesis states that this proposed training strategy significantly improves the level of competencies related to digital transformation. The methodology included theoretical review, application of validated instruments, implementation of a *Learning Factory* based intervention, quantitative, cross-sectional, and correlational analysis. It was concluded that the strategy applied in the study led to an increase in both technological and non-technological competency levels, as well as an improvement in self-perceived project management skills, providing evidence of a reduction in the specialized talent gap.

**Keywords:** *Digital transformation, professional competencies, Learning Factory, project management.*

## **Agradecimientos.**

Agradezco al Dr. Edgar Alirio Aguirre Buenaventura por su valiosa orientación, paciencia y compromiso como asesor durante el desarrollo de esta tesis. Su acompañamiento constante, sus observaciones y su apoyo académico y humano fueron fundamentales para la culminación de este trabajo. Ha sido un privilegio contar con su guía.

Agradezco a la Universidad de Investigación e Innovación de México (UIIX) por brindarme el espacio académico y formativo que hizo posible la realización de esta tesis. Esta institución me permitió desarrollar una visión crítica, ética y profesional del conocimiento, y me ofreció las herramientas necesarias para crecer como investigadora. Mi reconocimiento a los profesores que me acompañaron a lo largo de este proceso.

A los profesores que participaron en el estudio de la universidad seleccionada, a los estudiantes que contestaron las encuestas después de las semanas de trabajo en los proyectos y a los doctores que me apoyaron en su retroalimentación para el segundo instrumento diseñado, a ustedes mi más sincero agradecimiento.

## **Dedicatorias**

Esta tesis representa una parte muy importante de mi desarrollo profesional y personal. La dedico y agradezco en primer lugar a Dios, por la vida que me ha dado y por todas sus bendiciones recibidas.

Agradezco y dedico esta tesis con todo mi corazón a mi papá Alfonso, hasta el cielo. Siempre recordaré tus palabras: “Llega hasta donde quieras”. Este logro es también tuyo. A mi mamá Lupita, gracias por el hermoso ejemplo de fortaleza, de fe en Dios y de amor por la vida. Tu presencia ha sido una guía constante en mi camino.

Dedico esta tesis con todo mi amor a mi esposo Arturo, gracias por todo tu cariño y acompañamiento en los momentos que tuve, gracias por tus palabras para seguir adelante, con tu ejemplo de lograr un doctorado, como tú lo hiciste.

A mis tres hijos, Erick, Marcos y Pablo. Ustedes han sido el motor que me impulsa día a día y la razón por la que nuestro hogar es un lugar lleno de amor. Siempre estaré inmensamente agradecida por cada momento compartido con ustedes.

Dedico esta tesis a mis hermanos Adri, Juan Carlos, Alejandro y Alfonso, gracias por todo su cariño.

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
Capítulo 1. Proyección de la investigación .....	4
1.1. Línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y sus ámbitos de estudio.....	4
1.2. Planteamiento del problema.....	5
1.3. Formulación del problema - Pregunta de Investigación.....	7
1.4. Justificación. ....	7
1.5. Objeto de estudio.....	9
1.6. Campo de acción. ....	9
1.7. Objetivos.....	10
1.7.1 Objetivo general .....	10
1.7.2. Objetivos específicos.....	10
1.8 Hipótesis .....	10
1.9. Alcance temático.....	11
1.9.1 Limitaciones de estudio .....	12
1.10. Delimitación Espacial y Temporal.....	12
1.10.1 Delimitación espacial.....	12
1.10.2 Delimitación temporal .....	13
Capítulo 2. Fundamentos Teóricos Referenciales .....	14
2.1. Estado del arte.....	14

2.1.1	Habilidades clave de los empleadores a nivel mundial .....	15
2.1.2	Competencias .....	17
2.1.3	Revisión de estudios recientes sobre competencias y formación en ingeniería .....	22
2.2.	Marco Teórico.....	31
2.2.1.	Transformación digital e Industria 4.0.....	31
2.2.2.	Industria 5.0 .....	33
2.2.3.	Learning Factory .....	34
2.2.4.	Teoría del Aprendizaje experiencial.....	36
2.2.5.	Metodología ágil.....	41
2.3.	Marco conceptual .....	42
2.3.1.	Capacitación.....	43
2.3.2.	Gestión de proyectos .....	44
2.3.3.	Transformación digital I4.0 / I5.0 .....	45
2.3.4.	Integración de enfoques formativos para el desarrollo de competencias en ingeniería .....	46
2.4.	Marco contextual.....	49
2.4.1.	Contexto internacional.....	49
2.4.2.	Contexto nacional.....	50
2.4.3.	Contexto de universidades en Puebla .....	50
2.4.4.	Contexto en la Universidad del estudio .....	51

2.5. Marco normativo y legal.....	53
2.5.1 Normativa nacional en educación superior.....	53
2.5.2 Referentes internacionales en transformación digital educativa.....	54
2.5.3 Estándar internacional ISA-95 en Learning Factories para la Transformación Digital.....	54
CAPÍTULO 3 Fundamentos metodológicos y resultados de la investigación.....	57
3.1 Cuadro operacionalización de variables.....	57
3.2 Diseño metodológico.....	59
3.2.1 Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis .....	59
3.2.2 Definición de métodos, técnicas e instrumento de obtención de datos .....	60
3.2.3 Desarrollo del instrumento de obtención de datos .....	61
3.2.4 Determinación de la muestra y su criterio de selección .....	67
3.3 Trabajo de campo.....	68
3.3.1. Aplicación de los instrumentos .....	69
3.3.2. Procesamiento de la información .....	72
3.4. Análisis de los resultados en datos obtenidos.....	75
3.4.1 Estadística descriptiva de las competencias evaluadas.....	76
3.4.2 Análisis inferencial.....	81
3.5 Redacción de resultados y discusión.....	86
Capítulo 4: Propuesta de transformación .....	89
4.1 Fundamentación de la propuesta de transformación.....	89

4.2. Descripción de la propuesta de transformación .....	91
4.3 Objetivos de la propuesta .....	93
4.3.1 Objetivo general .....	93
4.3.2 Objetivos específicos .....	93
4.4. Actividades, fases y etapas .....	93
4.5 Recursos necesarios para la aplicación de la propuesta .....	96
4.6 Resultados.....	99
4.7 Valoración de la propuesta de transformación a partir de los resultados obtenidos .....	105
4.7.1 Verificación estadística.....	106
4.7.2 Análisis de correlación entre competencias .....	107
4.7.3 Evidencia cualitativa complementaria.....	109
4.8 Producto derivado de la investigación.....	112
CONCLUSIONES .....	113
RECOMENDACIONES .....	116
REFERENCIAS .....	119
APENDICE A – Artículo Talent <i>Guía de trabajo para el uso del Robot Móvil autónomo</i> Development and retention in Industry 4.0.....	133
APENDICE B – Artículo Digital Transformation in Higher Education .....	142
APENDICE C – Reconocimiento por presentación de artículo.....	147
ANEXO 1 – Instrumento 1.....	148
ANEXO 2 – Instrumento 2.....	151

ANEXO 3 - Planificación de la parte empírica de la investigación .....	154
ANEXO 4 - Resultado Alfa de Cronbach para instrumento 1 .....	155
ANEXO 5 Resultado $\rho$ rho de Spearman para instrumento 1 .....	156
ANEXO 6 - Resultado Alfa de Cronbach para segundo instrumento .....	157
ANEXO 7 Resultado $\rho$ rho de Spearman para instrumento 2.....	158
ANEXO 8 - Validación de la encuesta por expertos .....	159

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Brecha de habilidades como principal reto y las necesidades de capacitación hacia 2030</i>	6
<b>Figura 2</b> <i>Relación hipotética entre estrategia de capacitación y desarrollo de competencias</i>	11
<b>Figura 3</b> <i>Matriz de co-ocurrencia entre los temas de la literatura revisada</i>	28
<b>Figura 4</b> <i>Componentes clave de la Industria 4.0</i>	32
<b>Figura 5</b> <i>Modelo de aprendizaje experiencial de Kolb</i>	38
<b>Figura 6</b> <i>Equipos disponibles en 2022 utilizados en prácticas individuales de manufactura en el laboratorio</i>	52
<b>Figura 7</b> <i>Niveles de integración de sistemas según la norma ISA-95</i>	55
<b>Figura 8</b> <i>Fases del análisis estadístico de datos para la validación del instrumento y prueba de hipótesis</i>	73
<b>Figura 9</b> <i>Distribución de frecuencias por niveles de desarrollo en competencias digitales para la transformación digital</i>	79
<b>Figura 10</b> <i>Prevalencia de competencias digitales en estudiantes de Ingeniería Industrial.</i>	80
<b>Figura 11</b> <i>Resultados del estudio de correlación de competencias</i>	84
<b>Figura 12</b> <i>Interrelación entre competencias digitales basado en la correlación <math>\rho</math> rho de Spearman</i>	86
<b>Figura 13</b> <i>Estrategia de capacitación en competencias digitales e industriales a través de Learning Factory</i>	90
<b>Figura 14</b> <i>Rediseño de estación de trabajo con enfoque 4.0/5.0 en la Learning Factory</i>	96
<b>Figura 15</b> <i>Guía de trabajo para el uso del Robot Móvil autónomo</i>	97
<b>Figura 16</b> <i>Gráfica de barras de frecuencia de respuestas Likert con la experiencia Learning Factory</i>	103
<b>Figura 17</b> <i>Gráfica de barras de frecuencia de los indicadores de logro de competencias con la experiencia Learning Factory</i>	104
<b>Figura 18</b> <i>Gráfica de prevalencia del instrumento para Learning Factory</i>	105

<b>Figura 19</b> <i>Resultados de la correlación de los trece indicadores de nivel de logro</i>	108
<b>Figura 20</b> <i>Nube de palabras de experiencias en Learning Factory</i>	110
<b>Figura 21</b> <i>Equipos tecnológicos actuales para simulación de entornos diseñados por estudiantes en la Learning Factory</i>	111

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Comparación de las habilidades clave para el trabajo según el Foro Económico Mundial: Reportes 2023 y 2025</i>	16
<b>Tabla 2</b> <i>Comparativo de competencias requeridas para la Industria 4.0 según Hernández-de-Menendez y Kipper</i>	19
<b>Tabla 3</b> <i>Síntesis de competencias compartidas en estudios de la revisión anterior sobre Industria 4.0</i>	20
<b>Tabla 4</b> <i>Comparación entre las habilidades clave identificadas por el World Economic Forum (2025) y las competencias vinculadas a la Industria 4.0</i>	21
<b>Tabla 5</b> <i>Resumen de artículos investigados y características analizadas</i>	25
<b>Tabla 6</b> <i>Operacionalización de variables</i>	58
<b>Tabla 7</b> <i>Comparación entre las dimensiones de competencias digitales del marco común europeo y las habilidades seleccionadas para el estudio de tesis</i>	64
<b>Tabla 8</b> <i>Enunciados del segundo instrumento y tipo de competencia</i>	66
<b>Tabla 9</b> <i>Indicadores del instrumento 2 clasificados por dimensiones en la Learning Factory</i>	71
<b>Tabla 10</b> <i>Estadística descriptiva de competencias digitales en estudiantes de ingeniería en 62 estudiantes</i>	76
<b>Tabla 11</b> <i>Frecuencia y porcentaje de niveles de dominio por competencia digital en estudiantes de Ingeniería Industrial</i>	77
<b>Tabla 12</b> <i>Prueba de normalidad con Kolmogorov-Smirnov</i>	82
<b>Tabla 13</b> <i>Modelo de implementación de la estrategia de capacitación basada en Learning Factory</i>	94
<b>Tabla 14</b> <i>Estadística descriptiva de competencias de la Learning Factory en estudiantes de ingeniería</i>	99
<b>Tabla 15</b> <i>Frecuencia y distribución porcentual de niveles de logro en competencias digitales</i>	101

**Tabla 16** *Resultados de la prueba de normalidad para los datos del estudio Learning Factory*

106

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se contextualiza con los cambios acelerados del futuro en el trabajo, como lo señala el Foro Económico Mundial (WEF) en sus reportes sobre las tendencias globales del empleo que se incluyen en el fundamento teórico. La denominada Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0 o I4.0) está modificando la estructura laboral al generar nuevas ocupaciones y competencias. De acuerdo con Ileana Páez-Gabriunas (Páez-Gabriunas, 2022), para el logro de la transformación digital con las operaciones en la organización se requieren ciertas competencias tecnológicas como la alfabetización digital y las no tecnológicas como el liderazgo comunicación, trabajo en equipo. En este contexto, el desarrollo y adquisición de competencias digitales es relevante para los empleos actuales y para los emergentes. Estas competencias incluyen desde el manejo de herramientas básicas de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) hasta la capacidad de evaluar la información digital y tener colaboración de manera virtual.

La Industria 4.0 ofrece oportunidades para responder a las demandas del mercado, además de nuevos requisitos de las personas. Ahora se requiere que los profesionales no solo dominen herramientas digitales y automatizadas, sino también desarrollen competencias. Según WEF 2025 (World Economic Forum, 2025), las habilidades de IA y Big Data, resiliencia, flexibilidad y agilidad, pensamiento analítico y creativo, además del liderazgo y la influencia social, tendrán una importancia relevante en los próximos años. Por esta razón la gestión del desarrollo del capital humano se vuelve un factor estratégico para asegurar la innovación en los procesos industriales. Los pedidos de producción han aumentado y las empresas utilizan nuevos enfoques para planificar y controlar la producción con tecnologías de fabricación flexibles (Fragapane et al., 2022). Esta transición busca proporcionar un proceso continuo, no sólo de búsqueda de talentos sino de la creación de talentos por medio de la formación y conocimientos según se requiera en el proceso tecnológico (Stopochkin et al., 2022).

De acuerdo con Montero y otros investigadores (Montero Guerra et al., 2023) en las empresas, la transformación digital tiene un conjunto de cambios sustanciales en toda la organización. En un estudio que analiza la influencia de la transformación digital en

los procesos de gestión del talento, se encontraron que los cambios organizativos provocados por la transformación digital influyen en la gestión del talento, en la atracción y retención de este.

Existen cada vez más procesos que proporcionan datos en tiempo real para la toma de decisiones que buscan la eficiencia de las organizaciones y que incluyen diseño de estaciones de trabajo de colaboración de personas y robots en entornos industriales (Simões et al., 2022). Debido a los cambios acelerados de los últimos años, los directivos empezaron a orientarse hacia la transformación digital de sus procesos (Cimini et al., 2020) no solo cuestionándose cómo ofrecer nuevos productos y servicios innovadores con un mayor valor añadido; sino más bien sobre cómo integrar los factores y capacidades humanas (cognitivos, físicos, sensoriales y dinámicas de equipo) en un sistema de producción o servicio. Debido a la situación por pandemia COVID-19, las estrategias de digitalización aceleraron nuevos procesos y herramientas en muchas empresas, con esto, los autores Vázquez y Sunyer recomiendan profundizar en el estudio de los factores asociados a la digitalización que están influyendo o pueden influir en la gestión global del talento (Vázquez & Sunyer, 2021). La industria manufacturera impacta de manera importante en la economía y por ello es importante que se comprendan las características de la Industria 4.0 Así también la formación al personal operario y los programas de desarrollo permanente son importantes para ayudar a las nuevas exigencias del trabajo en el desarrollo de competencias básicas. En transformación digital todavía existe incertidumbre y un entendimiento difuso con respecto a la forma de aplicar la filosofía de la Industria 4.0 (Oztemel & Gursev, 2020).

En este marco, la educación en ingeniería enfrenta el desafío de actualizar sus modelos formativos para responder a las demandas de un entorno productivo digitalizado, complejo y en constante cambio. Por ello, el propósito central de la investigación es analizar y validar una estrategia formativa orientada al desarrollo de competencias para la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial. El estudio se desarrolla en el contexto de una universidad privada en México y se centra en estudiantes de Ingeniería Industrial, lo que delimita su alcance empírico y permite

analizar el fenómeno en un entorno académico específico. El contenido de esta tesis se organiza en cuatro capítulos principales además de la introducción:

El primer capítulo presenta la proyección de la investigación, la línea de investigación institucional, el planteamiento y formulación del problema, la justificación, el objeto de estudio, campo de acción, los objetivos, la hipótesis, el alcance y las delimitaciones del estudio.

En el segundo capítulo se presentan los fundamentos teóricos referenciales, con el estado del arte, se construye el marco teórico, conceptual y contextual, además se incorporan las bases normativas que sustentan la investigación.

El tercer capítulo presenta los fundamentos metodológicos y resultados de la investigación, describe la operacionalización de variables, el diseño metodológico, el trabajo de campo y el análisis de los resultados obtenidos.

El cuarto capítulo incluye la propuesta de transformación, expone la fundamentación, estructura, valoración, evaluación y validación de la propuesta planteada. Finalmente, se presentan las conclusiones, donde se sintetizan los hallazgos más relevantes y su contribución al desarrollo de competencias para la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial y las recomendaciones.

## **Capítulo 1. Proyección de la investigación**

El presente trabajo de investigación surge como una respuesta a los retos que enfrenta el sector industrial nacional. En la actualidad, las empresas mexicanas se encuentran en la necesidad de innovar e incorporar tecnologías digitales avanzadas para mantenerse competitivas en un mercado globalizado y dinámico. En este contexto, las competencias relacionadas con la gestión de proyectos son fundamentales por su capacidad de coordinar tecnologías emergentes con procesos de cambios en la organización. No sólo se requiere formar ingenieros que dominen herramientas digitales; sino también que puedan liderar proyectos en entornos inciertos, colaborativos y orientados a la transformación digital. A partir de esta comprensión, se desarrolla el planeamiento del problema, con la descripción, formulación del problema y la pregunta de investigación. Posteriormente la justificación, el objeto de estudio, así como los objetivos, la hipótesis y variables. Finalmente, con base en la información se describe el alcance, limitaciones y delimitaciones.

### **1.1. Línea de investigación de la Universidad de Innovación e Investigación de México y sus ámbitos de estudio.**

La línea de investigación seleccionada para el desarrollo de esta tesis corresponde al área de *Ingeniería*, específicamente dentro del eje temático promovido por la Universidad de Innovación e Investigación de México. En este marco, el enfoque se sitúa en el *Desarrollo de metodologías orientadas a fortalecer los procesos de ingeniería en la industria*, con énfasis en la mejora de la eficiencia, la innovación tecnológica y la adaptación a los nuevos contextos productivos.

## 1.2. Planteamiento del problema

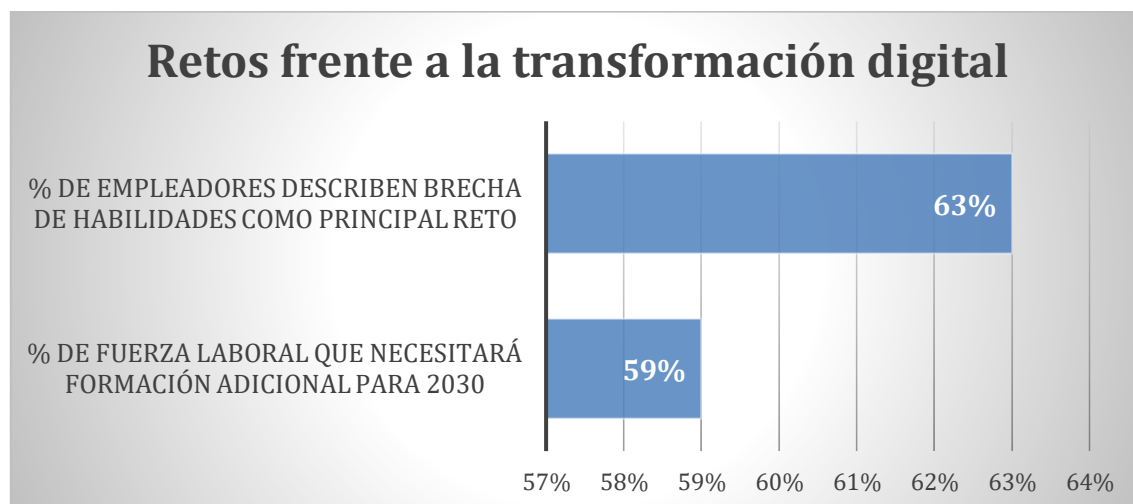
La industria manufacturera en México es uno de los componentes clave de la economía nacional, representando aproximadamente el 20% del PIB. Durante 2023, este sector atrajo inversión extranjera directa, particularmente en la industria automotriz, donde operan 20 plantas armadoras, 10 plantas de motores y 7 plantas de transmisión (Frontier Industrial and Logistics, 2025). Con la pandemia por COVID-19 hubo una suspensión parcial de actividades productivas, pero también aceleró la adopción de esquemas digitales y nuevos modelos de organización, lo que profundizó la necesidad de actualización tecnológica y capacitación en múltiples sectores productivos (Statista, 2024).

La transformación digital generó cambios en los procesos industriales y en las competencias requeridas a los profesionales de la ingeniería. Entre las habilidades técnicas se incluyen el análisis de datos, la programación de sistemas automatizados, la comprensión de arquitecturas ciberfísicas y el uso eficiente de herramientas digitales colaborativas (Hecklau et al., 2016). A ello se suma la visión de la Industria 5.0, que coloca a la persona en el centro y demanda competencias transversales como liderazgo, comunicación, flexibilidad, colaboración y pensamiento creativo. En este contexto, las universidades asumen un papel estratégico en la formación del talento que requiere la industria.

No obstante, las empresas reportan una escasez de talento especializado en competencias digitales, lo que limita la implementación de tecnologías avanzadas y la capacidad de respuesta ante cambios disruptivos (World Economic Forum, 2025). Como se observa en la Figura 1, la brecha de habilidades constituye el principal reto para los empleadores (63%), y un 59% de la fuerza laboral necesitará formación adicional hacia 2030.

## Figura 1

*Brecha de habilidades como principal reto y necesidades de capacitación hacia 2030*



*Nota: Elaboración propia, información obtenida de WEF (World Economic Forum, 2025)*

Al mismo tiempo, este proceso ocurre en un entorno caracterizado por volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad (VUCA), lo que exige profesionales capaces de gestionar la incertidumbre, resolver problemas complejos y adaptarse a condiciones cambiantes.

En las universidades se presenta la brecha entre las competencias que actualmente desarrollan los estudiantes de Ingeniería Industrial y las habilidades tecnológicas y no tecnológicas que demanda el sector productivo. Aunque los programas académicos han incluido contenidos en sus materias acerca de automatización y digitalización, existe una falta de experiencias prácticas integradas como se describirá en el siguiente capítulo.

Además, las instituciones de educación superior (IES) en México enfrentan el reto de actualizar sus procesos formativos para responder a esta demanda, particularmente en universidades privadas donde existe una estrecha vinculación con el sector industrial. Esta carencia constituye el problema central de la presente

investigación. Para abordar esta problemática, la investigación propone el diseño y validación de una estrategia formativa orientada al desarrollo de dichas competencias.

### **1.3. Formulación del problema - Pregunta de Investigación.**

El panorama anterior describe que la transformación digital no solo está modificando los procesos industriales, sino también las competencias que las universidades deben desarrollar para responder a las demandas del sector productivo. Esta situación adquiere especial relevancia en instituciones educativas que mantienen una estrecha vinculación con empresas que avanzan hacia modelos productivos basados en Industria 4.0 e Industria 5.0. La brecha entre las habilidades requeridas por la industria y aquellas que los estudiantes logran durante su formación es un desafío sobre la pertinencia de los programas educativos de Ingeniería Industrial, carrera que constituye el tema de esta tesis. Una región industrial con presencia de empresas automotrices, de manufactura avanzada y de tecnologías emergentes está en Puebla, México. La situación actual tiene cambios tecnológicos y organizacionales que se producen con rapidez y exigen profesionales capaces de adaptarse, resolver problemas complejos y aprender de manera continua. Con ello se plantea la siguiente pregunta de investigación:

*¿Cómo contribuir a fortalecer el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital, en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad privada para la reducción de la brecha de talento especializado en Puebla, México?*

### **1.4. Justificación.**

La educación universitaria enfrenta actualmente el reto de responder de manera efectiva a las necesidades reales del entorno profesional, particularmente en sectores impactados por la transformación digital. Aunque los planes de estudio han incorporado contenidos relacionados con nuevas tecnologías, existe una brecha entre los

conocimientos adquiridos en el aula y las competencias que demanda la industria, especialmente en un contexto caracterizado por volatilidad, complejidad e incertidumbre.

Desde el enfoque teórico, esta investigación contribuye a ampliar la comprensión sobre cómo pueden desarrollarse competencias en entornos educativos universitarios, un enfoque poco explorado en el contexto mexicano. Su aporte consiste en profundizar en los elementos que permiten articular habilidades relevantes para la Industria 4.0 y 5.0.

En el enfoque práctico, esta investigación ofrece el desarrollo de competencias que puede implementarse en universidades para reducir la brecha entre la formación y lo que necesita el mercado laboral. La evidencia muestra que los empleadores requieren profesionales capaces de programar, analizar datos, colaborar en entornos digitales y gestionar proyectos complejos. Algunos valores de tasas de escasez de talento en México son de 68% en áreas de TI y 66% en manufactura (*Escases de Talento En México, 2022*) y esto evidencia la necesidad de propuestas aplicadas que fortalezcan el perfil de los futuros ingenieros.

Desde la dimensión social, la propuesta busca impactar directamente a estudiantes para el fortalecimiento de competencias digitales. Tendrá también un impacto al sector productivo y a la sociedad. La formación de ingenieros preparados impulsa la innovación, mejora la productividad y contribuye al desarrollo económico del país, además de favorecer el acceso de los jóvenes a empleos de mayor calidad.

Desde el punto de vista metodológico, esta investigación da un enfoque cuantitativo sustentado en el análisis estadístico, orientado a evaluar y validar una estrategia de capacitación para el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial. El uso de instrumentos estructurados y técnicas estadísticas permite generar evidencia empírica objetiva, así como proponer un procedimiento metodológico replicable para futuras investigaciones en el ámbito de la educación superior.

### **1.5. Objeto de estudio.**

El objeto de estudio de esta investigación es el desarrollo de competencias para la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial. Dichas competencias comprenden conocimientos técnicos digitales requeridos para desempeñarse en entornos industriales caracterizados por cambios tecnológicos acelerados y alta complejidad.

Este objeto de estudio se da en el contexto de la educación superior en ingeniería industrial, particularmente en universidades ubicadas en Puebla, México, donde existe la necesidad de fortalecer la preparación del talento especializado para responder a los retos de la Industria 4.0 y 5.0.

### **1.6. Campo de acción.**

El campo de acción de esta investigación se delimita en el fortalecimiento del desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad privada ubicada en el estado de Puebla, México enfocando el estudio en los procesos formativos asociados a la gestión de proyectos en contextos industriales caracterizados por una acelerada transformación tecnológica. En relación con los principios éticos de la investigación educativa y a los acuerdos de confidencialidad establecidos, la identidad de la universidad participante se mantiene reservada.

## 1.7. Objetivos

### 1.7.1 Objetivo general

Proponer una estrategia de capacitación en gestión de proyectos, mediante entornos tipo *Learning Factory* (fábrica de aprendizaje), que permita fortalecer el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital, en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad privada para la reducción de la brecha de talento especializado en Puebla.

### 1.7.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos para fortalecer el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital, en estudiantes de Ingeniería Industrial y la reducción de la brecha de talento especializado.
- b) Diseñar una estrategia de capacitación para estudiantes basada en gestión de proyectos mediante entornos tipo *Learning Factory* para fortalecer el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital
- c) Comprobar empíricamente la estrategia con estudiantes de Ingeniería Industrial en una universidad privada en Puebla, México

## 1.8 Hipótesis

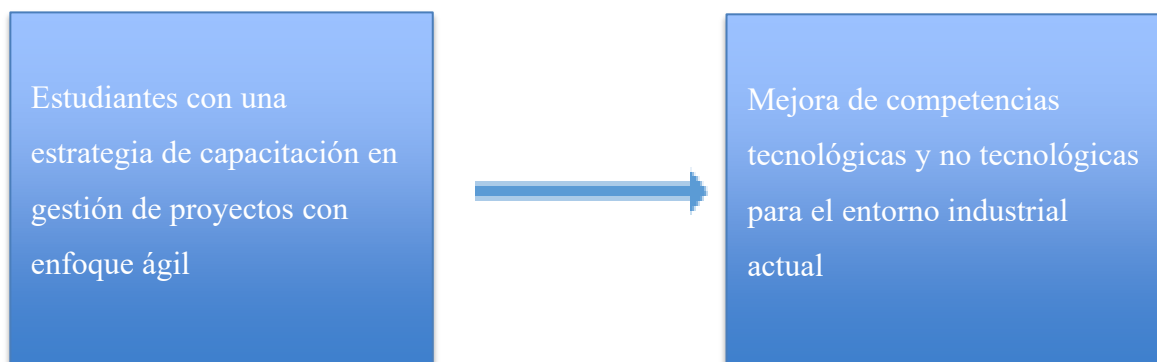
Para esta investigación la descripción de la hipótesis es la siguiente:

**La propuesta de una estrategia de capacitación en gestión de proyectos con enfoque ágil, desarrollada en un entorno tipo *Learning Factory*, mejora significativamente el nivel de competencias vinculadas con la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad privada de Puebla.**

La hipótesis de esta investigación se representa gráficamente en la Figura 2 en la que se plantea una dirección entre la variable independiente y la dependiente.

## Figura 2

*Relación hipotética entre estrategia de capacitación y desarrollo de competencias.*



*Fuente: Elaboración propia*

### 1.9. Alcance temático

El presente trabajo de investigación establece su alcance teórico, metodológico y práctico. En el alcance teórico, la investigación se centra en el análisis de conceptos y modelos relacionados con la gestión de proyectos, la transformación digital en el marco de la Industria 4.0 y 5.0, el enfoque de *Learning Factory* como modelo educativo y el desarrollo de competencias tecnológicas y no tecnológicas requeridas para la empleabilidad en contextos industriales contemporáneos, así como la consideración de entornos VUCA como marco de referencia del contexto actual.

Para el alcance metodológico, el estudio se limita al análisis de la relación entre el desarrollo de competencias y la gestión de proyectos en un contexto educativo universitario, a través de un diseño de investigación aplicado, utilizando instrumentos de

recolección de datos que permiten obtener evidencia empírica sobre el fenómeno estudiado.

En relación con el alcance práctico, esta investigación está dirigida a la educación superior, específicamente a programas de Ingeniería Industrial en una universidad privada de Puebla, México, considerando la aplicación de una estrategia de capacitación en entornos educativos con simulación de procesos industriales.

### ***1.9.1 Limitaciones de estudio***

El presente estudio se centra en el desarrollo de competencias tecnológicas y no tecnológicas desde el ámbito formativo, por lo que no se incluyen aspectos financieros, administrativos o legales asociados a la implementación de la propuesta. Asimismo, la investigación se realizó en el contexto de una universidad privada de Puebla, México, lo que limita la generalización directa de los resultados a otros contextos educativos como las universidades públicas. Finalmente, el análisis se basa en instrumentos de autoevaluación aplicados en un periodo académico específico, por lo que los resultados reflejan la percepción de los estudiantes en el corto plazo sin evaluar el impacto de la estrategia de capacitación al egresar.

## **1.10. Delimitación Espacial y Temporal**

### ***1.10.1 Delimitación espacial***

La presente investigación se desarrollará en una universidad privada ubicada en la ciudad de Puebla, México, específicamente dentro del programa académico de Ingeniería Industrial. El estudio se llevará a cabo en el laboratorio de Ingeniería Industrial, espacio en el que se utilizan tecnologías asociadas a la Industria 4.0 y 5.0, tales como sistemas de pesaje inteligentes, sensores, cobots y una plataforma ERP. En algunos proyectos el estudio se llevará a cabo en el salón de clases cuando la empresa en la que se realizará el proyecto comparta información digital y sólo se requiera el uso de computadoras personales. La investigación se centrará en proyectos académicos con aplicación digital o tecnológica, desarrollados con datos reales proporcionados por

empresas colaboradoras o mediante entornos de simulación dentro del propio laboratorio universitario.

### ***1.10.2 Delimitación temporal***

La investigación se desarrolló durante los años 2023, 2024 y 2025, abarcando las fases de diseño metodológico, aplicación de instrumentos y análisis de resultados. El estudio consideró a estudiantes de Ingeniería Industrial que cursaban entre el cuarto y el último semestre de la carrera y que participaron en proyectos académicos con una duración de cinco a diez semanas.

## Capítulo 2. Fundamentos Teóricos Referenciales

El presente capítulo tiene como objetivo establecer los fundamentos teóricos y referenciales que sustentan la investigación. En primer lugar, se presenta el estado del arte, que tiene como propósito delimitar el objeto de estudio, analizar críticamente las investigaciones más relevantes y establecer la frontera del conocimiento sobre la transformación digital, la Industria 4.0/5.0 y el desarrollo de competencias en ingeniería, particularmente en la formación universitaria orientada a la gestión de proyectos. Posteriormente, se desarrolla el marco teórico que aborda conceptos clave como la transformación digital, la Industria 4.0 y 5.0, el enfoque de *Learning Factory*, el aprendizaje experiencial y la gestión ágil de proyectos. A continuación, se define el marco conceptual que delimita los principales términos utilizados en la investigación y su interrelación en el ámbito educativo. Finalmente, se presenta el marco contextual y normativo, considerando para ello los escenarios internacional, nacional y regional, así como la normativa vigente en educación superior, con el fin de situar el objeto de estudio dentro del contexto institucional y regulatorio en el que se desarrolla la investigación.

### 2.1. Estado del arte

En México la carrera de Ingeniería Industrial ha tenido un crecimiento constante en los programas que ofrece. De acuerdo con el reporte de Roldán J. et al (2016) titulado Ingeniería Industrial en México 2030, en el que la Asociación Nacional de Facultades y Escuelas de Ingeniería (ANFEI), a través de sus Redes Académicas y de Planeación realizaron un reporte de los escenarios del futuro acerca del Ingeniero Industrial, y describe que *“En el 2030 los y las ingenieros/as serán profesionistas inmersos en organizaciones productivas capaces de aplicar innovación tecnológica con una fuerte formación holística y con gran capacidad para integrar conocimientos y resolver*

*problemas complejos*”. De esta revisión se mencionaba el aplicar la innovación tecnológica, que es el punto relacionado con el desarrollo de este estudio.

En la siguiente sección se describen los reportes más recientes del *World Economic Forum (WEF)*, en el que señalan la falta de habilidades especializadas como uno de los desafíos más críticos en la transformación digital de los sectores productivos. Posteriormente para esta investigación se analizan las competencias clave requeridas en la era digital, esenciales para el desarrollo profesional en contextos de Industria 4.0. Finalmente, se presenta una revisión sistemática de literatura que recupera investigaciones relevantes tanto a nivel nacional como internacional en relación con los conceptos de *falta de talento, Industria 4.0, desarrollo de competencias, cambio en el modelo educativo, aprendizaje experiencial, laboratorios para estudiantes, metodologías ágiles y el marco contextual VUCA*, con el fin de identificar vacíos y áreas de oportunidad para la educación en ingeniería.

Esta revisión es relevante porque permite identificar la situación actual en la formación de futuros ingenieros, contribuyendo a la construcción de una propuesta educativa que responda a los desafíos actuales del sector productivo y fomente la transición hacia un modelo centrado en el estudiante.

### ***2.1.1 Habilidades clave de los empleadores a nivel mundial***

Los reportes del World Economic Forum (WEF) son un punto de referencia para comprender cuáles habilidades forman actualmente la frontera del conocimiento laboral. En un contexto global marcado por la aceleración tecnológica, la automatización y la digitalización de los procesos productivos, en WEF se han identificado las habilidades clave que los empleadores consideran esenciales, como se muestra en la Tabla 1. Se han seleccionado para esta investigación los reportes del 2023 y del 2025 (World Economic Forum, 2023) (World Economic Forum, 2025). Las habilidades de estos reportes reflejan un cambio en las demandas del mercado laboral hacia competencias más

cognitivas, digitales y humanas, necesarias para enfrentar entornos laborales cada vez más complejos, inciertos y dinámicos. Entre las más valoradas se encuentran el pensamiento analítico, el pensamiento creativo, el liderazgo con influencia social, la curiosidad con aprendizaje permanente, y la alfabetización tecnológica, las cuales evidencian la necesidad de una formación integral que prepare a los profesionales no solo para operar tecnologías, sino para liderar su adopción e innovación en contextos de transformación digital e Industria 4.0 / 5.0.

**Tabla 1**

*Comparación de las habilidades clave para el trabajo según el Foro Económico Mundial: Reportes 2023 y 2025*

<b>Reporte Trabajos en el futuro 2023 para habilidades</b>	<b>Reporte Trabajos en el futuro 2025 para habilidades</b>
1. Pensamiento analítico	1.Pensamiento analítico
2. Pensamiento creativo	2.Resiliencia, flexibilidad y agilidad
3. Resiliencia, flexibilidad y agilidad	3.Liderazgo e influencia social
4. Motivación y autoconocimiento	4.Pensamiento creativo
5. Curiosidad intelectual y aprendizaje continuo	5.Motivación y autoconocimiento
6. Alfabetización tecnológica	6.Alfabetización tecnológica
7. Cumplimiento y enfoque en los detalles	7.Empatía y escucha activa
8. Empatía y escucha activa	8.Curiosidad intelectual y aprendizaje continuo
9. Liderazgo e influencia social	9.Administración de talento
10. Control de calidad	10. Orientación al servicio y atención al cliente

En las habilidades más valoradas se encuentra el pensamiento analítico ubicándose en primer lugar en ambos años. El pensamiento creativo está en los cinco primeros

lugares, resiliencia flexibilidad y agilidad sube a segundo lugar en 2025, lo que confirma la importancia de manera ascendente en esta área. El liderazgo con influencia social gana importancia ya que en 2023 estaba en el lugar 9 y en 2025 sube al nivel 3. El perfil de acuerdo con el reporte de 2025 combina:

- Pensamiento analítico
- Resiliencia, flexibilidad, agilidad
- Liderazgo con influencia social
- Curiosidad y aprendizaje continuo
- Alfabetización tecnológica

Los resultados presentados por el Foro Económico Mundial sobre las habilidades clave para 2023 y 2025 refuerzan la pertinencia de esta investigación.

### **2.1.2 Competencias**

El concepto de competencia ha sido abordado desde diversos enfoques en el ámbito educativo, profesional y organizacional. En el libro *Definición científica de competencia*, (Olinda Luzmila Vigo Vargas, 2018) se expone el término desde distintos escenarios, destacando su carácter integrador y contextual. En el ámbito de la educación superior, el proyecto internacional Tuning de la Universidad de Deusto (2000) define la competencia como “*la capacidad de conocer y comprender los fundamentos teóricos de un campo disciplinar, saber actuar de manera adecuada y saber ser, integrando conocimientos, habilidades y actitudes en un enfoque holístico*”.

Desde la perspectiva de la acreditación profesional, el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI), en conjunto con la International Engineering Alliance (IEA, 2021), establece que una persona competente es aquella que posee los atributos necesarios para desempeñar las actividades propias de una profesión u ocupación conforme a los estándares esperados en un contexto laboral o de práctica independiente.

De manera complementaria, Perrenoud (Perrenoud, 2004) concibe la competencia como “*el conjunto de conocimientos, destrezas y actitudes que una persona es capaz de movilizar de forma integrada para actuar eficazmente frente a las demandas de un contexto determinado*”. En conjunto, estas definiciones permiten comprender la competencia como un constructo dinámico y contextual, estrechamente vinculado a la acción, la toma de decisiones y la resolución de problemas en entornos reales, lo cual resulta particularmente relevante para los procesos formativos orientados a la transformación digital.

Para la construcción del marco sobre competencias en ingeniería en el contexto de la Industria 4.0, se consideraron dos artículos clave publicados en 2020 y 2021 como se muestra en la Tabla 2. El primero, titulado “*Competencies for Industry 4.0*”, presenta una revisión sistemática de literatura (Systematic Literature Review, SLR), en la que los autores analizaron 39 artículos académicos publicados entre 2004 y 2019. A partir de esta revisión, identificaron competencias y habilidades mencionadas de forma recurrente, las cuales fueron clasificadas en dos grupos principales: *knowledge* (conocimientos técnicos) y *skills* (habilidades interpersonales y metodológicas). El segundo artículo, “*Scientific mapping to identify competencies for the work in Industry 4.0*”, se basa en un mapeo científico que combina una revisión sistemática de literatura con un análisis bibliométrico. Los autores utilizaron la base de datos Web of Science (WoS), donde identificaron 90 publicaciones científicas entre 2016 a 2018 relacionadas con los términos clave “Industry 4.0” y “competencies”.

**Tabla 2**

*Comparativo de competencias requeridas para la Industria 4.0 según Hernández-de-Menendez et al. (2020) y Kipper et al. (2021)*

Hernández-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020)	Kipper, L. M., Iepson, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenau, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021)
<b>Competencias técnicas</b>	<b>Competencias</b>
Conocimiento de vanguardia	Automatización industrial
Habilidades técnicas	Asociar a la realidad práctica
Comprensión de procesos	Ciencias de la ingeniería
Habilidades en medios	Técnicas
Habilidades de codificación	Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)
Comprensión de la seguridad informática	Desarrollo y seguridad de software
<b>Competencias metodológicas</b>	Competencia digital
Creatividad	Adaptabilidad / Flexibilidad
Pensamiento emprendedor	Análisis de datos
Resolución de problemas	Aprendizaje continuo
Resolución de conflictos	Autoevaluación
Toma de decisiones	Autodirección
Habilidades analíticas	Autogestión
Habilidades de investigación	Autoorganización
Orientación a la eficiencia	Capacidad analítica
<b>Competencias sociales</b>	Capacidad de aprendizaje
Habilidades interculturales	Capacidad para dar y recibir retroalimentación
Habilidades lingüísticas	Colaboración
Habilidades de comunicación	Comunicación
Habilidades de trabajo en red (networking)	Cooperación
Capacidad para trabajar en equipo	Creatividad
Capacidad para comprometerse y cooperar	Educación virtual
Capacidad para transferir conocimiento	Cognitivas, personales, lingüísticas y sociales
Habilidades de liderazgo	Iniciativa
	Innovación
	Interdisciplinariedad
	Intuición
	Liderazgo
	Multidisciplinariedad

Hernández-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020)	Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenu, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021)
<b>Competencias personales</b>	Persuasión
Flexibilidad	Proactividad
Tolerancia a la ambigüedad	Habilidades interpersonales
Motivación para aprender	Resolución de problemas
Capacidad para trabajar bajo presión	Resolución de problemas complejos (virtuales)
Mentalidad de sostenibilidad	Toma de decisiones
Cumplimiento (disciplina/regulación)	Trabajo en equipo
	Visión estratégica del conocimiento

Las competencias comunes se muestran en la Tabla 3 de los dos artículos comparados (Hernández-de-Menéndez et al., 2020 y Kipper et al., 2021), que comparten el mismo significado o propósito formativo en el contexto de la Industria 4.0.

**Tabla 3**

*Síntesis de competencias compartidas en estudios de la revisión anterior sobre Industria 4.0*

<b>Competencias</b>
Creatividad
Resolución de problemas
Toma de decisiones
Capacidad analítica
Habilidades de investigación / Capacidad de aprendizaje
Conocimiento en tecnologías
Habilidades interculturales
Habilidades lingüísticas
Habilidades de comunicación
Habilidades de trabajo en red (networking) / Colaboración
Capacidad para trabajar en equipo
Capacidad para comprometerse y cooperar / Cooperación
Capacidad para transferir conocimiento / Cognitivas, personales, lingüísticas y sociales
Habilidades de liderazgo / Liderazgo
Flexibilidad
Tolerancia a la ambigüedad
Motivación para aprender
Capacidad para trabajar bajo presión
Cumplimiento (disciplina/regulación) / Persuasión

A continuación, en la tabla 4 se presenta una comparación entre las diez principales habilidades identificadas por el *World Economic Forum* (WEF) en su reporte del 2025 y las competencias vinculadas a la Industria 4.0. Esta comparación evidencia una alineación significativa entre las necesidades del mercado laboral global y las habilidades que se promueven en programas educativos orientados a la transformación digital. Por ejemplo, el pensamiento analítico y creativo, así como la resiliencia y el liderazgo tienen correspondencias directas con competencias como la capacidad analítica, la creatividad y las habilidades de liderazgo. Asimismo, competencias como la alfabetización tecnológica, la motivación para aprender y la cooperación se reflejan en habilidades académicas como la comunicación y el trabajo colaborativo. Esta correlación refuerza la importancia de diseñar currículos que preparen a los estudiantes no solo con conocimientos técnicos, sino también con habilidades transversales requeridas en entornos laborales actuales.

**Tabla 4**

*Comparación entre las habilidades clave identificadas por el World Economic Forum (2025) y las competencias vinculadas a la Industria 4.0*

<b>World Economic Forum (2025)</b>	<b>Competencias Industria 4.0</b>
Pensamiento analítico	Capacidad analítica
Resiliencia, flexibilidad y agilidad	Flexibilidad / Tolerancia a la ambigüedad
Liderazgo e influencia social	Habilidades de liderazgo / Liderazgo
Pensamiento creativo	Creatividad
Motivación y autoconocimiento	Motivación para aprender
Alfabetización tecnológica	Conocimiento en tecnologías
Empatía y escucha activa	Habilidades de comunicación / Cooperación
Curiosidad intelectual y aprendizaje continuo	Habilidades de investigación / Capacidad de aprendizaje / Transferencia de conocimiento
Administración de talento	----
Orientación al servicio y atención al cliente	----

En el listado de habilidades del WEF, las competencias fueron seleccionadas con base en la opinión directa de empleadores y líderes empresariales. En este reporte WEF se aplicó una encuesta estructurada y representativa a 1,000 empleadores líderes de todo el mundo que representan a más de 14 millones de trabajadores en 22 sectores industriales y 55 economías de todo el mundo. El orden en que se presentan las habilidades refleja una jerarquía derivada de las respuestas obtenidas en la encuesta; es decir, la primera habilidad corresponde a la que fue mencionada con mayor frecuencia por los empleadores.

En esta investigación, el término *competencias tecnológicas* se utiliza para referirse a aquellas habilidades asociadas al uso, integración y aplicación de tecnologías digitales, sistemas automatizados, análisis de datos en contextos industriales. Por su parte, las *competencias no tecnológicas* comprenden habilidades transversales como la comunicación, el liderazgo, el trabajo en equipo, la flexibilidad. Si bien en la literatura estos conceptos también son denominados competencias digitales, técnicas o transversales, en esta tesis se adopta la clasificación *competencias tecnológicas y no tecnológicas* para mantener coherencia conceptual.

### ***2.1.3 Revisión de estudios recientes sobre competencias y formación en ingeniería***

Para el desarrollo del estado del arte se aplicó una revisión sistemática de literatura con el objetivo de identificar enfoques teóricos, hallazgos empíricos y vacíos en torno a la transformación digital en la educación en ingeniería. La búsqueda se llevó a cabo en bases de datos científicas reconocidas como Scopus, Web of Science, IEEE Xplore y Google Scholar, utilizando combinaciones de palabras clave como *Industry 4.0*, *competencies*, *engineering education*, *Learning factory*, *digital transformation*, *experiential learning*, *agile methodologies* y *VUCA*. Se seleccionaron 58 artículos publicados entre 2018 y 2024, con criterios de inclusión basados en: a) relevancia temática, b) enfoque educativo en ingeniería, y c) evidencia empírica o teórica. Se utilizó un esquema de codificación por categorías para registrar la presencia explícita o indirecta de ocho ejes temáticos clave: falta de talento, Industria 4.0, competencias,

cambio en el modelo educativo, aprendizaje experiencial, laboratorios para estudiantes, metodologías ágiles y el contexto VUCA. Este procedimiento permitió estructurar el análisis bibliográfico y detectar brechas existentes que justifican la propuesta de intervención. Los 58 artículos analizados en esta revisión sistemática acumulan en conjunto un total de 6,932 citas (según datos extraídos de Google Scholar y Scopus al momento de la revisión), lo que evidencia un alto impacto académico y científico en el campo de estudio. Este dato refuerza la validez y actualidad de las fuentes seleccionadas, ya que incluye tanto artículos altamente citados que han contribuido significativamente a la parte teórica de los temas analizados, así como publicaciones recientes que abordan nuevas tendencias y vacíos emergentes relacionados con la transformación digital, el desarrollo de competencias y las estrategias en ingeniería. La inclusión de fuentes diversas, en términos de tiempo y nivel de citación, permite equilibrar la revisión entre aportes consolidados y propuestas innovadoras.

En esta búsqueda se ha mencionado la falta de talento. Una definición de *talento*, de acuerdo con la revisión realizada por Skunza et al. (Skunza et al., 2022) es la siguiente: “*Son individuos que pueden marcar una diferencia en el desempeño organizacional, ya sea mediante su contribución inmediata o, a largo plazo, al demostrar un alto nivel de su potencial*”. Vázquez, M., y Sunyer, A. (Vázquez & Sunyer, 2021) mencionan que debido al contexto generado por la pandemia COVID-19, las estrategias de digitalización y telecomunicaciones han impulsado la adopción de nuevos procesos y herramientas digitales en numerosas empresas. Por ello, resulta relevante explorar los factores vinculados a la digitalización que están impactando o podrían impactar la gestión global del talento. Algunos autores ((Casalet, 2023a; Gonzalez-Gomez et al., 2023; Hernandez-de-Menendez, Escobar Díaz, et al., 2020a) (Hernandez-de-Menendez, Morales-Menendez, et al., 2020) (Zhang et al., 2021a) analizan las competencias y habilidades requeridas para gestionar sistemas digitales de Industria 4.0, destacando la necesidad de talento calificado para manejar estos sistemas avanzados.

A continuación, se presenta un resumen en la tabla 5 en los que se revisaron los temas de falta de talento, Industria 4.0, desarrollo de competencias, cambio en el modelo

educativo, aprendizaje experiencial, laboratorios para estudiantes, metodologías ágiles y el marco contextual VUCA.

Esta revisión permite identificar patrones, tendencias y vacíos de investigación en relación con estos tópicos, proporcionando un panorama general sobre el grado en que cada uno ha sido abordado en la literatura revisada.

La literatura acerca de estos temas es amplia, de hecho, varias publicaciones son recopilación de bibliografías que complementan esta revisión. Las principales características de estos artículos se describen a continuación

1. *Falta de talento* (FT) Indica si el artículo describe la falta de talento en el entorno de transformación digital o no
2. *Industria 4.0* (I4.0) Indica si el artículo incluye una descripción de Industria 4.0 o no lo incluye
3. *Competencias* (C) Indica si en la revisión se describen competencias que se requieren y se desarrollan para la transformación digital o no se menciona
4. *Cambio en el modelo educativo* (CME) Indica si se incluye la necesidad de un cambio en el modelo educativo que permita adecuar al entorno actual o no se incluye
5. *Aprendizaje experiencial* (AE) Indica si la revisión describe el aprendizaje experiencial o no se describe
6. *Laboratorio para estudiantes* (LE) Indica si la revisión del documento incluye que haya laboratorio para estudiantes o no lo incluye
7. *Ágil* (A) Indica si la revisión contiene el término ágil dentro del contenido o no lo contiene
8. *VUCA* (V) Indica si está presente el término VUCA dentro de la revisión o no se incluye

En algunas revisiones hay unas respuestas como *Indirec*, *Parcial*. Esto se refiere a lo siguiente:

*Indirec* es que el artículo revisado explica de manera indirecta alguna característica, como en el caso de “Cambio en el modelo educativo”, en el primer artículo el cual el término no se profundiza, pero sí se habla de la brecha entre lo que se enseña y lo que se necesita.

*Parcial* se refiere a que parte del término está explicado en el artículo, por ejemplo, en artículo doce de la lista, en la columna de “Aprendizaje experiencial”, se menciona la importancia de metodologías activas, pero no se detalla explícitamente el término.

**Tabla 5**

*Resumen de artículos investigados y características analizadas*

Autores	FT	I4.0	C	CME	AE	LE	A	V
(Casalet, 2023b)	Sí	Sí	Sí	Indirec	No	No	No	No
(Grundke et al., 2018)	Sí	Indirec	Sí	Parcial	No	No	No	No
(Coşkun et al., 2019)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Indirec	No
(Wolff et al., 2021)	Sí	Sí	Sí	Sí	Indirec	No	Sí	No
(Quintero, 2022)	No	Sí	Sí	Sí	Indirec	No	No	No
(Rodríguez-Abitia et al., 2020)	Sí	Indirec	Sí	Sí	Indirec	No	No	No
(Hernandez-de-Menendez, Escobar Díaz, et al., 2020a)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Indirec	Indirec
(Batrися et al., 2024)	Sí	Sí	Sí	Sí	Indirec	No	No	No
(Carrillo & Matus, 2020)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
(Salvador et al., 2023)	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No
(Bueno et al., 2024)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Gonzalez-Gomez et al., 2023)	Sí	Sí	Sí	Sí	Parcial	No	No	No
(Hernandez-de-Menendez, Morales-Menendez, et al., 2020)	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No
(Zhang et al., 2021)	No	Sí	No	No	No	No	No	No
(Treviño-Elizondo & García-Reyes, 2023)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Sackey et al., 2020)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Nicholas, 2022)	No	Sí	Sí	No	No	Sí	No	No
(Reyes-Zarate et al., 2023)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Ciolacu et al., 2023)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
(Garcia-Loro et al., 2021)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(O'Brien et al., 2021)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Salinas-Navarro et al., 2023)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Belmonte et al., 2023)	No	Sí	Sí	Sí	Parcial	Sí	No	No
(Mourtzis et al., 2022)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No

Autores	FT	I4.0	C	CME	AE	LE	A	V
(Schislyaeva & Saychenko, 2022)	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No
(Soeprijanto et al., 2022)	No	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
(Veljković et al., 2020)	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No
(Pacher et al., 2024)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Mejía-Manzano et al., 2022)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
(Kwiatkowska et al., 2022)	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Parcial	No
(Kipper et al., 2021)	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No
(Shet & Pereira, 2021)	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí
(Blanco et al., 2020)	Sí	Sí	Sí	Parcial	No	No	No	No
(Suárez-Brito et al., 2025)	No	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
(Vijayalekshmi et al., 2023)	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No
(Martínez, 2023)	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No
(Avitia-Carlos et al., 2022)	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No
(Benitez et al., 2020)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Madhavan et al., 2022)	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No
(Garcés & Peña, 2020)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Neacsu et al., 2021)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Maisiri et al., 2021)	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No
(Schuh et al., 2018)	No	Sí	No	No	No	No	Sí	No
(Otzemel & Gurzev, 2020)	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No
(Menaria, 2024)	No	No	No	No	No	No	No	Sí
(Säisä et al., 2018)	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
(Neumann & Baumann, 2021)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No
(Ciupe et al., 2018)	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
(Agarwal et al., 2023)	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No
(Alviani et al., 2024)	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No
(Masood et al., 2018)	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
(Pócsová et al., 2020)	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No
(Baran & Woznyj, 2020)	No	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí
(Shet, 2024)	Sí	No	Sí	No	No	No	No	Sí
(Bundtzen & Hinrichs, 2021)	No	No	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí
(Latha & Prabu Christopher, 2020)	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí
(Reyes-Zárate & Garzón Garnica, 2025)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí
(Chelini & Richert, 2023)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No

En la revisión de la Tabla 5 existe una evidencia que la mayoría de los artículos analizados abordan las competencias requeridas para la Industria 4.0. No obstante, se

observa que pocos estudios articulan dichas competencias con estrategias pedagógicas concretas, como el uso de metodologías ágiles o enfoques de aprendizaje experiencial. Aunque existe un consenso general sobre la necesidad de transformar el modelo educativo, son limitadas las investigaciones que describen de manera explícita cómo implementar estos cambios dentro de la formación universitaria.

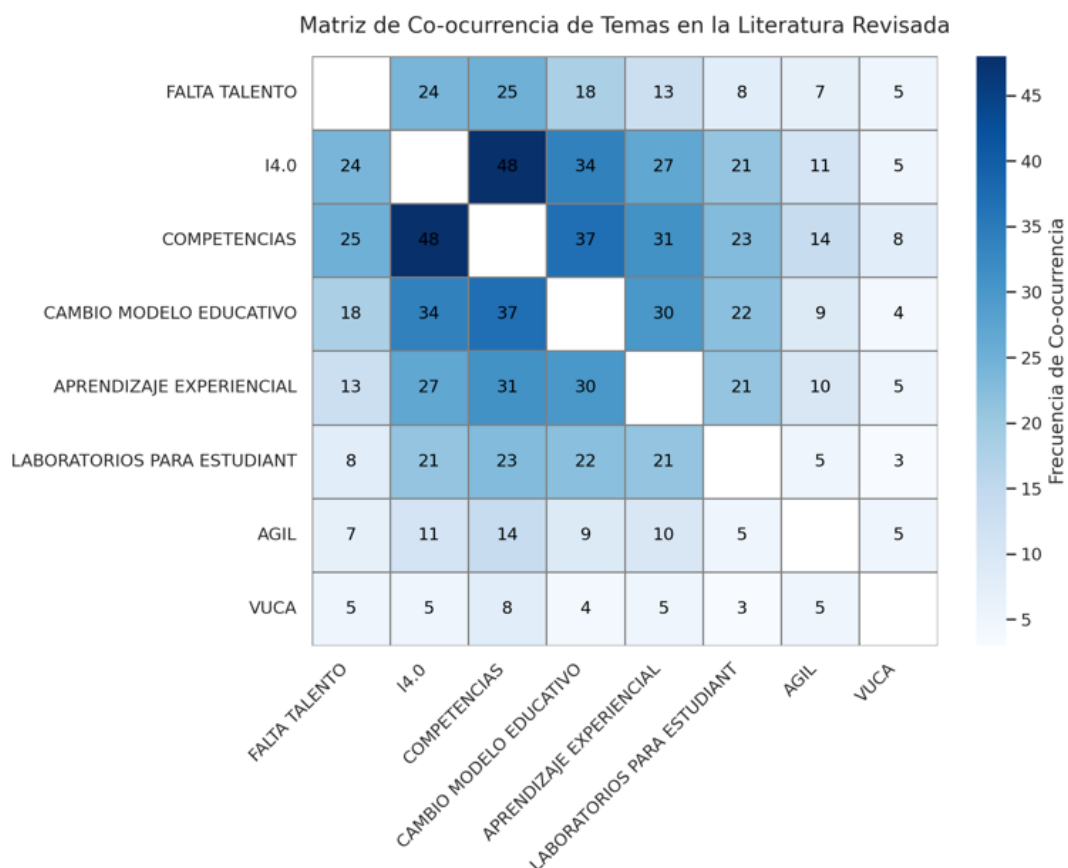
Asimismo, se identifican escasas evidencias empíricas sobre la implementación sistemática de laboratorios para estudiantes. En relación con la falta de talento, si bien el 33 % de los artículos reconoce este fenómeno como una barrera para la transformación digital, la mayoría de las soluciones propuestas se concentran en la capacitación al interior de las empresas, dejando un vacío en la intervención desde el ámbito universitario.

De manera similar, la integración de metodologías ágiles en contextos educativos resulta limitada. Menos del 15 % de los artículos revisados aborda explícitamente su aplicación en el aula, a pesar de su utilización en entornos organizacionales y de tecnologías de la información. Por otro lado, solo cuatro publicaciones incorporan el análisis del entorno VUCA (volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad). Aunque se reconoce la relevancia del aprendizaje basado en la experiencia, persiste la ausencia de modelos educativos integrados y de evaluaciones sistemáticas sobre su impacto.

Con el propósito de identificar patrones temáticos y relaciones entre los principales conceptos abordados en la literatura sobre transformación digital en la educación superior, se utilizó un análisis de co-ocurrencias. En la Figura 3 se presenta la matriz resultante de este análisis, construida a partir de la frecuencia con la que los conceptos aparecen de manera simultánea en los artículos revisados anteriormente de la tabla 5. El análisis de co-ocurrencia entre las temáticas abordadas en los artículos revisados permitió identificar patrones relevantes en la literatura académica sobre transformación digital en contextos educativos de ingeniería.

Figura 3

Matriz de co-ocurrencia entre los temas de la literatura revisada



La combinación más frecuente fue la de *Industria 4.0* y *Competencias*, presente en 48 artículos, lo cual refleja una fuerte vinculación entre los avances tecnológicos industriales y el desarrollo de habilidades necesarias para afrontarlos. Asimismo, la categoría de *Competencias* co-ocurre significativamente con *Cambio en el modelo educativo* (37 menciones) y *Aprendizaje experiencial* (31 menciones), lo que sugiere que la literatura reconoce que la formación de habilidades digitales no puede desligarse del uso de metodologías activas. Por otro lado, aunque conceptos como *VUCA* y *Ágil* están menos representados, su aparición conjunta con temas como *Industria 4.0* y *Laboratorios para estudiantes* indica un interés emergente por entornos educativos flexibles y alineados a las exigencias del entorno profesional.

La comparación entre combinaciones temáticas en la tabla 5 revela que el grupo correspondiente a la *transformación educativa integral*, integrado por los temas Falta de Talento (FT), Industria 4.0 (I4.0), Competencias (C) y Cambio en el Modelo Educativo (CME), está representado en la literatura con 16 artículos. Esto sugiere una preocupación por la necesidad de adecuar los modelos educativos ante la transformación digital y por desarrollar competencias alineadas con los desafíos actuales del entorno industrial. En contraste, la combinación centrada en *estrategias didácticas activas* compuesta por I4.0, Aprendizaje Experiencial (AE), Laboratorio para Estudiantes (LE) y Metodologías Ágiles (A) aparece solo en 3 artículos, lo que evidencia una menor atención en la literatura a enfoques prácticos de enseñanza-aprendizaje. Esta diferencia representa una oportunidad de investigación que da sustento al enfoque del presente estudio, orientado a fortalecer metodologías activas que preparen al estudiantado en el contexto de la Industria 4.0.

En resumen, los temas ampliamente estudiados:

- Industria 4.0 y digitalización.
- Necesidad de competencias tecnológicas y no tecnológicas.
- Brecha de talento en sectores productivos.

Los temas moderadamente estudiados:

- Cambio en el modelo educativo.
- Aprendizaje experiencial.

Temas insuficientemente estudiados (vacíos detectados):

- Implementación de metodologías ágiles en educación.
- Integración sistemática de laboratorios de aprendizaje.
- Análisis del entorno VUCA en el desarrollo de competencias.
- Estrategias de formación universitaria para reducir la falta de talento.

A pesar del notable avance teórico, pocos estudios integran de manera conjunta:

1. Transformación digital

2. Competencias Industria 4.0/5.0
3. Gestión ágil de proyectos
4. Aprendizaje experiencial (Kolb)
5. Entornos *Learning Factory*

Lo anterior define con claridad la frontera del conocimiento y justifica la pertinencia de esta investigación. A partir del análisis realizado, se identifican cuatro situaciones fundamentales en la literatura:

1. El desarrollo de competencias se describe, pero no se operacionaliza en propuestas concretas de formación universitaria.
2. Las metodologías ágiles aparecen en menor porcentaje dentro de la educación en ingeniería, a pesar de ser esenciales en entornos digitales.
3. La falta de talento especializado se estudia desde el ámbito empresarial, pero no desde las universidades.
4. La integración de *Learning Factory* como estrategia pedagógica sigue siendo reducida.

El análisis del estado del arte permitió delimitar con claridad la frontera del conocimiento y fundamentar la pertinencia de la presente investigación. Los estudios revisados evidencian que, si bien el desarrollo de competencias para la transformación digital ha sido ampliamente descrito, persisten limitaciones en su operacionalización dentro de propuestas formativas concretas en el ámbito universitario. Asimismo, se observa una presencia limitada de enfoques orientados a la gestión de proyectos y metodologías contemporáneas en la educación en ingeniería, a pesar de su relevancia en entornos digitales. De igual forma, la problemática de la escasez de talento especializado ha sido abordada predominantemente desde la perspectiva empresarial, dejando un vacío en el análisis de los procesos formativos universitarios. Finalmente, la integración de entornos tipo *Learning Factory* como estrategia pedagógica continúa siendo reducida en el contexto latinoamericano. Estos vacíos teóricos y prácticos justifican la necesidad de

profundizar en los fundamentos conceptuales que sustentan la investigación, los cuales se desarrollan en el siguiente apartado correspondiente al marco teórico.

## **2.2. Marco Teórico**

Para el marco teórico de esta investigación, se utiliza lo siguiente: la transformación digital hacia Industria 4.0, el aprendizaje experiencial para la formación y la metodología ágil en la educación. Estos elementos constituyen la propuesta de una estrategia integral para reducir la brecha de talento en el contexto universitario.

### ***2.2.1. Transformación digital e Industria 4.0***

De acuerdo con Galar, Daponte y Kumar (Galar Pascual et al., 2020), la Industria 4.0 se caracteriza por la integración inteligente y digital de máquinas, sistemas y procesos de producción a través del uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Esta interconectividad digital permite a las empresas implementar nuevas formas de organización productiva y de servicio. Una de sus aplicaciones clave es la producción flexible, donde las distintas etapas del proceso pueden coordinarse digitalmente, optimizando la carga de trabajo de las máquinas y mejorando la eficiencia operativa. Otra posibilidad de la Industria 4.0 es la fábrica convertible, basada en líneas de producción modulares que se adaptan rápidamente a nuevas tareas, lo que facilita la manufactura personalizada en pequeñas series, manteniendo costos competitivos.

En cuanto a la orientación al cliente, la digitalización acerca al consumidor y al productor permite la co-creación de productos personalizados, como calzado deportivo ajustado al usuario. A su vez, los productos inteligentes en uso pueden enviar información al fabricante, posibilitando mejoras continuas y servicios postventa innovadores. La logística también se transforma, mediante algoritmos que calculan rutas óptimas de entrega y sistemas que notifican automáticamente las necesidades de reabastecimiento. Esto facilita un flujo eficiente de materiales y productos. Además, el

uso estratégico de los datos permite monitorear y analizar el estado de los procesos y productos, lo que no solo incrementa la eficiencia en la producción, sino que también habilita nuevos modelos de negocio, como el mantenimiento predictivo en maquinaria equipada con sensores. Los autores Galar, Daponte y Kumar (2020) describen que el camino hacia la Industria 4.0 se lleva a cabo cuantos más procesos se digitalicen e interconecten en la empresa. Existen 9 componentes tecnológicos de la industria 4.0 que se muestran en la Figura 4. La imagen representa los principales pilares tecnológicos que conforman el ecosistema de la Industria 4.0, dispuestos de manera circular para simbolizar su interdependencia e integración sistémica. En el centro del gráfico se encuentra el término “Industria 4.0”, rodeado por las tecnologías habilitadoras fundamentales:

#### Figura 4

##### *Componentes clave de la Industria 4.0*



*Elaboración propia obtenida de “Industry 4.0: The future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries” (Rüßmann et al., 2015)*

Estos componentes clave se describen a continuación.

- Robots autónomos: Equipos capaces de realizar tareas sin intervención humana, con capacidades de aprendizaje y adaptación.
- Simulación: Uso de modelos digitales para replicar procesos físicos, permitiendo optimización en entornos virtuales antes de su ejecución real.
- Integración horizontal y vertical de sistemas: Comunicación y coordinación entre diferentes niveles de la cadena de valor y entre áreas de una empresa.
- Internet Industrial de las Cosas (IIoT): Conectividad de dispositivos, sensores y máquinas que generan y transmiten datos en tiempo real.
- Ciberseguridad: Protección de sistemas conectados frente a amenazas digitales, garantizando integridad, confidencialidad y disponibilidad de la información.
- La Nube (Cloud Computing): Infraestructura para almacenamiento, procesamiento y acceso remoto a datos, facilitando escalabilidad y colaboración.
- Fabricación aditiva: Tecnologías como la impresión 3D que permiten fabricar piezas complejas personalizadas y de manera eficiente.
- Realidad aumentada (AR): Entorno de información digital sobre el entorno físico, útil en capacitación, mantenimiento y operación.
- Big Data y analítica: Recopilación masiva de datos y su análisis para la toma de decisiones basada en evidencia.

Esta representación visual enfatiza que la Industria 4.0 no es una tecnología única, sino una convergencia de múltiples innovaciones digitales que transforman la forma en que las empresas diseñan, producen, distribuyen y dan mantenimiento a sus productos y servicios.

### ***2.2.2. Industria 5.0***

La Industria 5.0 surge como una evolución del paradigma de la Industria 4.0, proponiendo no solo avances tecnológicos sino una reconfiguración del rol humano en los sistemas productivos. A diferencia de I4.0, que enfatiza la digitalización, automatización y el uso de tecnologías, la Industria 5.0 pone al ser humano en el centro de la innovación industrial.

Según la Comisión Europea (European Commission, 2021), la Industria 5.0 “proporciona una manera de mostrar que la industria que va más allá de la eficiencia y la productividad como únicos objetivos, y refuerza la contribución de la industria a la sociedad”. En este nuevo enfoque, las tecnologías no sustituyen al ser humano, sino que lo complementan, fomentando la co-creación hombre-máquina en un mismo entorno.

Las características clave de la Industria 5.0 (Nahavandi, 2019) (Demir et al., 2019)son:

- Centrada en el Humano: Diseño de sistemas que respetan los valores, derechos y necesidades humanas.
- Sostenibilidad: Producción eficiente con bajo impacto ambiental, promoviendo la economía circular.
- Resiliencia: Capacidad de adaptación y recuperación ante crisis económicas, sanitarias o ambientales.

En el ámbito educativo, la Industria 5.0 impulsa un enfoque pedagógico que combina habilidades tecnológicas con competencias humanas avanzadas, como la ética, el pensamiento crítico, la adaptabilidad, el liderazgo y la inteligencia emocional. La formación en este contexto debe articularse con metodologías activas como el aprendizaje experiencial, el trabajo por proyectos y los entornos simulados donde se promueve la integración entre tecnología, procesos reales y el factor humano.

### ***2.2.3. Learning Factory***

El concepto de *Learning Factory* surge como una respuesta innovadora a las necesidades formativas de la Industria 4.0 y 5.0, al integrar entornos de aprendizaje reales o simulados que replican procesos industriales. Estas fábricas de aprendizaje están diseñadas para brindar una experiencia educativa inmersiva, interdisciplinaria y centrada en la práctica, donde los estudiantes pueden desarrollar competencias técnicas, digitales y humanas de manera integrada.

Según Abele y sus coautores (Abele et al., 2017), una *Learning Factory* es un “entorno de aprendizaje físico-realista que permite el desarrollo de competencias mediante la ejecución de procesos de producción reales con productos reales bajo condiciones reales”. Estas fábricas promueven el aprendizaje activo en múltiples dimensiones: resolución de problemas, trabajo en equipo, mejora continua, pensamiento crítico, toma de decisiones, integración de tecnologías digitales, habilidades de liderazgo principalmente.

Las *Learning Factories* (LF) constituyen entornos de aprendizaje diseñados para simular procesos reales de producción con fines educativos y formativos. Su objetivo es ofrecer a los estudiantes experiencias auténticas que integran teoría, práctica y reflexión crítica, en un contexto que reproduce la complejidad de la industria moderna. Estas fábricas de aprendizaje permiten a los participantes desarrollar competencias técnicas, organizacionales y transversales, al enfrentarse a retos similares a los del entorno laboral.

El concepto de *Learning Factory* está estrechamente vinculado con el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb, que enfatiza la importancia del aprendizaje activo a través del hacer, observar, conceptualizar y experimentar nuevamente. En este sentido, las LF son espacios ideales para que los estudiantes apliquen el ciclo completo de Kolb que se explicará en la siguiente sección, para promover una integración efectiva del conocimiento teórico con las habilidades prácticas.

Desde su origen en contextos de ingeniería industrial, el modelo de *Learning Factory* ha evolucionado para incluir diversos tipos de procesos productivos y organizacionales, tales como manufactura, logística, control de calidad, mejora continua y gestión de proyectos. Las experiencias formativas dentro de estos entornos permiten a los estudiantes tomar decisiones en tiempo real, resolver problemas complejos y trabajar en equipo, contribuyendo así al desarrollo de competencias críticas como el pensamiento analítico, la comunicación efectiva y la toma de decisiones basada en datos.

Además, las *Learning Factories* han demostrado ser un puente efectivo entre el mundo académico y el industrial, facilitando la colaboración universidad-empresa y

fomentando una formación más alineada con las necesidades del mercado laboral. Su implementación se ha extendido en universidades técnicas de Alemania, Suiza, China y otros países europeos, consolidándose como una buena práctica para la educación en ingeniería del siglo XXI.

La relevancia de este enfoque radica en su capacidad para contribuir a la formación de talento especializado en transformación digital, uno de los desafíos clave identificados en el marco de la Industria 4.0 y 5.0. A través de las actividades desarrolladas en una *Learning Factory*, los estudiantes pueden experimentar directamente con problemas propios de la digitalización industrial, incluyendo el rediseño de estaciones de trabajo, la integración de tecnologías emergentes y la gestión ágil de proyectos.

#### ***2.2.4. Teoría del Aprendizaje experiencial***

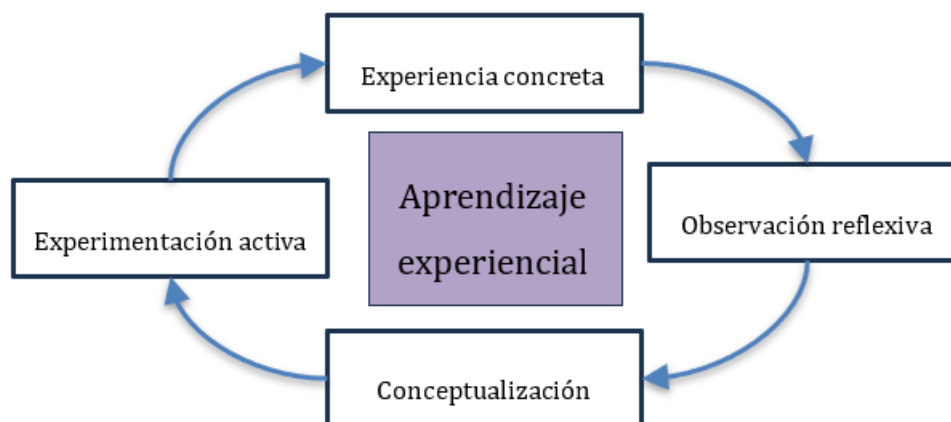
David A. Kolb desarrolló una de las teorías más influyentes sobre el aprendizaje basado en la experiencia, fundamentada en las ideas de pensadores como John Dewey, Jean Piaget y Kurt Lewin. En su obra *Experiential Learning* (D. A. Kolb, 1984), Kolb plantea que el aprendizaje no es un proceso lineal, sino un ciclo dinámico en el que el conocimiento se construye a partir de la transformación de la experiencia. Su enfoque sitúa a la experiencia directa como la fuente central del aprendizaje y el desarrollo humano.

En el contexto de la educación superior en ingeniería, y particularmente en entornos formativos tipo *Learning Factory*, el modelo de Kolb proporciona una base sólida para estructurar actividades centradas en la experiencia del estudiante. El poner a los estudiantes en situaciones reales o simuladas (como proyectos con tecnologías de Industria 4.0, 5.0), los estudiantes no solo adquieren conocimientos técnicos, sino que desarrollan competencias como la resolución de problemas, la toma de decisiones, el trabajo colaborativo y la reflexión sobre su propio proceso de aprendizaje.

Se revisó un artículo con un estudio de un *Learning Factory* que muestra el impacto positivo a los estudiantes al tener un aprendizaje experiencial y también lo que hay que atender para que no se tengan limitaciones al aplicarlo. Este artículo (Chelini & Richert, 2023) presenta un enfoque educativo basado en la integración de una fábrica de aprendizaje ciber-física (*Cyber-Physical Learning Factory*) para la enseñanza del diseño de ingeniería en el contexto de la Industria 4.0. Se detalla cómo un laboratorio con estaciones modulares permite a los estudiantes desarrollar proyectos reales, aplicar conocimientos interdisciplinarios y enfrentarse a retos de diseño y automatización similares a los del entorno industrial actual. Aunque el proyecto permitió alcanzar varios de los resultados de aprendizaje previstos, se identificaron limitaciones importantes relacionadas con la gestión del tiempo y la autonomía de los estudiantes. La falta de fechas límite concretas llevó a un uso ineficiente del laboratorio y a un avance desigual entre los equipos, lo que afectó el cumplimiento de algunos objetivos formativos. Además, se evidenció la necesidad de reforzar conocimientos previos, como la programación, para garantizar una base técnica adecuada. Si bien el diseño abierto de las actividades buscaba simular un entorno real de ingeniería, su implementación requiere una comunicación clara por parte del docente para evitar confusión y desmotivación. Estos hallazgos resaltan la importancia de equilibrar la autonomía estudiantil con estructuras de apoyo claras y secuenciales. El aprendizaje experiencial facilitó la conexión entre teoría y práctica, lo que resulta fundamental para la formación de talento especializado que responda a las demandas de la transformación digital. Al permitir a los estudiantes el trabajo dentro de un laboratorio con acción y reflexión, se promueve un aprendizaje significativo, relevante y alineado con los desafíos del entorno laboral contemporáneo.

Existen algunos artículos que expresan la importancia de la práctica experiencial en los estudiantes. De acuerdo con David Kolb, (D. A. Kolb, 2014), el conocimiento se genera a partir de la experiencia cuando esta es transformada en un proceso de aprendizaje. Kolb expone su teoría del aprendizaje experiencial como se muestra en la figura 5, la cual sostiene que el conocimiento se construye a través de la transformación de la experiencia.

**Figura 5**  
*Modelo de aprendizaje experiencial de Kolb*



*Nota: Elaboración propia tomada del artículo “Nuevos paradigmas en la educación universitaria. Los estilos de aprendizaje de David Kolb” (Tripodoro & De Simone, 2015)*

El modelo de Kolb se compone de cuatro etapas interrelacionadas que forman un ciclo continuo de aprendizaje:

1. Experiencia concreta: La persona se involucra activamente en una experiencia nueva o enfrenta una reinterpretación de una experiencia previa.
2. Observación reflexiva: La persona observa y reflexiona sobre la experiencia desde múltiples perspectivas, identificando contradicciones o patrones.
3. Conceptualización abstracta: Se generan ideas, conceptos o teorías a partir de las reflexiones, lo que permite comprender de manera más profunda la situación vivida.
4. Experimentación activa: Se aplican las nuevas ideas o conceptos a la realidad, poniendo a prueba lo aprendido en nuevas experiencias.

Este proceso constituye un modelo cíclico de aprendizaje, donde cada etapa alimenta la siguiente, promoviendo un aprendizaje profundo y duradero. Así en el aprendizaje experiencial además de adquirir conocimientos se desarrollan habilidades de análisis, síntesis, adaptación y aplicación en entornos reales.

El modelo de Aprendizaje Experiencial, propuesto por David Kolb y ampliado posteriormente junto a Alice Kolb (A. Y. Kolb & Kolb, 2005), plantea que el aprendizaje ocurre mediante un ciclo continuo de experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa.

Entre las principales habilidades que se desarrollan a través de esta metodología se encuentran:

- Resolución de problemas complejos. Al enfrentarse a situaciones auténticas, el estudiante desarrolla la capacidad de identificar, analizar y resolver problemas desde un enfoque sistémico, integrando conocimiento previo y nuevas experiencias.
- Pensamiento crítico y reflexivo, estimulado durante la etapa de observación y análisis de la experiencia. Los estudiantes cuestionan sus propias decisiones y aprenden a interpretar los resultados de sus acciones, lo que refuerza su capacidad de evaluación.
- Toma de decisiones fundamentadas, a partir de la reflexión sobre los efectos de sus elecciones en la práctica. El aprendizaje experiencial favorece la toma de decisiones informada por datos, resultados y retroalimentación inmediata.
- Autonomía y autorregulación, ya que el alumno se convierte en agente activo de su propio proceso formativo. Este aprendizaje implica planear, ejecutar y revisar sus acciones, fortaleciendo su capacidad para aprender de manera autónoma.
- Aprendizaje continuo y adaptabilidad, características cruciales para responder a los cambios tecnológicos. Kolb A. y Kolb D. (A. Y. Kolb & Kolb, 2005) destacan que los estudiantes que aprenden de la experiencia desarrollan una disposición más flexible y resiliente frente a la incertidumbre.
- Trabajo colaborativo y habilidades interpersonales. Las actividades experienciales suelen llevarse a cabo en equipos, lo que potencia la

comunicación efectiva, el liderazgo compartido y la negociación de soluciones conjuntas.

- Transferencia del conocimiento a nuevos contextos, considerada como una de las habilidades de mayor valor. El estudiante no solo retiene lo aprendido, sino que es capaz de aplicarlo en situaciones distintas, lo cual es vital en entornos VUCA (volátiles, inciertos, complejos y ambiguos).

El aprendizaje experiencial, propuesto por Kolb (D. A. Kolb, 1984) hace que el estudiante construya conocimiento con su experiencia. Esta metodología ha demostrado ser especialmente eficaz en el desarrollo de competencias cognitivas y sociales esenciales en el contexto de la transformación digital. Tal como se sintetiza en la Tabla 3, entre las competencias más relevantes identificadas en estudios sobre Industria 4.0 se encuentran la creatividad, la resolución de problemas, la toma de decisiones y la capacidad analítica.

Aunque el liderazgo no es identificado directamente como una competencia derivada del modelo de Kolb, este puede surgir como una habilidad emergente cuando las experiencias de aprendizaje se sitúan en contextos que requieren coordinación de equipos, toma de decisiones compartidas y responsabilidad sobre procesos y resultados. Este es el caso en entornos de aprendizaje tipo *Learning Factory*, donde los estudiantes participan en proyectos simulando ambientes industriales reales, interactúan con tecnologías como robots colaborativos, sensores y sistemas digitales, y deben gestionar recursos, tiempos y roles. Bajo estas condiciones, competencias como el liderazgo, la comunicación efectiva, la colaboración, el pensamiento creativo y la flexibilidad se desarrollan de manera transversal, contribuyendo al fortalecimiento del talento especializado que demanda la Industria 4.0 y su transición hacia modelos centrados en la persona propuestos por la Industria 5.0.

### 2.2.5. Metodología ágil

Las metodologías ágiles surgen como respuesta a los modelos tradicionales de gestión de proyectos, especialmente en contextos donde los requerimientos cambian con frecuencia y la innovación tecnológica es acelerada. Las metodologías ágiles proponen un marco iterativo e incremental que privilegia la entrega continua de valor, la adaptación al cambio y la colaboración activa con el cliente (González, 2013). Uno de los elementos centrales de estas metodologías es su capacidad para generar productos funcionales en ciclos cortos de trabajo (sprints), promoviendo así el aprendizaje continuo y la validación temprana de resultados. En contraste con enfoques secuenciales como el modelo en cascada, los métodos ágiles permiten reorientar el rumbo del proyecto conforme se avanza, lo cual es esencial en entornos de transformación digital e incertidumbre.

El autor González (2013) toma los principios del Manifiesto Ágil que constituyen el fundamento filosófico de estas metodologías. Entre los más relevantes se encuentran:

- Individuos e interacciones sobre procesos y herramientas.
- Software funcionando sobre documentación exhaustiva.
- Colaboración con el cliente sobre negociación contractual.
- Respuesta cuando existe cambio para seguir un plan.

Estos principios refuerzan la idea de que el éxito en los proyectos depende más de la capacidad de adaptación y la comunicación efectiva que de la rigidez de los planes iniciales. Las metodologías ágiles no solo son útiles en empresas tecnológicas, sino que tienen una fuerte aplicabilidad en contextos formativos como las *Learning Factories* donde los estudiantes enfrentan proyectos reales con alto grado de incertidumbre y múltiples actores. Entre las ventajas de utilizar metodologías ágiles están:

- Mejora de la comunicación y la colaboración.
- Flexibilidad frente a cambios de requerimientos.
- Mayor involucramiento del usuario final.
- Entregas funcionales tempranas que permiten correcciones sobre la marcha.

Una metodología ágil es Scrum. Esta es una metodología que permite abordar proyectos complejos mediante un enfoque iterativo e incremental, donde se prioriza la entrega continua de valor, la adaptabilidad al cambio y la colaboración entre los miembros del equipo (Palacio & Ruata, 2020). Esta metodología se estructura a partir de roles definidos, como el *Scrum Master*, el *Product Owner* y el equipo de desarrollo; eventos clave, como las *sprints*, *daily standups*, *sprint reviews* y *retrospectives*; y artefactos como el *Product Backlog* y el *Sprint Backlog*.

El uso de Scrum en un entorno *Learning Factory* fomenta competencias clave como la gestión del tiempo, adaptabilidad, trabajo en equipo, orientación a resultados y resolución de problemas. Además, permite a los estudiantes experimentar una dinámica de trabajo cercana a la realidad empresarial actual, en la que se requiere flexibilidad para responder a cambios en los requerimientos del cliente y mejora continua del producto.

La incorporación de Scrum como estrategia metodológica dentro del *Learning Factory* permite realizar el aprendizaje experiencial y activo, contribuyendo al desarrollo de competencias en transformación digital, uno de los pilares fundamentales para enfrentar los desafíos del entorno VUCA (volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad) que enfrentan actualmente las organizaciones.

### **2.3. Marco conceptual**

El presente marco conceptual tiene como propósito delimitar y precisar los principales conceptos que sustentan esta investigación. Cada uno de los términos clave que configuran el objeto de estudio como capacitación, gestión de proyectos,

transformación digital, e integración de enfoques formativos para el desarrollo de competencias dentro del contexto educativo universitario. Asimismo, se incluyen conceptos emergentes como entornos VUCA, los cuales influyen directamente en los retos que enfrentan las instituciones para formar talento especializado.

### **2.3.1. Capacitación**

Chiavenato (Chiavenato, 2021) define la capacitación como “el conjunto de actividades didácticas orientadas a mantener y mejorar el desempeño de los individuos en sus puestos de trabajo, buscando la adecuación de sus habilidades a los cambios organizacionales y tecnológicos”.

En el ámbito universitario, la capacitación adopta una forma particular: se enfoca no sólo en la transmisión de conocimientos teóricos, sino también en el desarrollo de competencias aplicables al entorno profesional, tales como liderazgo, solución de problemas, trabajo colaborativo y manejo de herramientas digitales.

En el marco de esta investigación la capacitación se enfoca en estas tres secciones:

- Capacitación en tecnología: enfocada en el uso de tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0 (como robots colaborativos, sensores, ERP, IoT, etc.).
- Capacitación en gestión ágil de proyectos: centrada en metodologías como Scrum, que permiten planificar, ejecutar y revisar proyectos en ciclos cortos y adaptativos.
- Capacitación experiencial: que se desarrolla dentro de entornos tipo *Learning Factory*, en los que los estudiantes trabajan con retos reales, simulaciones industriales y herramientas digitales.

La capacitación es un pilar fundamental para cerrar la brecha entre el perfil de egreso universitario y el talento especializado que requiere la industria en procesos de

transformación digital. La formación tradicional resulta insuficiente si no se articula con estrategias de capacitación orientadas a la acción, la adaptabilidad y la innovación.

### ***2.3.2. Gestión de proyectos***

De acuerdo con el Project Management Institute (PMI), la gestión de proyectos se define como: “La aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con sus requisitos” (Project Management Institut, 2021)

La gestión de proyectos está estructurada en áreas de conocimiento y grupos de procesos. Entre las áreas más relevantes destacan:

- Alcance del proyecto
- Gestión del tiempo
- Gestión de costos
- Gestión de calidad
- Gestión de recursos
- Gestión de riesgos
- Gestión de stakeholders

Y los grupos de procesos comprenden: *Inicio, planificación, ejecución, monitoreo/control y cierre.*

En el contexto educativo, estos elementos son esenciales para formar estudiantes capaces de gestionar proyectos de innovación, diseño de sistemas productivos y desarrollo tecnológico.

La gestión de proyectos no solo es una competencia profesional requerida por la industria, sino también una herramienta formativa para el desarrollo de habilidades de organización, pensamiento crítico, liderazgo y solución de problemas. Su inclusión en programas de formación de ingeniería permite a los estudiantes estructurar soluciones viables, comunicar resultados y coordinar equipos de trabajo de forma efectiva. En el marco de esta investigación, la gestión de proyectos se plantea como un eje estructurador de la estrategia de capacitación. Permite que los estudiantes de ingeniería no solo adquieran conocimientos técnicos, sino que también desarrollen capacidades para planificar, ejecutar y evaluar proyectos vinculados con los retos reales del entorno industrial.

### ***2.3.3. Transformación digital I4.0 / I5.0***

La transformación digital en las organizaciones implica un proceso integral que va más allá de la simple adopción de tecnologías, ya que conlleva la reconfiguración de procesos, modelos de negocio, estructuras organizacionales y competencias del capital humano. En el ámbito de la logística y la gestión de la cadena de suministro, este proceso se ve impulsado por tecnologías propias de la Industria 4.0, como la analítica de grandes volúmenes de datos, la automatización, los sistemas ciberfísicos y la conectividad en tiempo real, las cuales permiten mejorar la trazabilidad, la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta ante entornos altamente dinámicos y globalizados. Los autores (Páez-Gabriunas et al, 2022) destacan que la transformación digital no es un fenómeno exclusivamente tecnológico, sino un proceso estratégico y sistémico que requiere una adecuada articulación entre tecnología, personas y estrategia organizacional, donde el desarrollo de competencias, la flexibilidad organizacional y la gestión del cambio se convierten en factores clave para lograr una implementación exitosa y sostenible en contextos de alta complejidad e incertidumbre

Según el Handbook of Industry 4.0 and SMART Systems (Galar Pascual et al., 2020), las principales aplicaciones de esta revolución incluyen la producción flexible,

fábricas modulares, soluciones orientadas al cliente, logística inteligente, uso de datos en tiempo real y economía circular basada en la sostenibilidad y la eficiencia energética.

Desde el ámbito educativo, la Industria 4.0 implica la necesidad de formar a los estudiantes en entornos que simulen procesos reales, donde puedan desarrollar habilidades técnicas y transversales alineadas con los nuevos requerimientos del mercado laboral. Modelos como el *Learning Factory* permiten esta integración práctica y formativa.

La *Industria 5.0* nace al evolucionar la Industria 4.0, y pone énfasis en el enfoque centrado en la persona. A diferencia del paradigma anterior, donde el foco está en la automatización y digitalización, la Industria 5.0 busca aprovechar la colaboración entre humanos y máquinas para generar valor añadido, promover el bienestar y garantizar la sostenibilidad. De acuerdo con la Comisión Europea (European Commission, 2021), Industria 5.0 impulsa el diseño de soluciones tecnológicas que integren la ética, la inclusión, la responsabilidad ambiental y la adaptabilidad frente a crisis. En el contexto formativo, esto se traduce en preparar a los futuros profesionales no solo con competencias digitales, sino también con sensibilidad social, pensamiento crítico, liderazgo ético y conciencia global.

En esta investigación, la transformación digital, la Industria 4.0 y la 5.0 constituyen el eje contextual que justifica el diseño de una estrategia de capacitación basada en proyectos dentro de entornos *Learning Factory*. La intención es fomentar competencias que respondan a los desafíos actuales de la ingeniería universitaria, reduciendo la brecha de talento especializado mediante prácticas pedagógicas activas y pertinentes.

#### ***2.3.4. Integración de enfoques formativos para el desarrollo de competencias en ingeniería***

El concepto de *Learning Factory* se ha consolidado como una estrategia pedagógica innovadora que traslada el conocimiento teórico hacia una experiencia

práctica e inmersiva. En estos entornos, los estudiantes interactúan con equipos reales de manufactura, simulaciones de procesos productivos, y sistemas digitales que reflejan las condiciones de las industrias actuales. Esta experiencia les permite desarrollar habilidades técnicas, cognitivas y sociales en un contexto de resolución de problemas reales y de colaboración en equipo.

En el entorno de educación superior, las *Learning Factories* permiten implementar metodologías centradas en el estudiante bajo una lógica de aprendizaje experiencial. Esto no solo incrementa que los estudiantes estén motivados y que participen, sino que también mejoren sus conocimientos al estar vinculado a situaciones reales. En el marco de esta tesis, el laboratorio universitario actúa como una *Learning Factory* que integra sensores de pesaje, cobots, robots móviles y sistemas ERP, replicando los flujos de trabajo y la toma de decisiones de una empresa digitalizada.

Las competencias digitales son relevantes en el desarrollo de talento especializado para la transformación digital. De acuerdo con el *World Economic Forum (2025)* las competencias clave incluyen:

- Alfabetización digital
- Comunicación y colaboración en entornos digitales
- Resolución de problemas digitales
- Pensamiento crítico
- Gestión de datos e información
- Ciberseguridad

En el contexto de una *Learning Factory*, estas competencias se desarrollan a través del uso de tecnologías habilitadoras como el Internet de las Cosas (IoT), la robótica colaborativa, los sistemas de análisis de datos. Los estudiantes aprenden no solo a operar herramientas, sino a interpretar datos, tomar decisiones y mejorar procesos en entornos altamente automatizados y conectados.

Este enfoque también permite evidenciar las brechas que existen en la formación tradicional de ingeniería, donde frecuentemente se limita la experiencia a simulaciones teóricas. La *Learning Factory*, en cambio, permite articular el conocimiento técnico con el uso ético y estratégico de herramientas digitales, fundamentales en la Industria 4.0 y 5.0.

La inclusión de metodologías ágiles en el contexto educativo representa una evolución en la manera de concebir la planeación y ejecución de proyectos. En particular, la metodología Scrum ha demostrado ser eficaz para organizar el trabajo estudiantil en entornos tipo *Learning Factory*. Esta metodología distribuye el proyecto en iteraciones cortas llamadas *sprints*, y asigna roles como *Scrum Master* y *Product Owner*, lo cual permite fomentar la autogestión, la responsabilidad compartida, la mejora continua y la entrega constante de valor.

Desde la perspectiva pedagógica, el uso de Scrum permite:

- Estructurar la experiencia de aprendizaje por entregables
- Fomentar la retroalimentación continua entre pares y mentores
- Visualizar el progreso del proyecto con herramientas como tableros Kanban o burndown charts
- Desarrollar competencias transversales como liderazgo, colaboración, comunicación, flexibilidad, pensamiento creativo

El modelo de gestión ágil es, por tanto, un recurso clave en el desarrollo de proyectos formativos con alta orientación práctica. En esta tesis, la gestión ágil permite a los estudiantes gestionar los proyectos de mejora digital dentro de la *Learning Factory*, o en el salón de clases con datos de la empresa, con el foco en los objetivos, pero adaptándose a los cambios y reflexionando sobre los resultados en ciclos de mejora.

## 2.4. Marco contextual

La investigación se presenta por la acelerada transformación digital que afecta a múltiples sectores productivos y educativos a nivel global. En este contexto, se vuelve indispensable analizar el panorama internacional y nacional en torno a la Industria 4.0 y 5.0. A partir de esta perspectiva, en las siguientes secciones se describe el marco contextual que da sustento a la investigación.

### 2.4.1. Contexto internacional

A nivel global, los cambios tecnológicos derivados de la Industria 4.0 y la transición hacia la Industria 5.0 han reconfigurado profundamente los procesos productivos y los perfiles profesionales que se necesitan. Organismos como el World Economic Forum (WEF) y la Comisión Europea han destacado la urgencia de desarrollar competencias digitales avanzadas, pensamiento crítico, liderazgo colaborativo y alta adaptabilidad para enfrentar entornos laborales caracterizados por volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad (VUCA).

En países líderes en innovación educativa y tecnológica, como Alemania y Suiza, los programas de ingeniería han integrado de manera sistemática el modelo de laboratorios de aprendizaje, permitiendo a los estudiantes participar en actividades que simulan procesos industriales reales con altos niveles de digitalización. Estas experiencias han demostrado ser efectivas para fortalecer competencias técnicas, digitales y transversales.

Durante una estancia académica, se desarrolló un estudio comparativo entre México y Suiza, plasmado en el artículo *Digital Transformation in Higher Education: A Comparative Exploration of Industry 4.0 in Switzerland and Mexico* (Reyes-Zarate et al., 2023), incluido como Apéndice B. Dicho trabajo reconocido entre los 10 mejores artículos en el IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2023 del Apéndice C, evidencia la necesidad de transformar los espacios universitarios en entornos de aprendizaje alineados con las prácticas industriales

contemporáneas. Este hallazgo constituye un referente directo para la presente investigación, al señalar que las universidades deben integrar tecnologías emergentes para desarrollar talento especializado en los estudiantes.

#### ***2.4.2. Contexto nacional***

En México, los avances en digitalización han sido significativos, pero aún enfrentan importantes retos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) señala en su informe *Digital Government in Mexico* (OECD, 2020) diversas limitaciones estructurales, entre ellas:

- desigualdades regionales en acceso a tecnología;
- baja interoperabilidad entre sistemas;
- limitada cultura digital en sectores clave;
- falta de liderazgo estratégico en la implementación de iniciativas digitales;
- déficit en la formación de capital humano especializado.

Estas condiciones afectan directamente la capacidad del país para poder adaptarse cuando existen cambios tecnológicos. La falta de talento digital continúa siendo uno de los principales obstáculos para la transformación industrial, lo cual se conecta con la pertinencia de fortalecer competencias de ingeniería desde la educación superior.

#### ***2.4.3. Contexto de universidades en Puebla***

La ciudad de Puebla se consolida como uno de los principales centros educativos del país. De acuerdo con datos actualizados (UP, 2025), existen más de 150 IES en la ciudad. De estas, se identificaron 29 universidades que ofrecen programas en Ingeniería

Industrial, lo que refleja una alta demanda y oferta en este campo del conocimiento. Este ecosistema académico se ve fortalecido por la existencia del Clúster de Educación y Desarrollo de Talento (López, 2023), promovido por la Secretaría de Economía en colaboración con actores clave del ámbito público y privado. Este clúster agrupa a alrededor de 45 instituciones educativas que colaboran en el desarrollo de competencias alineadas con las necesidades del entorno productivo regional. En este contexto, Puebla constituye un espacio estratégico para analizar la transformación digital en sus currículos y prácticas formativas, especialmente en programas de ingeniería vinculados a sectores industriales dinámicos como el automotriz, manufacturero y logístico.

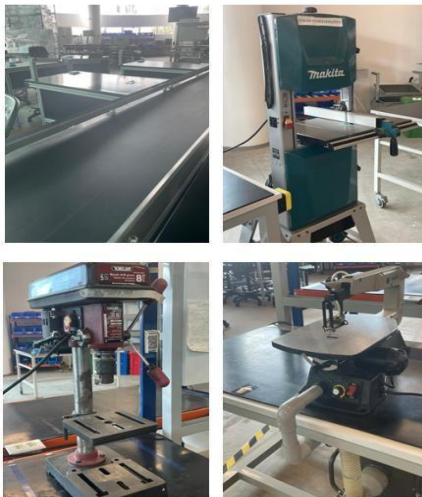
#### ***2.4.4. Contexto en la Universidad del estudio***

Se llevó a cabo una revisión de los estándares de calidad que cumplen las instituciones universitarias de la ciudad. Se identificó que únicamente cuatro universidades cumplen con criterios de acreditación internacional (UMX, 2025), de las cuales tres son privadas y una es pública. Esta información fue clave para la elección de la institución del estudio.

La universidad privada seleccionada contaba, en enero de 2023, con un laboratorio básico para el programa de Ingeniería Industrial, como se muestra en la Figura 6. Dicho laboratorio estaba equipado con mesas de trabajo con banda transportadora, un sistema Andon como herramienta de control visual, así como máquinas-herramienta tales como cortadoras, taladros y lijadoras. Estos recursos permitían la realización de prácticas orientadas a estudios de tiempos, análisis de movimientos y cálculos de productividad durante la fabricación de piezas.

**Figura 6**

*Equipos disponibles en 2022 utilizados en prácticas individuales de manufactura en el laboratorio.*



No obstante, en este contexto, los equipos del laboratorio eran utilizados principalmente de manera individual y con fines demostrativos, sin un enfoque metodológico que articulara proyectos interdisciplinarios ni promoviera experiencias formativas integradas que reflejaran los retos asociados a la transformación digital en las organizaciones. Asimismo, no se contaba con una estructura que integrara de manera sistemática tecnologías emergentes ni plataformas digitales para el registro y análisis de datos de producción, lo que limitaba el desarrollo de competencias clave como la toma de decisiones basada en datos, el trabajo colaborativo mediado por herramientas digitales y la gestión de proyectos en escenarios cercanos a la realidad industrial.

Cabe destacar que la institución se caracteriza por un enfoque estratégico orientado a la innovación tecnológica, lo que ha derivado en el inicio de inversiones dirigidas a procesos de transformación digital. En este sentido, el contexto institucional del estudio se enmarca en un entorno educativo con una orientación favorable hacia la vinculación con la industria y la incorporación progresiva de tecnologías emergentes en los procesos formativos.

## **2.5. Marco normativo y legal**

La presente investigación se fundamenta en normativas, marcos regulatorios y estándares internacionales que respaldan la transformación digital en la educación superior y el desarrollo de competencias en el contexto de la Industria 4.0 y 5.0. Este marco normativo proporciona sustento institucional y permite situar el estudio dentro de los lineamientos vigentes que orientan la formación de ingenieros en escenarios de cambio tecnológico acelerado.

### ***2.5.1 Normativa nacional en educación superior***

En México, la Ley General de Educación Superior (LGES), emitida en abril de 2021, establece como principios rectores la innovación educativa, la calidad académica, la vinculación con el sector productivo y la formación de profesionales con capacidad para enfrentar los desafíos del entorno tecnológico contemporáneo (LGES, 2021). Este marco legal respalda la necesidad de incorporar entornos formativos que acerquen al estudiante a prácticas reales y al uso de tecnologías emergentes dentro de su proceso de formación.

Derivado de esta ley, en 2023 se crea el Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior (SEAES), cuyo Marco General refuerza la responsabilidad de las Instituciones de Educación Superior de fortalecer el desarrollo de habilidades digitales, impulsar la innovación pedagógica y responder a los cambios científicos y tecnológicos del entorno productivo (SEAES, 2023). Si bien estos lineamientos definen orientaciones estratégicas a nivel de política educativa, no especifican mecanismos técnicos o modelos operativos para la implementación de tecnologías digitales en los procesos formativos, lo que abre una oportunidad para propuesta a la presente investigación.

### ***2.5.2 Referentes internacionales en transformación digital educativa***

A nivel internacional, organismos como la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) han señalado la necesidad de acelerar la transformación digital en la educación superior mediante enfoques centrados en el desarrollo de competencias digitales, técnicas y transversales, fundamentales para la empleabilidad y el aprendizaje a lo largo de la vida (UNESCO, 2024). Estos lineamientos enfatizan el papel estratégico de las universidades en la formación de talento capaz de adaptarse a contextos complejos y tecnológicamente avanzados.

### ***2.5.3 Estándar internacional ISA-95 en Learning Factories para la Transformación Digital***

ISA-95 es un estándar internacional que proporciona un marco para la integración de los sistemas de control y automatización de la planta con los sistemas empresariales de planificación y gestión (ERP, MES) como se muestra en la figura 7. Este define modelos, funciones y terminología estandarizada que permiten una interoperabilidad efectiva entre los distintos niveles de una organización industrial, particularmente entre el nivel 3 (sistemas de ejecución de manufactura) y el nivel 4 (sistemas empresariales). En el contexto educativo, la incorporación de la ISA-95 en entornos como *Learning Factory* permite simular escenarios reales de producción digitalizada, facilitando que los estudiantes comprendan la arquitectura de integración desde el piso de producción en donde se encuentran las máquinas y equipos hasta la gestión estratégica. Su aplicación favorece el desarrollo de competencias clave en transformación digital e Industria 4.0, alineando los procesos de enseñanza-aprendizaje con los requerimientos normativos y técnicos de la industria actual.

**Figura 7**

*Niveles de integración de sistemas según la norma ISA-95*



*Nota: Imagen tomada y traducida de Handbook of Industry 4.0 y Smart Systems (Galar Pascual et al., 2020)*

Desde la perspectiva de esta investigación, la selección del estándar ISA-95 responde a la necesidad de contar con un marco de referencia que permita comprender de manera estructurada la integración entre los niveles operativos y los sistemas de gestión en entornos industriales digitalizados. A diferencia de otros enfoques conceptuales de la Industria 4.0, ISA-95 ofrece una representación clara y estandarizada de la arquitectura de integración entre procesos de producción y sistemas empresariales, lo cual resulta especialmente pertinente para el análisis del desarrollo de competencias en estudiantes de Ingeniería Industrial. Su adopción en el contexto educativo permite trasladar al ámbito universitario una visión sistémica de los procesos industriales, facilitando que los estudiantes comprendan la relación entre la operación de planta, la toma de decisiones basada en datos y la gestión de proyectos en escenarios reales. En este sentido, el uso de ISA-95 no se concibe únicamente como un referente técnico, sino como un marco que contribuye a reducir la brecha entre la formación universitaria y las

demandas del sector productivo, alineándose directamente con el problema de investigación planteado.

En conjunto, estos referentes normativos delimitan el marco institucional y legal dentro del cual se inscribe la propuesta de investigación, garantizando su coherencia con las políticas educativas y productivas vigentes.

Como conclusión a este capítulo, el análisis desarrollado permitió establecer los fundamentos teóricos, conceptuales, contextuales y normativos que sustentan la presente investigación. A partir del estado del arte, se identificaron vacíos relevantes en la literatura relacionados con la limitada operacionalización de las competencias para la transformación digital en la formación universitaria en ingeniería, así como la escasa integración de enfoques que articulen los requerimientos del sector productivo con los procesos educativos. El marco teórico y conceptual aportó los elementos necesarios para comprender los principales conceptos asociados a la transformación digital, la Industria 4.0 y 5.0, la gestión de proyectos y los entornos formativos contemporáneos, mientras que el marco contextual y normativo permitió situar el estudio dentro de un escenario institucional y regulatorio específico. En conjunto, estos fundamentos orientan la selección de los métodos, técnicas e instrumentos de investigación, y constituyen la base para el diseño metodológico y el análisis de resultados que se presentan en los capítulos siguientes, asegurando la coherencia entre el problema de investigación, los objetivos planteados y la estrategia metodológica adoptada.

## **CAPÍTULO 3 Fundamentos metodológicos y resultados de la investigación**

El presente capítulo describe el marco metodológico que sustenta la investigación acerca de la propuesta de estrategia de capacitación en gestión de proyectos, así como el proceso seguido para la obtención, análisis e interpretación de los datos. En este apartado se presenta el diseño metodológico adoptado, la matriz de operacionalización de variables que articula el problema de investigación, los objetivos, la hipótesis y las variables, así como la definición del enfoque, los métodos, las técnicas y los instrumentos utilizados. Asimismo, se detalla el procedimiento para el trabajo de campo, incluyendo la aplicación de los instrumentos, el procesamiento de la información y el análisis estadístico de los datos obtenidos. Finalmente, se presentan los resultados del estudio, el análisis de correlación y la discusión de los hallazgos, los cuales permiten evaluar la hipótesis planteada y dar respuesta a la pregunta de investigación.

### **3.1 Cuadro operacionalización de variables**

En el marco del enfoque cuantitativo adoptado en esta investigación, la operacionalización de variables constituye un proceso fundamental, ya que permite traducir la parte teórica asociada a la transformación digital y al desarrollo de competencias. A partir de la hipótesis de investigación, se definieron las variables de estudio para un análisis empírico en estudiantes de Ingeniería Industrial. El cuadro de operacionalización de variables de la tabla 6 presenta la definición conceptual y operacional de cada variable, así como sus indicadores y dimensiones correspondientes. Esta estructura asegura la coherencia entre el planteamiento teórico, los instrumentos de recolección de datos y el análisis estadístico, garantizando el rigor metodológico y la validez de los resultados obtenidos.

Tabla 6

## Operacionalización de variables

Operacionalización de Variables						
Tema: Estrategia de capacitación en gestión de proyectos mediante entornos tipo <i>Learning Factory</i> para el desarrollo de competencias en transformación digital, orientada a reducir la falta de talento especializado en Ingeniería universitaria en México (2025)						
Pregunta de investigación	Objetivo general	Objetivos específicos	Hipótesis	Variables estudiadas	Dimensiones	Indicadores
¿Cómo contribuir a fortalecer el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital, en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad privada para la reducción de la brecha de talento especializado en Puebla, México?	Proponer una estrategia de capacitación en gestión de proyectos, mediante entornos tipo <i>Learning Factory</i> , que permita fortalecer el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital, en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad privada para la reducción de la brecha de talento especializado en Puebla.	Determinar los fundamentos teóricos referenciales sobre la gestión de proyectos para fortalecer el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital, en estudiantes de Ingeniería Industrial y la reducción de la brecha de talento especializado.	La propuesta de una estrategia de capacitación en gestión de proyectos con enfoque ágil, desarrollada en un entorno tipo <i>Learning Factory</i> , mejora significativamente el nivel de competencias vinculadas con la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial de una universidad privada de Puebla.	<b>Variable independiente:</b> <b>Estrategia de capacitación en gestión de proyectos con enfoque ágil y experiencial</b>	Entorno de actividades tipo <i>Learning Factory</i>	Uso de tecnologías en programación, uso de sensores, Cobots, ERP, sistema de pesaje
					Aplicación de proyectos ágiles	Uso de ciclos iterativos e incrementales, aplicación de tableros Kanban,
					Enfoque de aprendizaje experiencial	Integración de los datos en experiencias del laboratorio y en salón de clases
				Diseñar una estrategia de capacitación para estudiantes basada en gestión de proyectos mediante entornos tipo <i>Learning Factory</i> para fortalecer el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital		<b>Variable dependiente:</b> <b>Desarrollo de competencias en transformación digital</b>
Comprobar empíricamente la estrategia con estudiantes de Ingeniería Industrial en una universidad privada en Puebla, México	Competencias no tecnológicas	Comunicación, Liderazgo, Trabajo en equipo, flexibilidad / adaptabilidad				

## 3.2 Diseño metodológico

De acuerdo con Sampieri et al. (2014), la investigación científica es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos aplicados al estudio de un fenómeno o problema. En esta tesis, el diseño metodológico se construye para responder a la pregunta de investigación y contrastar la hipótesis planteada, asegurando rigurosidad y validez en cada etapa. Se describe en esta sección el enfoque, el diseño y tipo de la investigación, así como los métodos, técnicas e instrumento de recolección de datos. Además, se detallan los criterios utilizados para determinar la muestra y su criterio de selección.

### *3.2.1 Definición del enfoque, diseño y tipo de investigación de la tesis*

El presente estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo ya que busca medir, analizar y comprobar si la implementación de una estrategia de capacitación en gestión de proyectos, con base en los principios de Industria 4.0 y 5.0, influye significativamente en el desarrollo de competencias tecnológicas y no tecnológicas en estudiantes de Ingeniería Industrial. Sampieri et al. (2014) describen que el enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso de mediciones objetivas y análisis estadísticos para establecer relaciones entre variables. La intención de cuantificar es para verificar el impacto de la implementación de una estrategia de capacitación y evaluar de manera objetiva las acciones de actividades en estudiantes.

El diseño de investigación es No experimental y transversal. Es No experimental porque no se manipula la variable independiente, sino que se observan los fenómenos como ocurren en su contexto natural, es decir, se observan las actividades de los estudiantes durante el desarrollo de los proyectos en las semanas que corresponden al entregable para la empresa. Es transversal porque se recolectan los datos en un único momento temporal. En este apartado correspondió aplicar la encuesta en la semana 5 o 10 del proyecto (que anteriormente se había descrito los dos tipos de esquemas de

trabajo) obteniendo la situación actual de los estudiantes respecto al desarrollo de sus competencias en el curso que tuvieron en la universidad.

El tipo de investigación es correlacional. La elección de un diseño correlacional se respalda en que la investigación tiene como objetivo determinar la relación y dirección existente entre las variables de estudio. Sampieri et al. (2014) explican que los estudios correlacionales permiten identificar patrones y relaciones sin manipular las variables, lo que resulta pertinente en esta investigación, ya que el objetivo principal es analizar si la formación recibida por los estudiantes incide en su preparación para integrarse al mercado laboral en entornos de transformación digital.

### ***3.2.2 Definición de métodos, técnicas e instrumento de obtención de datos***

Para el desarrollo de la presente sección se emplearon métodos de investigación tanto del nivel teórico como del nivel empírico de acuerdo con lo que describe Falcón acerca de los métodos de investigación (Falcón & Ramos Serpa, 2021) .

En el nivel teórico el método analítico–sintético fue el seleccionado y utilizado. Este método permitió analizar de manera sistemática la literatura especializada sobre los términos: competencias, falta de talento, Industria 4.0, cambio en modelo educativo, aprendizaje experiencial laboratorio para estudiantes, metodología ágil y contextos VUCA, identificando los principales enfoques y relaciones conceptuales reportadas en estudios previos. Posteriormente, a través de un proceso de síntesis, se integraron los aportes más relevantes con el fin de establecer el estado del conocimiento, aspectos cuestionables como los vacíos identificados y para construir un marco conceptual coherente que sustenta la propuesta de la estrategia de capacitación en gestión de proyectos en contextos universitarios. Este enfoque teórico facilitó la articulación entre los fundamentos conceptuales, las competencias identificadas como relevantes para el entorno industrial y la definición de los elementos clave de la propuesta de transformación.

En el nivel empírico, se empleó el método de encuesta, diseñado para obtener información directa de los estudiantes de Ingeniería Industrial respecto al desarrollo de competencias tecnológicas y no tecnológicas vinculadas con la gestión de proyectos y la transformación digital. Este método permitió recopilar datos cuantificables que posteriormente fueron procesados mediante técnicas estadísticas. De manera complementaria, se utilizó el método de la observación científica durante el desarrollo de las actividades de los estudiantes, con el fin de contextualizar sus actividades y contrastar los resultados obtenidos a través del instrumento aplicado.

La combinación de métodos teóricos y empíricos permitió fundamentar conceptualmente la investigación y validar empíricamente la estrategia de capacitación propuesta, garantizando coherencia metodológica y rigor científico.

### ***3.2.3 Desarrollo del instrumento de obtención de datos***

Para la presente investigación, el instrumento de obtención de datos constituye el medio mediante el cual se recabó información empírica directamente del objeto de estudio. En este sentido, se seleccionó la encuesta como instrumento principal, debido a su pertinencia para recopilar información estructurada sobre la percepción de los estudiantes respecto al desarrollo de competencias tecnológicas y no tecnológicas vinculadas con la gestión de proyectos y la transformación digital. Para esta investigación se determinó el uso de dos instrumentos. El diseño de éstos se delimitó a partir del objeto de estudio, es decir, al desarrollo de competencias en estudiantes de Ingeniería Industrial que participaron en proyectos académicos dentro de un entorno universitario en un contexto espacial y temporal. El propósito de los instrumentos fue obtener información cuantificable y comparable que permitiera medir el nivel de dominio percibido de dichas competencias y analizar su relación con la estrategia de capacitación implementada.

Se definió la forma de respuestas en escala Likert con 5 niveles. De acuerdo con Sampieri et al. (Hernández Sampieri et al., 2014) esta escala Likert se compone de un

conjunto de ítems formulados como afirmaciones, ante los cuales se solicita que los participantes expresen su grado de acuerdo seleccionando una de las cinco categorías de respuesta. Cada opción corresponde a un valor numérico que permite cuantificar la percepción o actitud evaluada. Las afirmaciones están diseñadas para medir de manera específica el atributo que constituye el objeto de estudio.

Los instrumentos fueron aplicados en modalidad en línea mediante la plataforma Google Forms asegurando la confidencialidad y el consentimiento informado de los participantes, lo que permitió optimizar la captura, organización y procesamiento de la información para posteriormente realizar el análisis estadístico en SPSS. La muestra estuvo conformada por grupos de estudiantes que participaron en el desarrollo de proyectos vinculados con empresas o en actividades realizadas dentro del laboratorio de Ingeniería Industrial.

### **Instrumento 1 para recolección de datos**

El primer instrumento de recolección de datos utilizado en esta investigación fue un cuestionario estructurado, adaptado específicamente para evaluar el nivel de desarrollo de competencias digitales y de gestión de proyectos en estudiantes de Ingeniería Industrial. Este consistió en los siguientes niveles de escala Likert “No tengo la habilidad” = 1, “Nivel básico” = 2, “Nivel intermedio” = 3, “Nivel avanzado” = 4 y “Nivel experto” = 5.

El cuestionario se integró por indicadores, distribuidos en cinco dimensiones principales que corresponden a las competencias de estudio:

- Procesar y analizar datos
- Programación
- Solución de problemas
- Comunicación efectiva
- Liderazgo

Para la validación del instrumento se consideró que existe una correspondencia teórica con el instrumento de lo siguiente:

- Las competencias clave del WEF 2025
- El marco teórico de OECD donde se establece que las competencias digitales deben abarcar tanto habilidades técnicas como habilidades transversales.
- Selección de un instrumento validado “Competencias digitales, desarrollo y validación de un instrumento para su valoración en el contexto colombiano” (Contreras-Germán et al., 2019) para adaptarlo al contexto de la universidad en Puebla.

En este artículo que se tomó como referencia, los autores investigaron instrumentos de valoración de competencias y optaron por el diseño de un instrumento del Marco común europeo de cinco dimensiones y la ajustaron a la población objeto del estudio. Para el tema de investigación de esta tesis, se tomaron como referencia las cinco dimensiones base propuestas en el artículo seleccionado, las cuales fueron adaptadas al contexto de una universidad ubicada en Puebla, México. Esta adaptación consideró las características del entorno educativo y el perfil de los estudiantes de Ingeniería Industrial, por lo que se seleccionaron únicamente las competencias directamente relacionadas con el ámbito formativo universitario, como se muestra en la Tabla 7.

La columna “Competencias artículo” presenta las competencias originalmente validadas por los autores del instrumento, mientras que en la columna “Competencias estudio tesis” se incluyen aquellas competencias seleccionadas para la aplicación de la encuesta a estudiantes que desarrollaron proyectos académicos en la universidad de estudio. Esta selección permitió asegurar la coherencia entre el instrumento de medición, los objetivos de la investigación y el contexto educativo en el que se llevó a cabo el estudio.

**Tabla 7**

*Comparación entre las dimensiones de competencias digitales del marco común europeo y las habilidades seleccionadas para el estudio de tesis*

Dimensión	Competencias artículo	Competencias estudio tesis
Información	Navegación, búsqueda y filtrado de información Evaluación de información Almacenamiento y recuperación de información	Recolectar, procesar, almacenar datos y análisis
Comunicación	Interacción a través de tecnologías Compartición de información y contenidos Implicación en procesos online para la ciudadanía Colaboración a través de canales digitales Gestión de la identidad digital	Comunicación con el uso de tecnología
Creación de contenidos	Desarrollo de contenidos Integración y re-elaboración Copyright y licencias Programación	Programación
Seguridad	Protección de dispositivos Protección de la salud Protección de datos personales Protección del medioambiente	-----
Resolución de problemas	Resolución de problemas técnicos Identificación de necesidades y respuestas basadas en tecnología Innovación y creatividad usando la tecnología Identificación de brechas en las competencias digitales	Solución de problemas con recursos digitales
Liderazgo	-----	Liderazgo con la aplicación de recursos digitales

De la tabla se observa en el último renglón que se decidió incluir la competencia de liderazgo con aplicación de recursos digitales como parte del instrumento de evaluación en esta tesis, ya que esta habilidad se posiciona en el tercer lugar dentro de las competencias más demandadas por los empleadores, de acuerdo con el *Reporte del Futuro del Trabajo 2025* del World Economic Forum (WEF). Además, diversos estudios revisados en la literatura especializada sobre Industria 4.0 coinciden en destacar el liderazgo como una competencia clave para la transformación digital, especialmente en contextos donde se requiere guiar equipos multidisciplinarios, gestionar cambios tecnológicos y fomentar una cultura de innovación (Blanco et al., 2020; Bueno et al., 2024; Casalet, 2023b; Garcia-Loro et al., 2021; Gonzalez-Gomez et al., 2023; Hernandez-de-Menendez, Escobar Díaz, et al., 2020b; Hernandez-de-Menendez, Morales-Menendez, et al., 2020). Por lo tanto, su inclusión en este estudio resulta pertinente para fortalecer el desarrollo integral de los futuros profesionistas en ingeniería.

Por otro lado, aunque la competencia digital relacionada con la Seguridad (protección de dispositivos, datos personales, salud y medio ambiente) es una dimensión reconocida dentro del marco europeo, en el presente estudio no se incluyó. Esto se debe a que el enfoque de la tesis se centra específicamente en las competencias orientadas al desarrollo de proyectos de transformación digital en contextos educativos de ingeniería, particularmente aquellas vinculadas a la gestión de proyectos, el uso de tecnologías para la recolección y análisis de datos, la programación, la colaboración digital y el liderazgo con herramientas tecnológicas.

El diseño de esta encuesta abarca las 5 dimensiones aplicada a estudiantes de Ingeniería Industrial para la primera parte del estudio, tal y como se muestran en el Anexo 1 en donde también se incluye la imagen del formulario.

### **Instrumento 2 para la recolección de datos**

Con el propósito de evaluar el impacto de la propuesta dentro del *Learning Factory* con los equipos que se adquirieron, se diseñó un segundo instrumento de medición. El diseño del nuevo instrumento se realizó siguiendo las etapas metodológicas

propuestas por Sampieri et al. (2014), incluyendo la delimitación del dominio de estudio y sus indicadores, la selección del tipo de instrumento, la realización de una prueba piloto y la elaboración de la versión final del instrumento y su sistema de medición. Como parte de este proceso, se elaboró una primera propuesta de indicadores de nivel de logro, la cual fue sometida a revisión por un panel de tres expertos con grado de doctorado en Ingeniería Industrial, quienes realizaron observaciones y sugerencias específicas que permitieron ajustar y fortalecer la redacción y pertinencia de los ítems. La validación de los expertos se encuentra en el Anexo 8.

Los enunciados de este segundo instrumento se identificaron con las competencias tecnológicas y no tecnológicas, como se presenta en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Enunciados del segundo instrumento y tipo de competencia*

<b>Enunciado</b>	<b>Competencia</b>
Learning Factory mejoró integrar tecnologías	Tecnológica
Aprendí herramientas digitales	Tecnológica
Desarrollé habilidades de mejora continua	Tecnológica
Puedo resolver problemas reales	Tecnológica
Entiendo retos transformación I 4.0 / 5.0.	Tecnológica
Mejoré trabajo en equipo	No tecnológica
Comuniqué de manera efectiva en equipo	No tecnológica
Desarrollé liderazgo	No tecnológica
Adaptable y flexible a cambios	No tecnológica
Facilitó aplicación teoría-práctica	Tecnológica
Aumentó interés en proyectos de manufactura	No tecnológica
Adquirí competencias para situac laboral actual	Tecnológica
Satisfecho con los recursos, apoyos	No tecnológica

Como resultado de este proceso de validación experta, el instrumento quedó estructurado en cuatro dimensiones, las cuales reflejan la manifestación de las competencias evaluadas en un entorno práctico tipo *Learning Factory* y se encuentran en el Anexo 2 con la imagen del formulario en Google Forms.

### ***3.2.4 Determinación de la muestra y su criterio de selección***

Para la aplicación del cuestionario orientado a la evaluación de competencias vinculadas con la transformación digital, fue necesario definir el tipo de muestreo empleado en la investigación. Dado que la selección de los participantes respondió a criterios específicos derivados del planteamiento del problema y de los objetivos del estudio, se optó por un muestreo no probabilístico de tipo intencional para seleccionar a estudiantes de un total de 105 inscritos en Ingeniería Industrial. Este tipo de muestreo permite seleccionar casos que cumplen con características previamente establecidas, en este caso, estudiantes de Ingeniería Industrial que cursan asignaturas relacionadas con el desarrollo y gestión de proyectos, y que han tenido contacto con actividades asociadas a la transformación digital.

El criterio de selección de los participantes consideró a estudiantes inscritos del cuarto semestre al último de la carrera, dado que han cursado asignaturas vinculadas con entregables asociados a la transformación digital, lo que permite un análisis más pertinente del fenómeno estudiado. Se excluyeron los estudiantes de primero a tercer semestre, debido a que en estas etapas iniciales únicamente cursan asignaturas del tronco común, sin una vinculación directa con los contenidos relacionados con la transformación digital.

La selección objetivo del estudio estuvo conformada por 92 estudiantes inscritos en la carrera de Ingeniería Industrial de la universidad bajo estudio. De esta cantidad, se aplicó el primer instrumento de investigación a un total de 62 estudiantes, y el segundo instrumento a 30 estudiantes, lo que representa el 87.6% del total de la población de estudiantes inscritos en Ingeniería Industrial, aunque cabe resaltar que los 92 estudiantes seleccionados corresponden al 100% de la población con cursos asociados a transformación digital.

El tamaño de la muestra alcanzada resulta metodológicamente adecuado para los objetivos de la investigación, ya que cubre una proporción ampliamente representativa

de la población total. Si bien el muestreo empleado fue de tipo no probabilístico, la alta cobertura poblacional fortalece la validez interna de los resultados obtenidos debido a que se seleccionaron grupos de estudiantes que realizaron proyectos en empresas o dentro del laboratorio de la universidad. Además, los estudiantes participantes comparten características académicas homogéneas en cuanto a formación, contexto institucional y exposición a experiencias de aprendizaje vinculadas con la transformación digital, lo que permite realizar análisis estadísticos consistentes y comparables.

Asimismo, el propósito del estudio no fue la generalización estadística a otras poblaciones, sino la comprensión y validación de una estrategia de capacitación en un contexto educativo específico en la universidad privada de Puebla, México. En este sentido, el tamaño de la muestra es suficiente para identificar relaciones relevantes en el desarrollo de competencias, garantizando la confiabilidad y pertinencia de los hallazgos dentro del alcance definido de la investigación.

### **3.3 Trabajo de campo**

El trabajo de campo se organizó a partir de una planificación estructurada de proyectos y actividades secuenciales que permitió gestionar de manera sistemática las fases de implementación de la investigación. Este trabajo de campo contempló la ejecución de seis proyectos académicos desarrollados entre abril de 2024 y abril de 2025, con duraciones variables de cinco a diez semanas, en distintos contextos formativos y aplicados. La programación detallada de estas acciones, incluyendo periodos de ejecución, duración, número de participantes y contexto de aplicación, se presenta en el Anexo 3, donde se incorpora el diagrama de Gantt utilizado para la planificación y seguimiento del proceso. Además, hubo una planificación que contempló la asignación de responsabilidades específicas. La coordinación general estuvo a cargo de la investigadora principal, y la implementación operativa tuvo el apoyo de docentes, colaboradores y estudiantes participantes según el proyecto que se realizó. Esta fase se

desarrolló siguiendo un procedimiento definido que permitió asegurar la trazabilidad, validez y confiabilidad de la información obtenida.

El procedimiento del trabajo de campo se estructuró en seis etapas consecutivas:

- (1) planificación de la aplicación de los instrumentos
- (2) aplicación del primer instrumento de medición,
- (3) organización y codificación de la información recolectada,
- (4) procesamiento estadístico de los datos,
- (5) análisis inferencial y contrastación de la hipótesis, y
- (6) aplicación del segundo instrumento para la validación de la propuesta de transformación.

Estas etapas se llevaron a cabo con la participación de estudiantes de Ingeniería Industrial de la universidad privada en Puebla, México, utilizando recursos digitales y tecnológicos institucionales. Previo a la aplicación definitiva, se realizó una prueba piloto con 11 estudiantes, equivalente al 11 % de la muestra total, con el propósito de evaluar la claridad, pertinencia y confiabilidad del instrumento. La aplicación permitió identificar ajustes menores en la redacción de algunos ítems y en la estructura de respuesta, lo que contribuyó a optimizar la validez y comprensión del cuestionario antes de su implementación final. Durante todo el proceso se garantizó la confidencialidad, anonimato y uso ético de la información, conforme a las normas institucionales y a los principios de la investigación científica.

### ***3.3.1. Aplicación de los instrumentos***

En esta etapa del trabajo de campo se aplicaron los instrumentos de obtención de datos definidos en el diseño metodológico, con el propósito de medir el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital y validar la estrategia de capacitación propuesta. La aplicación se realizó en dos momentos diferenciados, correspondientes a dos instrumentos con alcances complementarios.

Para el primer instrumento, la recolección y organización de los datos se realizó siguiendo los pasos metodológicos propuestos por Sampieri para estudios cuantitativos:

- (1) se establecieron los códigos de las categorías o alternativas de respuesta de los indicadores
- (2) se elaboró un libro de códigos que los incluyó uno por uno
- (3) se efectuó físicamente la codificación de cada respuesta en una hoja de cálculo; y finalmente,
- (4) se guardaron los datos codificados en un archivo permanente para su posterior análisis estadístico.

Esta secuencia permitió garantizar la trazabilidad, integridad y sistematicidad del procesamiento de datos.

La aplicación de las encuestas del primer instrumento se llevó a cabo en el primer semestre de 2024 con tres grupos y en el segundo semestre 2024 con dos grupos en total a 62 estudiantes del programa de Ingeniería Industrial, quienes participaron en proyectos desarrollados dentro del laboratorio de su universidad o con datos reales proporcionados por empresas de la ciudad de Puebla. Lo siguiente que se realizó fue establecer los códigos de las categorías. Los datos fueron organizados y sistematizados en una hoja de cálculo en Microsoft Excel. Las columnas corresponden a los indicadores, los renglones representan a cada estudiante que respondió de los formatos Google Forms, y las celdas tienen los datos o valores que respondieron de la escala Likert. Para el análisis cuantitativo de los datos recopilados mediante el cuestionario, las respuestas cualitativas correspondientes al nivel de dominio percibido en cada competencia fueron codificadas en una escala numérica tipo Likert. Esta conversión permitió realizar un tratamiento estadístico adecuado de la información. Las categorías de respuesta se asignaron de la siguiente manera:

“No tengo habilidad” = 1,

“Habilidades básicas” = 2,

“Habilidades intermedias” = 3,

“Habilidades avanzadas” = 4

“Habilidades expertas” = 5.

La aplicación de la segunda encuesta fue para un grupo de 30 estudiantes de una materia en el primer semestre de 2025 que realizaron actividades con el laboratorio completamente equipado. En el segundo instrumento se asignaron identificadores abreviados a cada indicador. La Tabla 9 presenta la clasificación de los indicadores por dimensiones, lo que permite distinguir los aprendizajes adquiridos en función del tipo de competencia evaluada y su vinculación con las demandas del entorno laboral actual.

### **Tabla 9**

*Indicadores del instrumento 2 clasificados por dimensiones en la Learning Factory*

#### **Dimensión 1: Integración tecnológica y aprendizaje técnico**

INTEG\_TECN – Learning Factory mejoró integrar tecnologías

USO\_HTADG – Aprendí herramientas digitales

MEJO\_CONT – Desarrollé habilidades de mejora continua

SOL\_PROBL – Puedo resolver problemas reales

ALFAB\_DIGI – Entiendo retos transformación I4.0 / 5.0.

#### **Dimensión 2: Competencias interpersonales**

COLABORAC – Mejoré trabajo en equipo

COMUNICAC – Comunicqué de manera efectiva en equipo

LIDERAZGO – Desarrollé liderazgo

ADAPTABILID – Adaptable y flexible a cambios

#### **Dimensión 3: Aplicación práctica del conocimiento**

TEOR\_PRACTI – Facilitó aplicación teoría–práctica

MOTIVACION – Aumentó interés en proyectos de manufactura

EMPLEABILI – Adquirí competencias para situación laboral actual

#### **Dimensión 4: Satisfacción general con la experiencia**

CON\_RECUR – Conforme con los recursos, equipos, apoyos

Las respuestas de la escala tipo Likert fueron codificadas en valores numéricos, asignando el valor de 1 a la opción *Totalmente en desacuerdo* y el valor de 5 a *Totalmente de acuerdo*.

La aplicación de los instrumentos evidenció un adecuado funcionamiento de los procedimientos de recolección de datos, reflejado en una alta tasa de respuesta, consistencia en los registros obtenidos y ausencia de inconsistencias significativas en la información recopilada, lo que confirma la efectividad de las vías empleadas para la obtención de los datos.

### ***3.3.2. Procesamiento de la información***

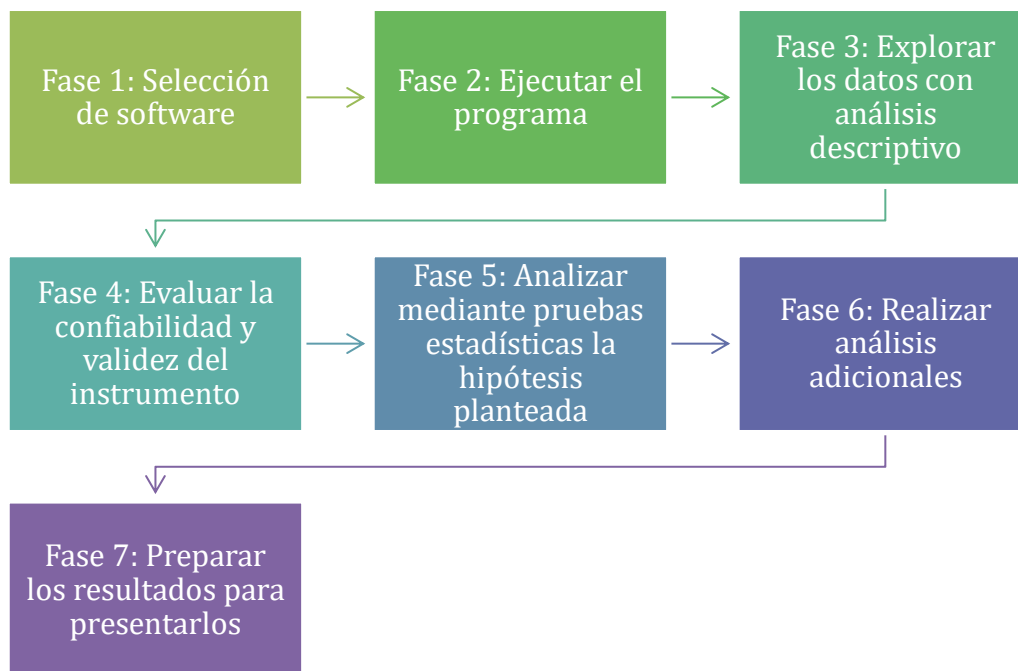
Una vez concluida la aplicación de los instrumentos, se continuó al procesamiento de la información recolectada, siguiendo un procedimiento estructurado que permitió transformar los datos recopilados en información analizable para la validación de la hipótesis de investigación.

Se utilizaron las fases metodológicas propuestas por Sampieri et al (2014), las cuales orientan el proceso de tratamiento y análisis de datos en investigaciones de enfoque cuantitativo. Estas fases permitieron organizar el manejo de los datos desde su preparación inicial hasta la interpretación final de los resultados, asegurando la validez y confiabilidad del proceso de investigación. En la figura 8 se muestra el procedimiento con cada una de las fases las cuales permitieron garantizar el rigor en el manejo de los datos, asegurando que los hallazgos respondieran adecuadamente a los objetivos de la investigación.

Asimismo, esta estructura metodológica permitió asegurar que los hallazgos derivados del análisis estadístico respondieran directamente a los objetivos planteados, facilitando la comprensión de las relaciones entre variables y proporcionando evidencia sólida para la validación de la hipótesis formulada. De esta manera, el proceso de análisis no solo permitió organizar los datos de forma adecuada, sino que también aseguró la pertinencia y el rigor científico en la interpretación de los resultados.

**Figura 8**

*Fases del análisis estadístico de datos para la validación del instrumento y prueba de hipótesis*



*Nota: Elaboración propia basada en la metodología de Sampieri (Hernández Sampieri et al., 2014)*

Para la Fase 1 se decidió utilizar Excel al descargar los formularios utilizados en línea para su posterior uso en el software SPSS. En la fase 2 se prepararon los indicadores de las competencias y se codificaron para un manejo adecuado. Los datos se organizaron dentro del software en donde cada renglón corresponde a las valoraciones de los estudiantes sobre cinco dimensiones de competencias digitales: procesamiento de datos, programación, solución de problemas, comunicación y liderazgo. Los valores numéricos reflejan una escala Likert de 1 a 5, donde 5 indica un mayor nivel de acuerdo o dominio percibido de la competencia evaluada.

La Fase 3 del análisis descriptivo se procesó con el software SPSS de medias, desviación estándar y frecuencias. Se realizó también un estudio de prevalencia con las frecuencias obtenidas del estudio.

Para la Fase 4 de evaluar la fiabilidad del cuestionario aplicado sobre competencias para la transformación digital, se utilizó el software SPSS con la prueba de fiabilidad alfa de Cronbach. Este indicador estadístico permite analizar la consistencia interna de los indicadores que componen cada una de las dimensiones del instrumento, asegurando que miden una misma construcción teórica. Se considera que un valor de  $\alpha$  igual o superior a 0.70 indica una fiabilidad aceptable (Hernández Sampieri et al., 2022). Esta prueba estadística permite estimar el grado en que los indicadores que lo componen miden de manera coherente el mismo constructo.

En la Fase 5 se realizó el análisis estadístico inferencial respecto a la hipótesis planteada. Debido a que los datos recolectados a través del cuestionario fueron medidos en una escala ordinal tipo Likert y la prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov) indicó una distribución no normal, se optó por utilizar el coeficiente de correlación  $\rho$  rho de Spearman. Este análisis no paramétrico es adecuado para evaluar la fuerza y dirección de la relación entre indicadores, sin requerir normalidad en los datos (Hernández Sampieri et al., 2014).

La fase 6 consistió en realizar pruebas adicionales para verificar la tendencia y evaluar los datos (Hernández Sampieri et al., 2014) Esto se mostrará en la sección 4.7 de valoración de la propuesta de transformación.

Durante el desarrollo del trabajo de campo se registraron incidencias tanto favorables como limitantes que aportaron información relevante para la evaluación del proceso. Entre los aspectos positivos destaca que la planificación previa de las actividades permitió dar seguimiento sistemático a cada fase de los proyectos, facilitando la organización temporal, el control de avances y la supervisión continua de los participantes. Esta forma de trabajo contribuyó a la ejecución ordenada de las actividades y a la recopilación eficiente de datos.

En cuanto a los eventos no previstos, se identificaron situaciones operativas menores que influyeron temporalmente en el ritmo de ejecución. En el Proyecto 4 se presentó una interrupción puntual debido a una falla en el sensor de la banda transportadora ocasionada por una conexión incorrecta de cableado, lo que generó un retraso en las actividades programadas para ese día. Asimismo, durante el desarrollo del Proyecto 6 en el entorno *Learning Factory*, fue necesario dividir al grupo en dos subgrupos con el fin de garantizar condiciones adecuadas de espacio y seguimiento personalizado, lo que implicó un incremento en el tiempo destinado a las actividades. No obstante, estas situaciones fueron resueltas oportunamente sin afectar la validez general del proceso ni los resultados obtenidos.

### **3.4. Análisis de los resultados en datos obtenidos**

En esta sección se presentan y analizan los resultados que se obtuvieron con la aplicación del primer instrumento de medición, con el objetivo de describir el nivel de dominio percibido por los estudiantes en las competencias vinculadas con la transformación digital. El análisis de los resultados se estructuró en dos etapas: un análisis estadístico descriptivo, orientado a identificar tendencias generales en los niveles de desempeño, y un análisis inferencial, enfocado en explorar las relaciones entre las competencias y su correspondencia con la hipótesis de investigación.

El análisis de fiabilidad de las respuestas obtenidas del primer instrumento se realizó a partir de las respuestas de 62 estudiantes y se obtuvo un valor de Alfa de Cronbach igual a 0.776, obtenido con SPSS en el Anexo 4, lo cual indica una adecuada consistencia interna del instrumento, según los criterios establecidos por George y Mallery (2003).

Como primer acercamiento al comportamiento de los datos, se realizó un análisis estadístico descriptivo que permitió identificar la tendencia central y la variabilidad de las respuestas obtenidas.

### 3.4.1 Estadística descriptiva de las competencias evaluadas

Los resultados del análisis estadístico de la primera parte se encuentran en la Tabla 10 que muestra la estadística descriptiva de las competencias digitales evaluadas mediante escala Likert. Se observa que la competencia con mayor promedio fue "comunicación con uso de tecnología" (media = 4.34), mientras que "programación" obtuvo el promedio más bajo (media = 3.06), con la mayor dispersión en las respuestas (DE = 0.88). Todas las competencias tienen un rango de respuestas entre 2 o 3 y 5, lo que indica variabilidad en la percepción de dominio entre los estudiantes.

**Tabla 10**

*Estadística descriptiva de competencias digitales en estudiantes de ingeniería en 62 estudiantes*

<b>Competencia</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Recolección, procesamiento y análisis de datos	3.87	0.66	3	5
Programación	3.06	0.88	2	5
Solución de problemas con recursos digitales	4.05	0.71	3	5
Comunicación con uso de tecnología	4.34	0.65	3	5
Liderazgo con aplicación de recursos digitales	4.10	0.74	3	5

*Nota: Elaboración propia con base en resultados de análisis descriptivo en SPSS.*

Posteriormente se obtuvieron las tablas y distribuciones de frecuencias de los cinco indicadores y se integraron en la tabla 11 con el nivel y sus porcentajes.

**Tabla 11**

*Frecuencia y porcentaje de niveles de dominio por competencia digital en estudiantes de Ingeniería Industrial*

<b>Indicador</b>	<b>Nivel</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Procesa-analiza	3	18	29
	4	34	54.8
	5	10	16.1
Programación	2	19	30.6
	3	23	37.1
	4	17	27.4
	5	3	4.8
Soluc-problem	3	14	22.6
	4	31	50
	5	17	27.4
Comunicación	3	6	9.7
	4	29	46.8
	5	27	43.5
Liderazgo	3	14	22.6
	4	28	45.2
	5	20	32.3

*Nota: Elaboración propia con base en resultados de análisis descriptivo en SPSS.*

Los datos obtenidos a partir de la encuesta aplicada a 62 estudiantes permitieron identificar los niveles de dominio en cinco criterios clave para la transformación digital: procesamiento y análisis de datos, programación, solución de problemas, comunicación y liderazgo. La escala de medición empleada fue una escala Likert de cinco puntos, en la que 1 representaba un nivel muy bajo de dominio y 5 un nivel muy alto. Las frecuencias obtenidas fueron procesadas en SPSS, generando tanto tablas como representaciones gráficas de barras para cada competencia.

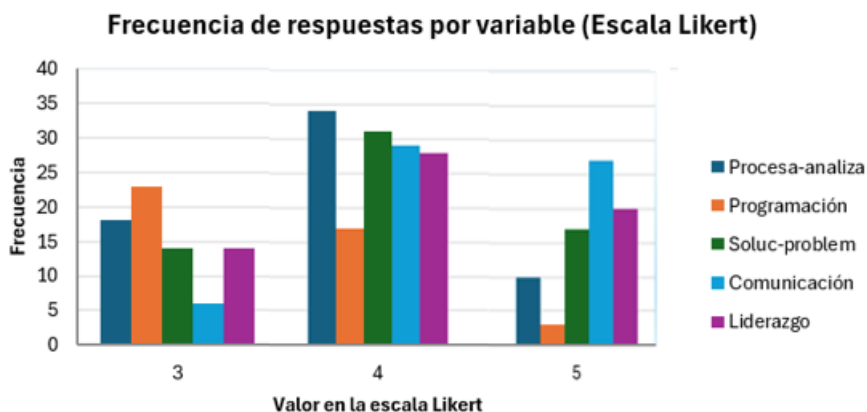
Los resultados descriptivos indican que la competencia procesa\_analiza presenta una concentración alta en el nivel 4 (54.8%), mientras que el nivel 5 fue seleccionado solo por el 16.1% de los estudiantes. En la competencia de programación, la mayoría se

ubicó en niveles medios: nivel 3 con 37.1% y nivel 2 con 30.6%, lo que refleja una oportunidad de fortalecimiento en esta área técnica. En solución de problemas, el 50% indicó nivel 4 y un 27.4% nivel 5, lo que evidencia un dominio favorable. La competencia de comunicación mostró alta concentración en los niveles 4 (46.8%) y 5 (43.5%). Finalmente, en liderazgo, el 45.2% se ubicó en el nivel 4 y el 32.3% en el nivel 5, lo que también refleja un buen nivel percibido en esta habilidad.

Como parte del análisis descriptivo de los datos obtenidos mediante, se elaboraron gráficas de barras como se muestra en la figura 9 para representar la frecuencia con la que los estudiantes evaluaron su nivel de desarrollo en cada una de las cinco competencias analizadas: procesamiento y análisis de datos, programación, solución de problemas, comunicación y liderazgo. Estas gráficas permiten observar la distribución de respuestas en la escala de Likert (niveles del 2 al 5), facilitando la interpretación visual del grado de desarrollo percibido en cada competencia. Se observa que la mayoría de los estudiantes reportan niveles intermedios (valor 4) en todas las competencias excepto Programación. Destaca la alta proporción en "Procesa\_analiza" (54.8%), "Soluc\_problem" (50%), "Comunicación" (46.8%) y "Liderazgo" (45.2%). Estos resultados identifican las fortalezas y oportunidades para la mejora en la formación recibida con entornos digitales.

**Figura 9**

*Distribución de frecuencias por niveles de desarrollo en competencias digitales para la transformación digital*



*Nota: elaboración propia con datos obtenidos de SPSS.*

Se realizó también un estudio de prevalencia con las frecuencias obtenidas del estudio como se muestra en la Figura 10. La prevalencia se entiende como la proporción de individuos que presentan una determinada característica en un momento específico. En este estudio, se calculó la prevalencia de competencias digitales clave, considerando como criterio que los estudiantes respondieran con niveles de “experto” y “avanzado” (4 o 5) respecto a su dominio en cada competencia evaluada. Este enfoque permite cuantificar el grado de preparación de los estudiantes en relación con los requerimientos de la transformación digital. Según Wayne y Chad (Wayne W & Chad L, 2013), la prevalencia es útil para identificar la frecuencia de aparición de una característica en una población, especialmente en estudios de diagnóstico o formación.

## Figura 10

*Prevalencia de competencias digitales en estudiantes de Ingeniería Industrial.*



La gráfica muestra el porcentaje de estudiantes que indicaron, mediante una escala tipo Likert, tener el nivel de competencia experto (valor 5) y el nivel avanzado (valor 4) en cada una de las competencias digitales evaluadas.

Los resultados indican lo siguiente:

- *Comunicación con uso de tecnología* es la competencia con mayor prevalencia (90 %), lo que sugiere que la mayoría de los estudiantes se perciben competentes en habilidades relacionadas con herramientas digitales para expresar ideas, interactuar y colaborar.
- *Liderazgo con aplicación de recursos digitales (78 %)* y *solución de problemas con recursos digitales (78 %)* comparten un segundo lugar, lo cual refleja que los estudiantes reconocen su capacidad para guiar equipos y resolver desafíos usando tecnología.
- *Recolección, procesamiento y análisis de datos* muestra una prevalencia del 71 %, lo que evidencia una base sólida, aunque con espacio para fortalecer habilidades analíticas y de gestión de información.

- En contraste con las demás competencias evaluadas, *programación* presentó la menor prevalencia (32 %) entre los participantes. Este resultado puede explicarse por la naturaleza del programa académico de Ingeniería Industrial, cuyo enfoque central no está orientado al desarrollo de habilidades de programación, sino a la gestión, optimización y análisis de procesos productivos.

### ***3.4.2 Análisis inferencial***

En un enfoque cuantitativo, el análisis inferencial se utiliza para extraer conclusiones, evaluar relaciones entre variables y probar hipótesis más allá de la descripción de los datos muestrales, empleando procedimientos estadísticos que permiten establecer el grado de asociación, diferencia o efecto entre constructos estudiados (Creswell & Creswell, 2018; Hernández Sampieri et al., 2014)

Para profundizar en la validación de la propuesta de transformación y contrastar empíricamente la hipótesis de investigación, se llevó a cabo un análisis inferencial de los datos obtenidos. Cabe mencionar que, en el análisis descriptivo, se caracteriza el comportamiento general de las variables, y en el análisis inferencial se orienta a identificar relaciones significativas entre las competencias evaluadas y a determinar el grado de asociación existente entre ellas. Este enfoque posibilita inferir patrones de desarrollo de competencias aportando evidencia estadística sobre la naturaleza de las competencias vinculadas con la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial.

#### ***3.4.2.1 Prueba de normalidad***

La prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov se utilizó para verificar si los datos se ajustaban a una distribución normal, apropiada para muestras mayores a 50 observaciones ( $n > 50$ ) y para decidir si se emplearán métodos paramétricos o no paramétricos (Hernández Sampieri et al., 2014).

Para el estudio de investigación se describen las hipótesis utilizadas para la prueba de normalidad:

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** los datos siguen una distribución normal.

**Hipótesis alternativa ( $H_a$ ):** los datos no siguen una distribución normal.

Se realizó en SPSS pruebas de normalidad con Kolmogorov-Smirnov como se muestra en la Tabla 12 para las cinco dimensiones: *Procesa\_analiza*, *Programación*, *Soluc\_problem*, *Comunicación* y *Liderazgo*.

**Tabla 12**

*Prueba de normalidad con Kolmogorov-Smirnov*

<b>Indicadores</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov Estadístico</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov Sig.</b>
Procesa_analiza	.287	<.001
Programación	.206	<.001
Soluc_problem	.253	<.001
Comunicación	.280	<.001
Liderazgo	.229	<.001

*Nota: Elaboración propia con base en resultados en SPSS.*

Este resultado obtenido mediante el software SSPS muestra que los valores de significancia son menores a 0.05, por esta razón cuando  $p \leq 0.05$  se rechaza  $H_0 \rightarrow$  los datos **no** siguen una distribución normal. Por lo tanto, se decidió utilizar pruebas no paramétricas para el análisis de correlación, específicamente el coeficiente de correlación  $\rho$  rho de Spearman.

### ***3.4.2.2 Prueba de correlación $\rho$ rho de Spearman***

El coeficiente de correlación rho de Spearman  $\rho$  rho, es una medida de correlación para variables en un nivel de medición ordinal. Se utilizan para relacionar escalas tipo Likert (Hernández Sampieri et al., 2014). Se procedió a aplicar la prueba de correlación  $\rho$  rho de Spearman para explorar las asociaciones entre las competencias evaluadas. Dado que los datos obtenidos corresponden a una escala ordinal tipo Likert y no cumplen con el supuesto de normalidad, se establecieron hipótesis estadísticas orientadas a identificar la existencia de relaciones significativas entre las competencias evaluadas.

Hipótesis nula ( $H_0$ ): No existe relación estadísticamente significativa entre las competencias.

Hipótesis alternativa ( $H_a$ ): Existe relación estadísticamente significativa entre las competencias.

Con la prueba de correlación  $\rho$  rho de Spearman, la comprobación de la hipótesis se basa en dos elementos:

1. El valor de significancia (p-value)
2. El coeficiente de correlación ( $\rho$ , rho)

El criterio de decisión se establece un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ . Si  $p \leq 0.05$  entonces se rechaza  $H_0$ . El p-value muestra si hay correlación. El coeficiente  $\rho$  rho muestra qué tan fuerte es esa relación. La magnitud de correlación se interpretó con base en los criterios propuestos por Evans (Evans, 1996), donde valores entre 0.00 y 0.19 indican una relación muy débil; de 0.20 a 0.39, débil; de 0.40 a 0.59, moderada; de 0.60 a 0.79, fuerte; y valores igual o superior a 0.80, una relación muy fuerte.

Con SPSS se obtuvieron los resultados de correlación  $\rho$  rho de Spearman y se encuentran en el Anexo 5.

Estos resultados se representaron en la matriz de correlación de la Figura 11 en que se observan asociaciones positivas entre todas las competencias.

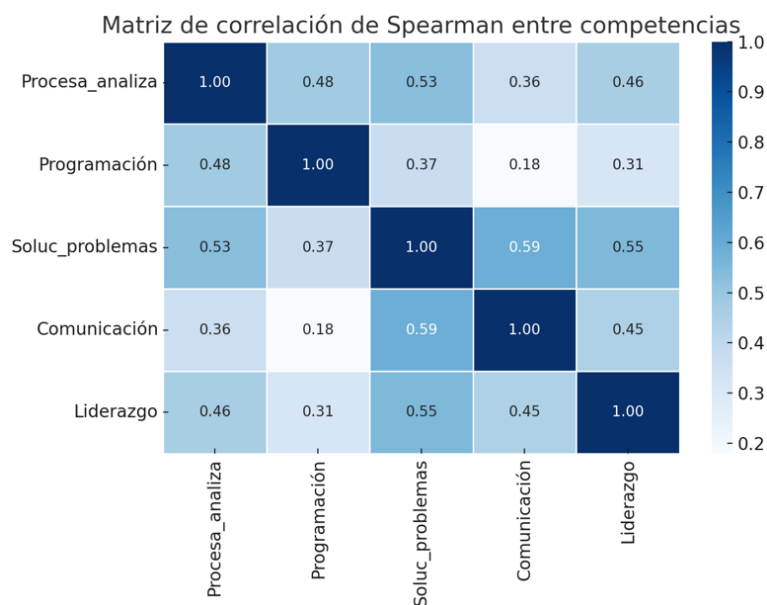
Entre las correlaciones más destacadas se encuentran:

- Comunicación y solución de problemas ( $\rho = 0.59$ ,  $p < 0.01$ ), correlación moderada reafirmando el vínculo entre estas habilidades en contextos colaborativos y digitales.
- Procesa\_analiza y solución de problemas ( $\rho = 0.53$ ,  $p < 0.01$ ), correlación moderada lo cual sugiere que quienes desarrollan habilidades de análisis de datos también tienden a tener un buen desempeño resolviendo problemas.

Estos hallazgos sugieren que el desarrollo de capacidades para resolver problemas con recursos digitales se relaciona estrechamente con habilidades de comunicación. Por otro lado, la correlación más débil se observó entre comunicación y programación ( $\rho=0.18$ ).

### Figura 11

*Resultados del estudio de correlación de competencias*



### 3.4.2.3 Relación de los resultados con la hipótesis de investigación

Los hallazgos obtenidos a través del análisis descriptivo, de prevalencia y la correlación  $\rho$  rho de Spearman respaldan en primer lugar, la alta prevalencia de competencias digitales en los niveles 4 y 5, particularmente en *Comunicación con uso de tecnología* (90 %), *Solución de problemas* (78 %) y *Liderazgo* (78 %), sugiere que los estudiantes no solo han adquirido estas habilidades, sino que también se perciben capaces de aplicarlas de forma práctica y contextualizada en entornos educativos vinculados con la realidad industrial. Esto coincide con lo propuesto por el World Economic Forum (2025), el cual subraya la necesidad de integrar habilidades técnicas (hard skills) y blandas (soft skills) en la formación de talento.

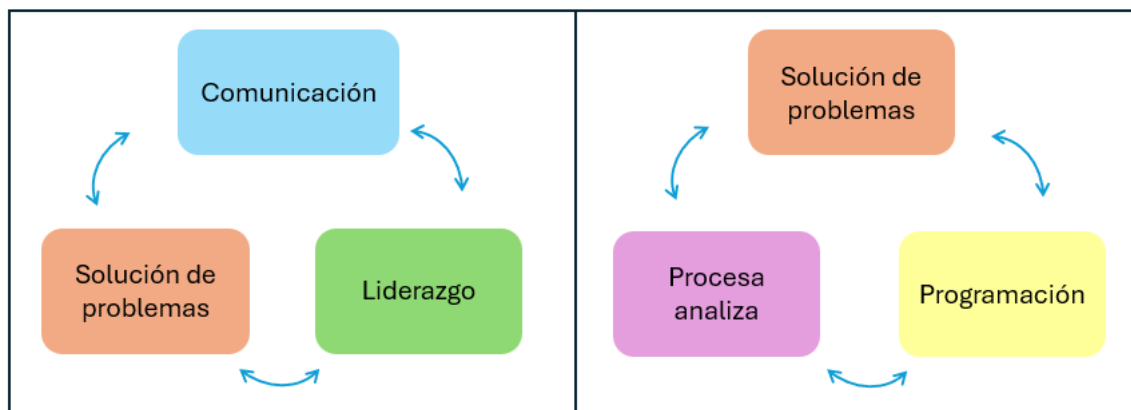
La matriz de correlación  $\rho$  rho de Spearman muestra relaciones positivas y moderadas entre casi todas las competencias evaluadas, destacando los siguientes vínculos:

- *Solución de problemas* correlaciona con *Comunicación* ( $\rho = 0.59$ ) y *Liderazgo* ( $\rho = 0.55$ ).
- *Procesa\_analiza* también muestra correlación con *Solución de problemas* ( $\rho = 0.53$ ), y con *Programación* ( $\rho = 0.48$ ).

Estas correlaciones apoyan la premisa de que el desarrollo de una competencia digital potencia el desarrollo de otras, lo cual refuerza el carácter sistémico y complementario de estas habilidades como se puede observar en la figura 12.

**Figura 12**

*Interrelación entre competencias digitales basado en la correlación  $\rho$  rho de Spearman*



*Fuente: Elaboración propia*

En el primer esquema, se muestra la relación entre *Comunicación*, *Solución de problemas* y *Liderazgo*, destacando su complementariedad en contextos colaborativos y de toma de decisiones. En este sentido, la competencia tecnológica “Solución de problemas” se correlaciona con dos de las no tecnológicas “Comunicación y Liderazgo”. En el segundo cuadro, se visualiza cómo *Procesar y analizar datos* se vincula con *Solución de problemas* y *Programación*, reflejando la integración entre competencias tecnológicas. Estas agrupaciones apoyan la hipótesis de que el desarrollo de una competencia potencia el de otras.

### **3.5 Redacción de resultados y discusión**

Los resultados obtenidos en el análisis descriptivo e inferencial permiten discutir el impacto de la estrategia de capacitación implementada desde una perspectiva formativa y de competencias. En conjunto, los hallazgos evidencian que las competencias vinculadas con la transformación digital no se desarrollan de manera aislada, sino de forma integrada y sistémica, lo cual coincide con los planteamientos

teóricos que conciben la transformación digital que articula habilidades tecnológicas y no tecnológicas.

La alta prevalencia observada en competencias como comunicación con uso de tecnología, solución de problemas y liderazgo sugiere que los estudiantes de Ingeniería Industrial cuentan con una base sólida en habilidades transversales mediadas por tecnología, consideradas prioritarias por organismos internacionales como el World Economic Forum (2025). Estos resultados refuerzan la idea de que, en contextos de transformación digital, el valor profesional del ingeniero no se limita al dominio técnico, sino a su capacidad para comunicar, coordinar y tomar decisiones en entornos colaborativos y digitalizados.

En contraste, la menor prevalencia de la competencia de programación confirma que no todas las competencias digitales se desarrollan con la misma intensidad dentro del currículo de Ingeniería Industrial. Este hallazgo resulta coherente con la orientación del programa académico, centrado en la gestión, optimización y análisis de procesos más que en el desarrollo profundo de software. Sin embargo, esta diferencia también señala un área de oportunidad para fortalecer la alfabetización digital avanzada, especialmente en contextos donde la integración de datos, automatización y analítica adquiere un papel estratégico.

El análisis inferencial aporta evidencia clave para la validación de la hipótesis de investigación. Las correlaciones positivas y moderadas identificadas mediante el coeficiente de correlación  $\rho$  rho de Spearman confirman que el desarrollo de una competencia tiende a potenciar el desarrollo de otras. En particular, la relación entre solución de problemas y comunicación, así como entre liderazgo y habilidades analíticas, evidencia que las competencias tecnológicas y no tecnológicas se refuerzan mutuamente cuando los estudiantes participan en experiencias formativas orientadas a proyectos.

Estos resultados respaldan el enfoque basado en aprendizaje experiencial y en la gestión de proyectos como eje articulador de la formación, ya que simula condiciones reales de trabajo similares a las que enfrentan las organizaciones inmersas en procesos

de Industria 4.0 y 5.0. La interrelación entre competencias observada empíricamente refleja dinámicas propias de entornos industriales reales, donde la resolución de problemas requiere análisis de datos, comunicación efectiva y liderazgo en el trabajo en equipo de los estudiantes. En conjunto, los resultados confirman la coherencia entre la intervención aplicada y el desarrollo de competencias para la transformación digital, evidenciando la pertinencia del modelo propuesto.

## **Capítulo 4: Propuesta de transformación**

En este capítulo se presenta la propuesta de transformación como una estrategia de capacitación para involucrar al estudiante en contextos similares a la industria actual, para con ello promover la manera en participar de forma activa y reflexiva para la toma de decisiones en entornos dinámicos. La estrategia de capacitación como propuesta coloca al estudiante como parte central del proceso formativo, priorizando su experiencia de aprendizaje ante los retos del contexto industrial 4.0 y 5.0. En este capítulo se presenta la fundamentación y el desarrollo de la propuesta de transformación.

### **4.1 Fundamentación de la propuesta de transformación**

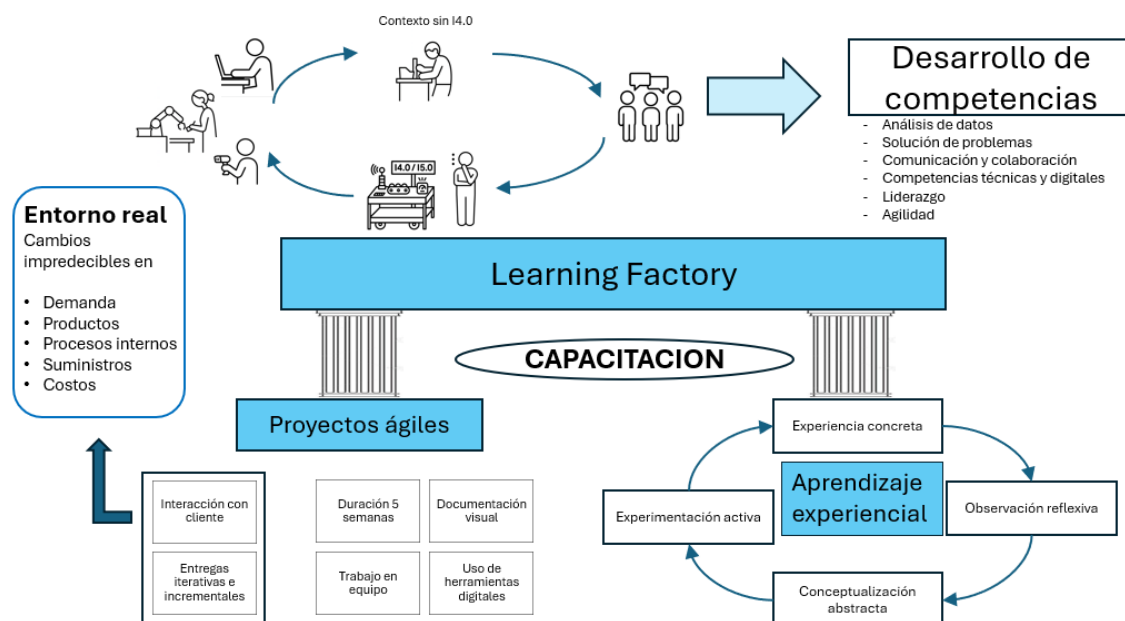
La propuesta de transformación desarrollada en esta investigación se fundamenta en la brecha identificada entre las competencias que actualmente desarrollan los estudiantes de Ingeniería Industrial y las habilidades tecnológicas y no tecnológicas que demanda el entorno productivo en el contexto de la transformación digital. El análisis del estado del arte y del marco teórico evidencia que, aunque existe consenso sobre la relevancia de la Industria 4.0 y 5.0 y el desarrollo de competencias digitales, persisten limitaciones en la implementación de propuestas formativas integradas dentro del ámbito universitario.

Además, la revisión documental muestra que iniciativas educativas incorporan tecnologías o metodologías de manera aislada, sin que permita el desarrollo sistemático de competencias en contextos reales. Estos hallazgos se ven reforzados por los resultados empíricos del estudio, los cuales señalan la necesidad de fortalecer competencias vinculadas con la gestión de proyectos, el trabajo colaborativo, la toma de decisiones basada en datos y la adaptación a entornos caracterizados por la incertidumbre y la complejidad.

En este escenario, se justifica una estrategia de capacitación en la figura 13 como tipo de propuesta, al tratarse de un enfoque que permite integrar distintos componentes formativos para el contexto institucional y al perfil de los estudiantes. La fundamentación de la propuesta se sustenta en la revisión teórica, la sistematización de la literatura y la evidencia empírica obtenida en el trabajo de campo de la sección 3.3, estableciendo así las bases conceptuales para el diseño de la estrategia presentada en este capítulo.

**Figura 13**

*Estrategia de capacitación en competencias digitales e industriales a través de Learning Factory*



*Nota: Elaboración propia de esta investigación*

La estrategia de capacitación incluye tres ejes articuladores: *Learning Factory*, proyectos ágiles y aprendizaje experiencial, cuya interacción genera un entorno educativo dinámico centrado en el desarrollo de competencias clave.

Como se describió en el punto 1.6 de Campo de acción, se seleccionó una universidad privada ubicada en la ciudad de Puebla, México que ofrece el programa de Ingeniería Industrial y que ha impulsado iniciativas para orientar su laboratorio académico hacia la transformación digital. Este laboratorio comenzó su proceso de actualización tecnológica en 2023, con la adquisición de nuevos equipos, y a partir de enero de 2024 se incorporaron algunas actividades con estudiantes en dicho espacio. Derivado del análisis teórico, del diagnóstico del problema y de los resultados empíricos obtenidos, se presenta a continuación la estructura de la propuesta de transformación, la cual organiza y articula los elementos que la conforman.

#### **4.2. Descripción de la propuesta de transformación**

Con base en los hallazgos teóricos y empíricos obtenidos en la investigación, se plantea una propuesta de transformación orientada a la capacitación en gestión de proyectos como estrategia para el fortalecimiento de competencias vinculadas con la transformación digital. La propuesta de transformación se concibe como una estrategia formativa aplicable en el contexto de la educación superior en ingeniería, particularmente en programas de Ingeniería Industrial que cuentan con entornos de aprendizaje práctico y recursos tecnológicos para la simulación de procesos productivos. Su alcance se orienta al fortalecimiento de competencias para la transformación digital mediante la integración de metodologías activas, proyectos ágiles y experiencias tipo *Learning Factory*, lo que permite su implementación en escenarios académicos similares que busquen vincular la formación teórica con la práctica profesional y responder a las demandas actuales del sector industrial.

La propuesta se fundamenta con el componente del espacio conocido como *Learning Factory*, un entorno de aprendizaje que simula los procesos reales de una empresa manufacturera o de servicios. En este espacio, se integran la teoría y la práctica, permitiendo que los estudiantes trabajen con casos reales bajo dos modalidades:

- Proyectos internos de laboratorio, donde se recrean situaciones empresariales con equipos reales, sensores, cobots, estaciones de trabajo y sistemas de captura de datos.

- Proyectos con empresas externas, donde las organizaciones comparten datos reales o problemáticas específicas para que los estudiantes desarrollen soluciones desde el entorno universitario.

Este enfoque fomenta la transferencia del conocimiento técnico a situaciones reales, desarrollando habilidades prácticas en contextos que simulan las condiciones de la Industria 4.0 y 5.0.

El segundo componente de la estrategia consiste en el diseño y ejecución de proyectos ágiles, estructurados con base en metodologías iterativas e incrementales. Estos proyectos se desarrollan en un lapso de 5 semanas, con posibilidad de ampliación a 10 semanas para proyectos más complejos.

Esta propuesta incluye:

- Interacción continua con el cliente o mentor, quien proporciona retroalimentación durante el proceso.
- Entregas parciales, lo que permite validar avances y realizar ajustes en tiempo real.
- Trabajo en equipo estructurado, donde se asignan roles y responsabilidades.
- Uso de herramientas digitales para la documentación visual, gestión de tareas y análisis de datos.

Este esquema permite que los estudiantes tengan una dinámica de trabajo colaborativa, adaptable y enfocada en resultados, tal como ocurre en entornos empresariales ágiles.

El tercer componente sustenta la estrategia en la metodología de aprendizaje experiencial de Kolb, la cual se operacionaliza mediante una secuencia de cuatro etapas:

1. Experiencia concreta: los estudiantes vivencian una situación problemática. Por ejemplo, una estación de trabajo sin digitalización que presenta retrasos operativos.
2. Observación reflexiva: se promueve la observación crítica en equipos de trabajo, revisando datos reales, evidencias del proceso y herramientas utilizadas.
3. Conceptualización abstracta: los estudiantes investigan conceptos y tecnologías aplicables, como soluciones de Industria 4.0 o Industria 5.0.
4. Experimentación activa: se implementan soluciones usando los recursos del laboratorio (sensor, bases de datos, software de análisis, robot móvil autónomo, robot colaborativo) y se valida la propuesta con la empresa.

Esta metodología activa fortalece la autonomía, la reflexión crítica y la capacidad para aplicar conocimientos técnicos a problemas del mundo real.

### **4.3 Objetivos de la propuesta**

#### ***4.3.1 Objetivo general***

Capacitar a estudiantes de Ingeniería Industrial en gestión de proyectos, mediante entornos tipo *Learning Factory*, para fortalecer el desarrollo de competencias vinculadas con la transformación digital, en estudiantes de una universidad privada de Puebla, contribuyendo a la reducción de la brecha de talento especializado.

#### ***4.3.2 Objetivos específicos***

- a) Desarrollar competencias digitales y de gestión de proyectos mediante actividades formativas integradas en entornos de aprendizaje que simulan procesos industriales reales.
- b) Fortalecer competencias no tecnológicas, tales como trabajo colaborativo, comunicación efectiva, liderazgo y toma de decisiones en contextos caracterizados por la incertidumbre y la complejidad.
- c) Favorecer la vinculación entre la formación académica y las demandas del sector productivo, a través de la aplicación de proyectos en entornos tipo *Learning Factory*.
- d) Contribuir al fortalecimiento del perfil de egreso de los estudiantes de Ingeniería Industrial, orientado a su empleabilidad en contextos de transformación digital.

### **4.4. Actividades, fases y etapas**

El presente apartado describe el proceso de realizar las actividades, así como las fases y etapas de la propuesta de transformación orientada al desarrollo de competencias en entornos tipo *Learning Factory*, que se muestra en la tabla 13 a partir del seguimiento sistemático de un grupo de estudiantes que participaron en la implementación de la

estrategia. La propuesta de transformación se llevó a cabo con un grupo de 30 estudiantes de Ingeniería Industrial, quienes participaron activamente en las actividades desarrolladas dentro del laboratorio *Learning Factory*. Durante este periodo, los estudiantes trabajaron en equipos de cinco integrantes dentro del laboratorio *Learning Factory*, utilizando maquinaria y dispositivos de la Industria 4.0 y 5.0 y aplicando un enfoque de trabajo basado en proyectos.

**Tabla 13**

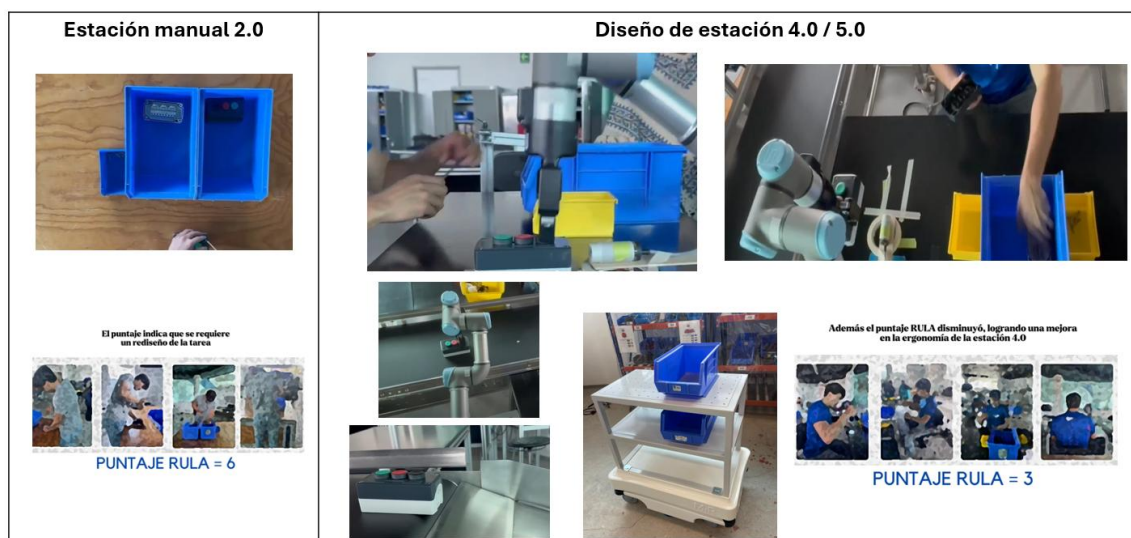
*Modelo de implementación de la estrategia de capacitación basada en Learning Factory*

<b>Actividades formativas</b>	<b>Fase de aprendizaje experiencial</b>	<b>Etapas operativas</b>	<b>Evidencia de logro</b>
Se imparten los temas del curso, se refuerzan con experiencias de empresas, se incluye esquema de trabajo ágil	Experiencia concreta (Contexto real)	Diagnóstico inicial del sistema productivo o estación de trabajo	Identificación de problemas y registro de condiciones iniciales
Se complementa la formación con capacitación adicional de la tecnología que se tiene	Observación reflexiva	Análisis crítico del proceso y detección de oportunidades de mejora	Reporte de observaciones y análisis técnico
Revisiones periódicas de avance con presentaciones en equipo	Conceptualización abstracta	Diseño de propuestas de mejora integrando tecnologías I4.0/5.0	Prototipos, diagramas, simulaciones o modelos
Se incluyen entregas iterativas e incrementales	Experimentación activa	Implementación, prueba y validación de soluciones	Resultados de pruebas, indicadores de desempeño y mejoras verificadas

La estrategia de capacitación se estructura en fases secuenciales basadas en el modelo de aprendizaje experiencial de Kolb, integradas dentro del entorno *Learning Factory* para garantizar la adquisición progresiva de competencias. En la figura 14 se muestran las imágenes de la propuesta aplicada. En la primera fase, se definen y contextualizan las actividades a desarrollar junto con los temas teóricos, presentando a los estudiantes un escenario realista de trabajo con una estación sin el esquema digital. Para el seguimiento de la propuesta de esta investigación se utilizó una estación de trabajo con ensamble manual en donde la altura del plano de trabajo estaba por debajo de lo que se recomienda ocasionando posturas ergonómicamente inadecuadas. Un método de evaluación de posturas es el RULA, que se impartió como contenido de la teoría la materia. Posteriormente, se desarrolla la observación reflexiva mediante el análisis colaborativo entre los integrantes del equipo, quienes identifican áreas de mejora en el sistema de trabajo. En la fase de conceptualización abstracta, los participantes diseñan propuestas de rediseño incorporando principios de automatización, ergonomía y tecnologías digitales. Finalmente, en la etapa de experimentación activa, los estudiantes programan, implementan y prueban soluciones tecnológicas para optimizar la estación, validando su funcionamiento mediante indicadores de desempeño. Este proceso secuencial, ilustrado en la figura 13 corresponde al proyecto realizado y evidencia la combinación entre teoría, práctica y reflexión crítica como base para el desarrollo de competencias en transformación digital.

## Figura 14

*Rediseño de estación de trabajo con enfoque 4.0/5.0 en la Learning Factory*



Como resultado del proyecto, los estudiantes implementaron estaciones de trabajo colaborativas que integraron un robot colaborativo UR3 y un sistema de pesaje con integración digital. El rediseño se enfocó en la mejora ergonómica del puesto de trabajo, logrando una reducción del puntaje RULA de 6 a 3, lo que evidencia una mejora significativa en la postura del operador. Esta actividad permitió a los estudiantes simular procesos industriales reales y aplicar de manera integrada conceptos asociados a la Industria 4.0 y 5.0. Al finalizar el proyecto, se aplicó el instrumento de valoración de la propuesta.

### 4.5 Recursos necesarios para la aplicación de la propuesta

Los recursos requeridos para la implementación de la propuesta se clasifican en cinco categorías: humanos, financieros, técnicos, tecnológicos y físicos. Los recursos humanos comprenden al personal docente facilitador, un laboratorista como apoyo dentro del *Learning Factory*, estudiantes participantes y, en algunos casos, mentores del sector productivo. Los recursos financieros corresponden a los fondos destinados al mantenimiento de equipos, adquisición de materiales y actualización tecnológica. Los

recursos técnicos incluyen guías de trabajo y procedimientos operativos necesarios para la ejecución de las actividades formativas. En la figura 15 se muestra una de las guías elaboradas para el trabajo dentro de Learning Factory. En esta guía de trabajo se describen la primera página de los pasos para el uso del Robot móvil autónomo.

**Figura 15**

*Guía de trabajo para el uso del Robot Móvil autónomo*

USO ROBOT MÓVIL AUTONOMO	
<p><b>Estación de trabajo</b></p> <p>9039 embarques 6804 estaciones</p> <p>Cuenta administrador: carlos Contraseña: flores7340 <a href="mailto:cfloresm@tec.mx">cfloresm@tec.mx</a> PIN Code: 7340</p> <p>IP para tablet: 10.50.77.233</p>	<p>El robot siempre hay que dejarlo estacionado y separado de la pared</p> 
<p>Para prender el robot, al inicio de la clase, se va a presionar el botón liso, que es el azul y se esperan unos 20 segundos en lo que está parpadeando la luz y para verificar que ya haya encendido en el botón de paro de seguridad tiene a un lado un botón, ese debe de prender en azul</p> <p>Ya que empezó a parpadear el botón azul a un lado del control de seguridad, se tiene que prender en color rojo abajo, y luego hay que liberar el botón de paro para que cambie de color amarillo</p>	
<p>Prender la Tablet, da clic al botón de Internet, y luego aparece un menú donde viene el botón de Mir, el que está a la izquierda View Dashboard IP 10.50.77.233</p> <p>NOTA: LA TABLET DEBE ESTAR CONECTADA A LA RED WIFI Tec porque así se definió con el proveedor</p>	
<p>Ya que tengo la Tablet iniciada, hay que sacar el robot. NOTA: SOLAMENTE PARA SACAR Y COLOCAR EL ROBOT EN SU LUGAR ESTACIONADO SIEMPRE DEBE SER CON LA CUENTA DE RESPONSABLES. La cuenta es Pin Code 7340 y en automático abre la otra pantalla.</p>	
<p>Aparece esta imagen, da clic en el botón de Reduced Speed, y mover touch la manivela, para desplazar el robot a la primera estación.</p> 	

Los recursos tecnológicos están constituidos por los dispositivos y sistemas digitales utilizados en la simulación de procesos industriales, tales como robots colaborativos, sistemas de automatización, plataformas digitales y software especializado. Finalmente, los recursos físicos se refieren a la infraestructura donde se desarrollan las actividades, incluyendo laboratorios, estaciones de trabajo, mobiliario y áreas de experimentación práctica. Esta clasificación permite evidenciar la factibilidad operativa de la propuesta y su posibilidad de replicación en contextos educativos similares.

A continuación, se describe la correspondencia de los objetivos específicos de la propuesta de transformación con los recursos que se requieren. En relación con el desarrollo de competencias digitales y de gestión de proyectos, se requiere infraestructura tecnológica y espacios formativos que permitan simular procesos industriales reales. En el contexto institucional donde se desarrolló la investigación, estos recursos incluyen laboratorio especializado, robot colaborativo, robot móvil autónomo, sistema de pesaje digital y plataforma ERP, los cuales facilitan experiencias prácticas alineadas con entornos de Industria 4.0/5.0.

Para el fortalecimiento de competencias no tecnológicas, tales como trabajo colaborativo, comunicación, liderazgo y toma de decisiones, se dispone de mobiliario de trabajo, equipos de manufactura ligera y estaciones de práctica que favorecen la interacción grupal y la resolución de problemas contextualizados. La dinámica de trabajo contempla asignación rotativa de roles y coordinación de actividades.

En cuanto a la vinculación con el sector productivo, la propuesta requiere la participación de empresas u organizaciones que aporten situaciones reales o problemáticas operativas que los estudiantes analizan y resuelven mediante proyectos aplicados en entornos tipo *Learning Factory*. Finalmente, el fortalecimiento del perfil de egreso se apoya en el acompañamiento docente continuo y en el uso de herramientas de comunicación presencial y digital, que permiten monitorear el desarrollo de competencias y asegurar la retroalimentación formativa durante todo el proceso.

## 4.6 Resultados

Para evaluar la propuesta de transformación implementada en el entorno *Learning Factory*, se realizó al final del proyecto, la obtención de datos con el instrumento 2. El análisis de fiabilidad de las respuestas obtenidas del segundo instrumento se realizó a partir de las respuestas de 30 estudiantes y se obtuvo un valor de Alfa de Cronbach igual a 0.938 de confiabilidad excelente obtenido con SPSS en el Anexo 6.

Se realizó un análisis estadístico descriptivo utilizando el software SPSS. Los resultados obtenidos a partir del segundo instrumento aplicado a los estudiantes se presentan en la Tabla 14, la cual resume los valores mínimos, máximo, media y desviación estándar de cada uno de los indicadores evaluados.

**Tabla 14**

*Estadística descriptiva de competencias de la Learning Factory en estudiantes de ingeniería*

Ítem	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar
INTEG_TECN	3.00	5.00	4.5000	.57235
USO_HTADG	3.00	5.00	4.8333	.46113
MEJO_CONT	3.00	5.00	4.6333	.55605
SOL_PROBL	3.00	5.00	4.4333	.62606
ALFAB_DIGI	3.00	5.00	4.6667	.54667
COLABORAC	3.00	5.00	4.5333	.68145
COMUNICAC	3.00	5.00	4.7333	.52083
LIDERAZGO	3.00	5.00	4.5667	.67891
ADAPTABILID	3.00	5.00	4.4667	.62881
TEOR_PRACTI	3.00	5.00	4.5667	.62066
MOTIVACION	3.00	5.00	4.5333	.68145
EMPLEABILI	3.00	5.00	4.5667	.67891
CON_RECUR	3.00	5.00	4.6333	.55605

*Nota: Elaboración propia con base en resultados en SPSS.*

Los resultados muestran una tendencia positiva generalizada en el desarrollo de competencias clave asociadas a la transformación digital. Todas las medias se encuentran de la escala 1 a 5 sobre el valor de 4.4, lo que muestra un alto nivel de respuesta de los estudiantes con la adquisición de conocimientos, habilidades técnicas y competencias transversales durante la experiencia formativa.

Las puntuaciones más elevadas corresponden a los indicadores relacionados con el uso de herramientas digitales ( $M = 4.833$ ) y la comunicación efectiva en equipo ( $M = 4.733$ ), lo cual evidencia el impacto del entorno colaborativo y tecnológicamente integrado de la *Learning Factory*.

Para el caso de la competencia de resolución de problemas reales ( $M = 4.433$ ), se mantiene dentro de un rango que indica una percepción favorable respecto a la capacidad de aplicar conocimientos en contextos prácticos. De acuerdo con la variabilidad de las respuestas, los resultados obtenidos de las desviaciones estándar se encontraron entre 0.461 y 0.681 que es una dispersión. Estos resultados respaldan la consistencia de la experiencia formativa al fortalecer la efectividad de la estrategia implementada para el desarrollo de competencias relevantes en contextos de Industria 4.0 y 5.0.

A continuación, se muestran los resultados de las frecuencias obtenidas dentro de la tabla 15 en donde se indica el nombre del indicador de competencia, el nivel de respuestas con la frecuencia y el porcentaje que representa.

**Tabla 15***Frecuencia y distribución porcentual de niveles de logro en competencias digitales*

<b>Indicador de Competencia</b>	<b>Nivel</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
INTEG_TECN	3	1	3.3
	4	13	43.3
	5	16	53.3
USO_HTADG	3	1	3.3
	4	3	10
	5	26	86.7
MEJO_CONT	3	1	3.3
	4	9	30
	5	20	66.7
SOL_PROBL	3	2	6.7
	4	13	43.3
	5	15	50
ALFAB_DIGI	3	1	3.3
	4	8	26.7
	5	21	70
COLABORAC	3	3	10
	4	8	26.7
	5	19	63.3
COMUNICAC	3	1	3.3
	4	6	20
	5	23	76.7
LIDERAZGO	3	3	10
	4	7	23.3
	5	20	66.7
ADAPTABILID	3	2	6.7
	4	12	40
	5	16	53.3
TEOR_PRACT	3	2	6.7
	4	9	30
	5	19	63.3
MOTIVACION	3	3	10
	4	8	26.7
	5	19	63.3
EMPLEABILI	3	3	10
	4	7	23.3
	5	20	66.7
CON_RECUR	3	1	3.3
	4	9	30
	5	20	66.7

*Nota: Elaboración propia con los datos obtenidos de SPSS*

El análisis de frecuencias y distribución porcentual, presentado en la Tabla 14, muestra una clara concentración de respuestas en los niveles 4 (de acuerdo) y 5 (totalmente de acuerdo) para todos los indicadores evaluados. La presencia de respuestas en el nivel 3 fue mínima, con uno hasta tres estudiantes por criterio, lo que refuerza la percepción positiva y consistente de los participantes respecto a los beneficios de la experiencia.

En la Dimensión 1 (Integración tecnológica y aprendizaje técnico) se obtuvo en el criterio uso de herramientas digitales el 86.7% en nivel 5 y la alfabetización digital con el 70% en nivel 5, resultados coherentes con la naturaleza tecnológica y experimental del entorno *Learning Factory*. El criterio de solución de problemas alcanzó valores elevados, confirmando la pertinencia del aprendizaje basado en proyectos para promover el razonamiento analítico y la toma de decisiones.

En la Dimensión 2 (Competencias interpersonales) presentó también resultados favorables, sobresaliendo la comunicación efectiva (76.7% en nivel 5) y el trabajo colaborativo (63.3% en nivel 5). Estos hallazgos son consistentes con la literatura que señala que los entornos colaborativos favorecen el desarrollo de habilidades sociales, liderazgo y adaptabilidad, competencias clave en entornos VUCA.

Para la Dimensión 3 (Aplicación práctica del conocimiento), los estudiantes reconocieron una conexión entre teoría y práctica, así como un aumento en la motivación hacia áreas de manufactura y producción. Estos resultados sugieren que la experiencia no solo fortaleció habilidades técnicas, sino que también influyó positivamente en la orientación profesional y la percepción de empleabilidad.

Finalmente, en la Dimensión 4 (Satisfacción general) se encontró como resultado un buen nivel de aceptación, con un 66.7% de respuestas en el nivel 5, lo que valida la pertinencia institucional del modelo y la calidad de los recursos y el acompañamiento docente.

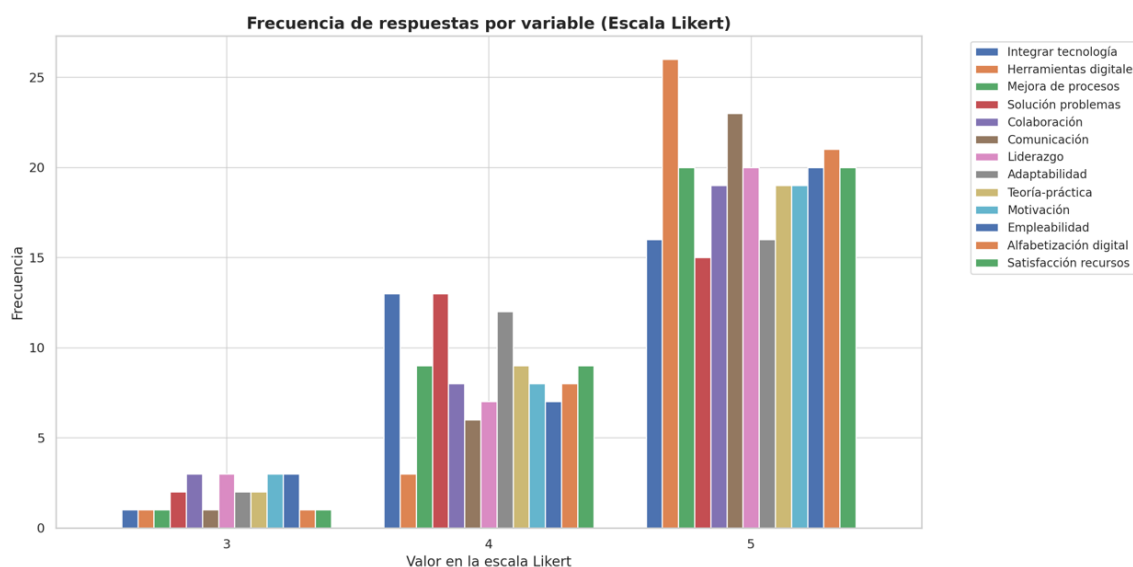
En síntesis, los resultados de frecuencia permiten afirmar que la *Learning Factory* actuó para el desarrollo integral de competencias tecnológicas y no tecnológicas. El

número de respuestas en el nivel 5 como se muestra en la figura 16 y 17 evidencia una mejora, lo cual respalda la hipótesis planteada y reafirma la efectividad de la estrategia de capacitación diseñada.

Los indicadores relacionados con comunicación efectiva, uso de herramientas digitales y comprensión de los retos de la Industria 4.0/5.0 concentraron las mayores frecuencias en el nivel 5.

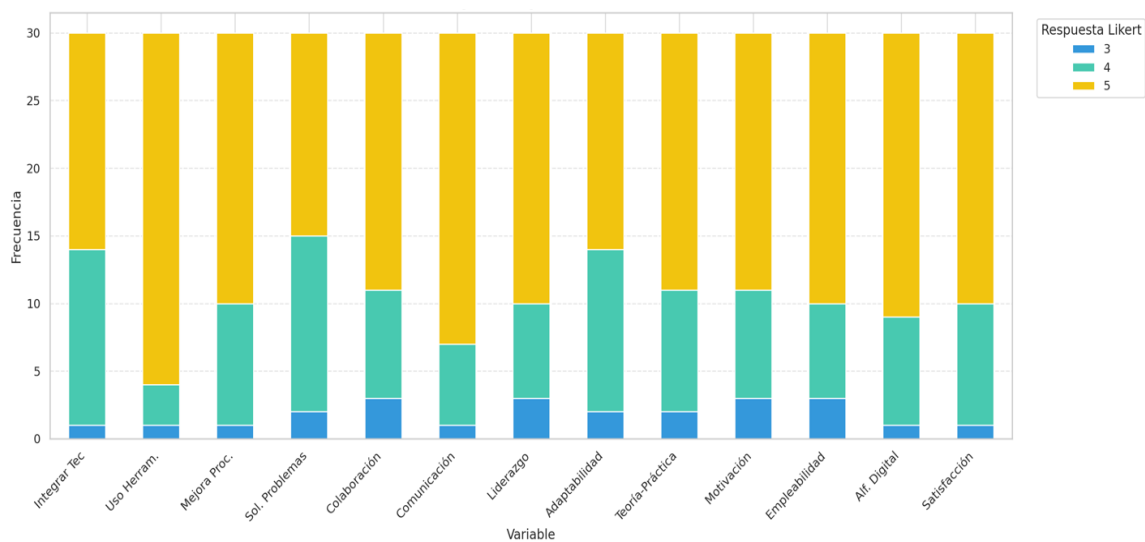
**Figura 16**

*Gráfica de barras de frecuencia de respuestas Likert con la experiencia Learning Factory*



**Figura 17**

*Gráfica de barras de frecuencia de los indicadores de logro de competencias con la experiencia Learning Factory*



Posteriormente, se elaboró una gráfica de prevalencia de competencias que se muestra en la figura 18 que considera únicamente los niveles 4 y 5, evidenciando que todas las competencias evaluadas alcanzan una prevalencia igual o superior al 90%. Este resultado confirma un alto grado de consolidación de las competencias desarrolladas durante la experiencia formativa, destacando particularmente la integración tecnológica, la alfabetización digital, la mejora continua y la satisfacción con los recursos disponibles.

**Figura 18**

*Gráfica de prevalencia del instrumento para Learning Factory*



Los resultados descriptivos y de frecuencia presentados en esta sección evidencian una percepción positiva generalizada sobre el desarrollo de competencias en el entorno de *Learning Factory*. No obstante, para fortalecer la validez de la propuesta de transformación, resulta necesario avanzar hacia un análisis inferencial que permita examinar la relación estructural entre las competencias evaluadas y verificar empíricamente su desarrollo integrado. En este sentido, la siguiente sección se orienta a la validación de la propuesta de la estrategia de capacitación.

#### **4.7 Valoración de la propuesta de transformación a partir de los resultados obtenidos**

La valoración de la propuesta de transformación se fundamenta en criterios de pertinencia, validez, factibilidad, aplicabilidad, generalización y originalidad, los cuales permiten analizar su consistencia teórica, la parte práctica y contribución al contexto

educativo. Para valorar la propuesta de transformación implementada en el entorno *Learning Factory*, a continuación, se presentan los resultados de competencias que se relacionan con un entorno industrial de aprendizaje. Se realizó un análisis estadístico inferencial a partir de los datos obtenidos mediante el segundo instrumento de medición. Este análisis se orientó a identificar las relaciones entre las competencias evaluadas y a contrastar empíricamente la hipótesis de investigación.

#### ***4.7.1 Verificación estadística***

Previo al análisis correlacional, se evaluó la distribución de los datos y se aplicó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Como se observa en la Tabla 16, los niveles de significancia obtenidos ( $p < 0.001$ ) indican que los datos no siguen una distribución normal. En consecuencia, se optó por el uso de técnicas no paramétricas, específicamente la correlación  $\rho$  rho de Spearman, adecuada para variables ordinales y distribuciones no normales.

**Tabla 16**

*Resultados de la prueba de normalidad para los datos del estudio Learning Factory*

Indicador	Kolmogorov-Smirnov Estadístico	Kolmogorov-Smirnov Sig.
INTEG_TECN	.342	<.001
USO_HTADG	.508	<.001
MEJO_PROC	.412	<.001
SOL_PROBL	.317	<.001
ALFAB_DIGI	.429	<.001
COLABORAC	.387	<.001
COMUNICAC	.462	<.001
LIDERAZGO	.405	<.001
ADAPTABILID	.335	<.001
TR_CONOC	.389	<.001

Indicador	Kolmogorov-Smirnov Estadístico	Kolmogorov-Smirnov Sig.
MOTIVACION	.387	<.001
EMPLEABILI	.405	<.001
SAT_RECUR	.412	<.001

*Nota: Elaboración propia con los datos obtenidos de SPSS*

Con estos resultados se procedió a realizar el estudio de correlación  $\rho$  rho de Spearman debido a que la distribución obtenida no es normal.

#### **4.7.2 Análisis de correlación entre competencias**

El análisis de correlación  $\rho$  rho de Spearman permitió identificar el grado de asociación entre las competencias evaluadas, revelando patrones de relación que aportan evidencia sobre el desarrollo integrado de dichas competencias en el entorno *Learning Factory*. Se utilizaron las siguientes hipótesis de correlación:

Hipótesis nula ( $H_0$ ): No existe relación estadísticamente significativa entre las competencias.

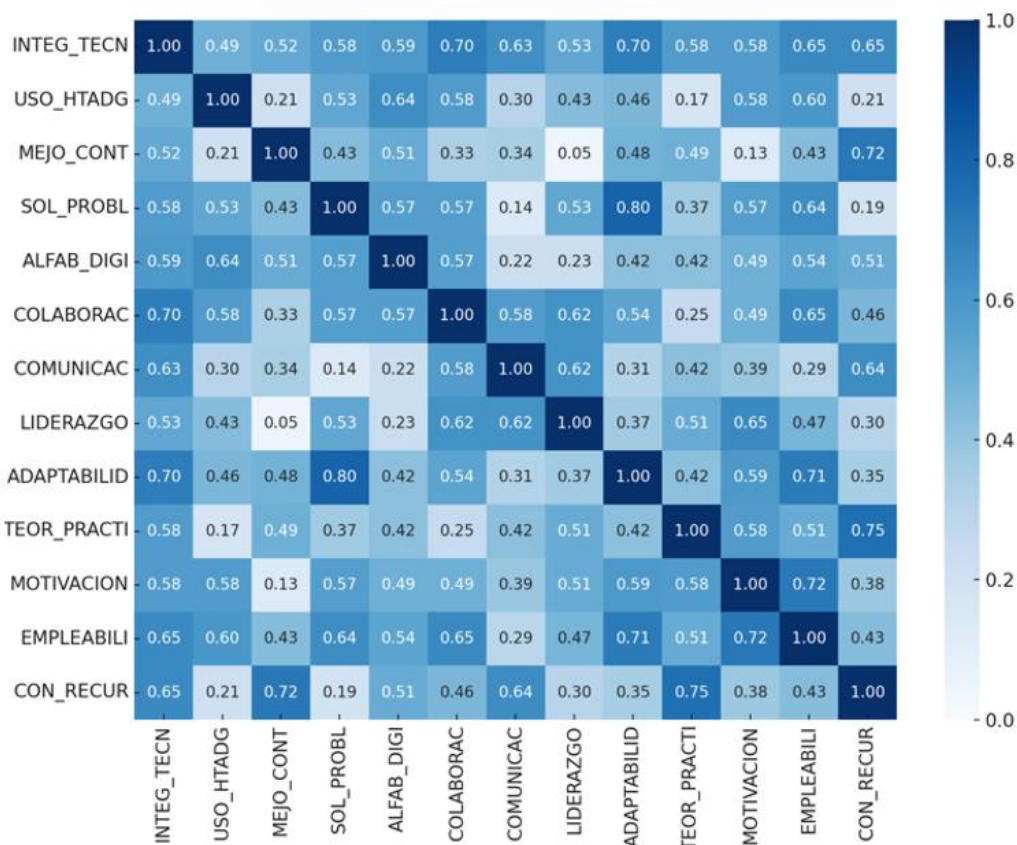
Hipótesis alternativa ( $H_a$ ): Existe relación estadísticamente significativa entre las competencias.

Con la prueba de correlación  $\rho$  rho de Spearman, se obtuvieron el valor de significancia (p-value) y el coeficiente de correlación ( $\rho$ , rho). Se utilizó SPSS para obtener estos resultados como se muestran en el Anexo 7.

Para facilitar la interpretación global de los resultados, se utilizó un mapa de calor que representa visualmente los coeficientes de correlación entre los trece indicadores, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19

*Resultados de la correlación de los trece indicadores de nivel de logro*



La pertinencia de la propuesta se sustenta en el contraste empírico de la hipótesis de investigación, cuyos resultados evidencian que la estrategia de capacitación implementada contribuye significativamente al desarrollo de competencias para la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial. Este hallazgo confirma que la propuesta responde de manera efectiva a las necesidades reales del contexto educativo y productivo, validando su relevancia frente a la problemática identificada en el diagnóstico inicial.

Los resultados de la matriz de correlación evidencian relaciones positivas y estadísticamente significativas entre diversas competencias, lo cual respalda la hipótesis de que estas no se desarrollan de manera aislada, sino de forma interdependiente y

sistémica dentro del entorno *Learning Factory*. Destacan particularmente las siguientes asociaciones:

- Adaptabilidad y solución de problemas ( $\rho = 0.80$ ),
- Conexión teoría–práctica y satisfacción con los recursos ( $\rho = 0.75$ ),
- Mejora continua y satisfacción con los recursos ( $\rho = 0.72$ ).

Estas correlaciones sugieren que competencias transversales como la adaptabilidad actúan como facilitadoras del desarrollo de competencias técnicas, mientras que la disponibilidad de recursos y el acompañamiento institucional potencian la transferencia del conocimiento y la mejora continua. En conjunto, estos resultados confirman que el entorno *Learning Factory* favorece un aprendizaje integrado, coherente con las demandas de contextos industriales caracterizados por la volatilidad, la complejidad y la transformación digital lo que es factible para llevarse a la práctica.

En síntesis, los resultados obtenidos evidencian que la propuesta responde a necesidades reales del entorno formativo y productivo, cumple su función formativa de manera efectiva y puede implementarse en escenarios similares. Asimismo, su diseño demuestra factibilidad operativa y potencial de transferencia a otros contextos académicos. Su carácter innovador radica en la integración sistemática del aprendizaje experiencial con metodologías ágiles de gestión de proyectos, lo que configura una estrategia formativa distinta a las propuestas tradicionales y aporta un enfoque novedoso para el desarrollo de competencias orientadas a la transformación digital.

#### ***4.7.3 Evidencia cualitativa complementaria***

Como complemento al análisis anteriormente descrito, se incorporó una pregunta abierta al final del instrumento con el fin de obtener la percepción cualitativa de los estudiantes sobre su experiencia de aprendizaje. Las respuestas obtenidas se analizaron mediante una nube de palabras (Figura 20). Las palabras que más se encontraron fueron, *cobot, laboratorio, práctica, experiencia, ergonomía y tecnología*. Estos elementos



**Figura 21**

*Equipos tecnológicos actuales para simulación de entornos diseñados por estudiantes en la Learning Factory*



En síntesis, el análisis inferencial realizado permite validar empíricamente la propuesta de transformación, al demostrar que la estrategia de capacitación implementada en el entorno *Learning Factory* favorece el desarrollo integrado de competencias tecnológicas y no tecnológicas en estudiantes de Ingeniería Industrial. Las correlaciones identificadas confirman que dichas competencias se fortalecen de manera interrelacionada, lo que respalda la hipótesis de investigación y evidencia el potencial del modelo propuesto como una alternativa efectiva para contribuir a la reducción de la brecha de talento especializado en el contexto de la Industria 4.0 y 5.0.

#### 4.8 Producto derivado de la investigación

Como resultado del proceso de investigación doctoral, se generó un producto científico que contribuye a la difusión y validación externa de los temas abordados en esta tesis. En particular, se publicó el artículo titulado *“Talent Development and Retention in Industry 4.0: Strategy to Overcome Talent Challenges in VUCA Environments and Drive Digital Transformation With Agility”*, el cual se incluye íntegramente en el Apéndice A.

Este artículo se deriva del marco teórico y metodológico desarrollado en la presente investigación y aborda, desde un enfoque complementario, el análisis de estrategias de formación para el desarrollo y retención de talento en contextos de Industria 4.0 caracterizados por entornos VUCA. En él se analiza la implementación de proyectos de transformación digital de corta duración (cinco semanas) y se evalúa su impacto en el desempeño de estudiantes de ingeniería que participaron en experiencias formativas con vinculación directa con la industria.

Si bien el artículo emplea un diseño comparativo entre enfoques predictivos y ágiles, y utiliza pruebas estadísticas inferenciales específicas, su objetivo principal fue explorar el efecto de dichas estrategias en contextos empresariales reales. En contraste, la presente tesis amplía este enfoque al centrarse en el entorno universitario, y profundizando en el análisis integrado de competencias tecnológicas y no tecnológicas.

De este modo, la publicación complementa la investigación al evidenciar que es aplicable el enfoque formativo analizado desde una perspectiva externa y arbitrada, con la pertinencia de estrategias orientadas al desarrollo de talento para la transformación digital.

## CONCLUSIONES

La investigación titulada “*Estrategia de capacitación en gestión de proyectos mediante entornos tipo Learning Factory para el desarrollo de competencias en transformación digital, orientada a reducir la brecha de talento especializado en Ingeniería universitaria*” tuvo como propósito diseñar, implementar y validar una estrategia de capacitación que fortaleciera el desarrollo de competencias tecnológicas y no tecnológicas en estudiantes de Ingeniería Industrial, en respuesta a las demandas actuales de la Industria 4.0 y 5.0.

A lo largo del estudio se identificaron las competencias requeridas por el sector industrial, se diseñó una estrategia formativa pertinente al contexto universitario y se implementó en una universidad privada de Puebla, México. El análisis integral de los datos permitió constatar que la pregunta de investigación fue respondida satisfactoriamente, que el objetivo general fue alcanzado y que los objetivos específicos se cumplieron en su totalidad. Asimismo, los resultados empíricos corroboraron la hipótesis de investigación, evidenciando que la estrategia de capacitación propuesta favorece de manera significativa el desarrollo de competencias para la transformación digital.

### **Principales conclusiones de la investigación**

La formación universitaria enriquecida mediante entornos tipo *Learning Factory* influye de manera positiva en el desarrollo integral de competencias tecnológicas y no tecnológicas en estudiantes de Ingeniería Industrial. Este modelo formativo facilita la articulación entre conocimientos teóricos, habilidades prácticas y el uso de tecnologías emergentes, generando experiencias de aprendizaje situadas que preparan a los estudiantes para desempeñarse en organizaciones que operan en contextos de transformación digital.

Los hallazgos confirman que las competencias tecnológicas como el análisis de datos, la programación y la solución de problemas se fortalecen significativamente cuando los estudiantes participan en experiencias prácticas que simulan escenarios

industriales reales. De manera complementaria, competencias no tecnológicas como la comunicación, el liderazgo, el trabajo en equipo y la adaptabilidad se desarrollan de forma consistente, evidenciando la importancia de enfoques formativos que integren dimensiones técnicas y humanas.

El análisis correlacional permitió identificar que las competencias no se desarrollan de forma aislada, sino de manera sistémica e interdependiente. La articulación entre adaptabilidad y solución de problemas, entre teoría y práctica, y entre mejora continua y gestión de recursos refleja patrones de aprendizaje coherentes con los flujos de trabajo reales de organizaciones inteligentes. El uso de dos instrumentos de medición permitió triangular los resultados y fortalecer la validez de los conocimientos generados.

En conjunto, los resultados demuestran que una estrategia de capacitación basada en *Learning Factory* constituye un recurso efectivo para atender la brecha de talento especializado en Ingeniería Industrial, al promover un aprendizaje integral alineado con los requerimientos de la Industria 4.0 y 5.0.

### **Valoración del alcance de las conclusiones**

#### **1. Implicaciones teóricas**

La investigación contribuyó a ampliar el marco conceptual sobre la formación en ingeniería frente a la transformación digital, demostrando que el modelo *Learning Factory* es un recurso eficaz para integrar teoría, práctica y tecnologías emergentes en entornos educativos. Los hallazgos fortalecen la comprensión del aprendizaje experiencial como mecanismo clave para el desarrollo de competencias digitales y transversales relevantes para la Industria 4.0 y 5.0.

#### **2. Implicaciones prácticas**

Desde una perspectiva aplicada, los hallazgos demuestran que la incorporación de entornos tipo *Learning Factory* en programas de Ingeniería Industrial puede contribuir de manera efectiva a reducir la brecha entre la formación académica y las

necesidades del sector productivo, al fortalecer el desarrollo integrado de competencias tecnológicas y no tecnológicas. La estrategia propuesta favorece competencias clave como la gestión de proyectos, el uso de tecnologías digitales, la solución de problemas, la comunicación, el trabajo en equipo y la adaptabilidad, las cuales son altamente demandadas en contextos de transformación digital. Asimismo, el modelo es replicable en universidades que buscan fortalecer la empleabilidad de sus egresados mediante experiencias formativas alineadas con tecnologías inteligentes y modelos de producción contemporáneos.

### 3. Implicaciones sociales

El fortalecimiento de competencias para la transformación digital incrementa la empleabilidad de los futuros ingenieros y favorece el desarrollo económico y tecnológico regional. La vinculación efectiva entre universidad y empresa observada durante la investigación confirma que la disponibilidad de talento especializado tiene un impacto positivo en la innovación y competitividad de las organizaciones.

### 4. Implicaciones metodológicas

El estudio confirma que los instrumentos de autoevaluación competencial combinados con análisis correlacionales son herramientas metodológicas válidas para medir el impacto de estrategias formativas innovadoras. Además, evidencia que los entornos simulados proporcionan condiciones óptimas para evaluar el aprendizaje integral en competencias y que es un modelo replicable para investigaciones futuras.

El estudio demuestra que una estrategia de capacitación basada en *Learning Factory* constituye un recurso efectivo para resolver el problema de investigación planteado, al lograr desarrollar competencias esenciales para la transformación digital en estudiantes de Ingeniería Industrial. Los conocimientos generados contribuyen tanto a la teoría como a la práctica educativa y ofrecen un camino para fortalecer la formación profesional frente a los desafíos tecnológicos del entorno industrial contemporáneo.

## RECOMENDACIONES

### **Desde el punto de vista metodológico**

A partir de los resultados obtenidos, se reconoce que la estrategia de capacitación propuesta constituye una base sólida para el desarrollo de competencias en contextos de transformación digital; sin embargo, el estudio puede ampliarse mediante la incorporación de enfoques metodológicos complementarios.

Se recomienda replicar el diseño metodológico empleado particularmente el enfoque descriptivo y el uso de encuestas para la evaluación de competencias en otros contextos académicos, industriales o disciplinas afines, con el fin de contrastar los hallazgos y fortalecer la validez externa del modelo propuesto.

Asimismo, futuras investigaciones podrían incorporar instrumentos complementarios, tales como plataformas digitales para el análisis de datos en tiempo real, rúbricas específicas de evaluación de competencias digitales o software especializado para el análisis cualitativo. Estas herramientas permitirían profundizar en la comprensión del impacto de las estrategias formativas y ofrecer una visión más integral del proceso de desarrollo competencial.

Finalmente, se recomienda la realización de estudios longitudinales que permitan evaluar la evolución de las competencias a lo largo del tiempo, con el objetivo de analizar el efecto sostenido de las estrategias de capacitación durante distintas etapas del proceso formativo universitario

### **Desde el punto de vista académico**

En la perspectiva académica, los resultados del estudio evidencian la necesidad de fortalecer la formación universitaria en torno a las competencias requeridas por la transformación digital y la Industria 4.0 y 5.0. En este sentido, se recomienda integrar de manera sistemática enfoques de aprendizaje experiencial y gestión de proyectos en los programas de Ingeniería, con el fin de promover el desarrollo equilibrado de competencias técnicas y transversales.

Se sugiere que las instituciones de educación superior revisen y actualicen los planes de estudio de Ingeniería Industrial, incorporando contenidos relacionados con digitalización, automatización, análisis de datos, gestión de proyectos y uso de tecnologías emergentes, asegurando que los egresados cuenten con un perfil profesional alineado con las necesidades actuales del sector productivo.

Adicionalmente, resulta pertinente fortalecer los espacios de aprendizaje práctico, como los laboratorios tipo *Learning Factory*, donde los estudiantes puedan interactuar con tecnologías representativas de la Industria 4.0, tales como robots colaborativos, sistemas ciberfísicos, IoT o plataformas ERP. Se propone para universidades públicas utilizar sistemas ERP sin costo disponibles de algunas empresas que tienen este software con versión para universidades. Adicional a esto, para universidades públicas se recomienda trabajar de manera conjunta con programas de mecatrónica / Tecnologías de Información para que proyectos estudiantiles se utilicen en un espacio de laboratorio para Ingeniería Industrial. Estos entornos favorecen la integración teoría-práctica y promueven un aprendizaje significativo orientado a la resolución de problemas reales.

### **Recomendaciones prácticas**

Desde una perspectiva aplicada, los hallazgos de la investigación reafirman la importancia de fortalecer la colaboración entre instituciones educativas y organizaciones industriales para la formación y actualización del talento humano frente a los retos de la transformación digital.

Se recomienda implementar programas de capacitación basados en proyectos reales y entornos de alta incertidumbre, que fomenten el desarrollo de competencias técnicas y no tecnológicas, tales como la gestión de proyectos, la colaboración interdisciplinaria y la toma de decisiones en contextos dinámicos. Una recomendación que se dio de la universidad de Suiza fue el contar con piezas reales donadas de empresas a la universidad para que los estudiantes puedan interactuar con elementos productivos reales.

Asimismo, se sugiere que las empresas establezcan alianzas estratégicas con universidades para la creación de espacios de práctica y experimentación, como laboratorios tipo *Learning Factory*, donde estudiantes y profesionales puedan interactuar con tecnologías representativas de la Industria 4.0 y 5.0. Este vínculo universidad–empresa favorece la transferencia de conocimiento, impulsa la innovación aplicada y mejora la pertinencia de la formación profesional.

Finalmente, se recomienda que las instituciones adopten modelos sistemáticos de evaluación de competencias que permitan medir la efectividad de los programas de capacitación y fortalezcan la integración de proyectos reales vinculados con la industria. La incorporación de marcos internacionales sobre el futuro del trabajo y el desarrollo de competencias contribuirá a consolidar perfiles profesionales con mayor empleabilidad en entornos globales y cambiantes.

## REFERENCIAS

- Abele, E., Chryssolouris, G., Sihn, W., Metternich, J., ElMaraghy, H., Seliger, G., Sivard, G., ElMaraghy, W., Hummel, V., Tisch, M., & Seifermann, S. (2017). Learning factories for future oriented research and education in manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 66(2), 803–826. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.05.005>
- Agarwal, V., Hameed, A. Z., Malhotra, S., Mathiyazhagan, K., Alathur, S., & Appolloni, A. (2023). Role of Industry 4.0 in agile manufacturing to achieve sustainable development. *Business Strategy and the Environment*, 32(6), 3671–3688. <https://doi.org/10.1002/bse.3321>
- Alviani, D., Hilmiana, Widiyanto, S., & Muizu, W. O. Z. (2024). Workforce agility: a systematic literature review and research agenda. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 15). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1376399>
- Avitia-Carlos, P., Candolfi-Arballo, N., Rodriguez-Verduzco, J. L., & Rodriguez-Tapia, B. (2022). Conditions for the Development and Certification of Industry 4.0 Technical Competencies. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 17(4), 336–342. <https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3217135>
- Baran, B. E., & Woznyj, H. M. (2020). *Managing VUCA: The human dynamics of agility*. <https://doi.org/10.1016/j>
- Batrisya, N., Anwar, B., & Dahar Minghat, A. (2024). Industrial Engineering Students' Readiness Towards Industrial Revolution 4.0 at Technical and Vocational University: Literature Review. *ASEAN Journal for Science Education*.
- Belmonte, L. M., Segura, E., de la Rosa, F. L., Gómez-Sirvent, J. L., Fernández-Caballero, A., & Morales, R. (2023). Training industrial engineers in Logistics

4.0. *Computers and Industrial Engineering*, 184.  
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109550>

Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2020). Industry 4.0 innovation ecosystems: An evolutionary perspective on value cocreation. *International Journal of Production Economics*, 228.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107735>

Blanco, F. S., David, C., Munevar, G., Felipe, D., & Romero, E. (2020). Job Competencies and Skills in Latin America: a Look from Industry 4.0. *International Journal of Business Marketing and Management (IJBMM)*, 5, 38–57. [www.ijbmm.com](http://www.ijbmm.com)

Bueno, A., Azevedo, M. L. D. R., Godinho Filho, M., Ganga, G. M. D., & Lizarelli, F. L. (2024). Industry 4.0 Skills in Industrial Engineering Courses: Contributing to the Role of Universities Toward Sustainable Development. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 8369–8387.  
<https://doi.org/10.1109/TEM.2024.3382951>

Bundtzen, H., & Hinrichs, G. (2021). The Link Between Organizational Agility And VUCA – An Agile Assessment Model. *SocioEconomic Challenges*, 5(1), 35–43. [https://doi.org/10.21272/sec.5\(1\).35-43.2021](https://doi.org/10.21272/sec.5(1).35-43.2021)

Carretero, S., Vuorikari, R., & Punie, Y. (2017). *EUR 28558 EN The Digital Competence Framework for Citizens With eight proficiency levels and examples of use.*

Carrillo, J., & Matus, M. (n.d.). *Will the Mexican Auto Parts Maquilas Be Able to Transit to I4.0?*

Casalet, M. (2023a). Challenges and Opportunities of Digitalization in Mexico. In *Digital and Sustainable Transformations in a Post-COVID World* (pp. 451–474). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16677-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16677-8_17)

- Casalet, M. (2023b). Challenges and Opportunities of Digitalization in Mexico. In *Digital and Sustainable Transformations in a Post-COVID World: Economic, Social, and Environmental Challenges* (pp. 451–474). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16677-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16677-8_17)
- Chelini, J., & Richert, D. (2023). Teaching Engineering Design for Industry 4.0 Using a Cyber-Physical Learning Factory. *IFAC-PapersOnLine*, *56*(2), 4699–4704. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2023.10.994>
- Chiavenato, I. (2021). *Gestión del talento humano* (3a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Cimini, C., Pirola, F., Pinto, R., & Cavalieri, S. (2020). A human-in-the-loop manufacturing control architecture for the next generation of production systems. *Journal of Manufacturing Systems*, *54*, 258–271. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.01.002>
- Ciolacu, M. I., Mihailescu, B., Rachbauer, T., Hansen, C., Amza, C. G., & Svasta, P. (2023). Fostering Engineering Education 4.0 Paradigm Facing the Pandemic and VUCA World. *Procedia Computer Science*, *217*, 177–186. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.213>
- Ciupe, A., Ionescu, R., Meza, S., & Orza, B. (2018). Towards Agile Integration within Higher Education: A Systematic Assessment. *Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*.
- Contreras-Germán, J., Piedrahita-Ospina, A., & Ramírez-Velásquez, I. (2019). Competencias digitales, desarrollo y validación de un instrumento para su valoración en el contexto colombiano. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, *11*(20), 205–232. <https://doi.org/10.22430/21457778.1083>
- Coşkun, S., Kayıkçı, Y., & Gençay, E. (2019). Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision. *Technologies*, *7*(1). <https://doi.org/10.3390/technologies7010010>

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). SAGE.
- D'Addona, D. M., Bracco, F., Bettoni, A., Nishino, N., Carpanzano, E., & Bruzzone, A. A. (2018). Adaptive automation and human factors in manufacturing: An experimental assessment for a cognitive approach. *CIRP Annals*, 67(1), 455–458. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2018.04.123>
- Demir, K. A., Döven, G., & Sezen, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688–695. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.104>
- Escases de talento en México.* (2022). ManpowerGroup. [https://www.manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/manpowergroup/0c21fb22-e7e4-491e-b72b-fed3fb74cbf6/Infograf%C3%ADa+Escasez+de+Talento+M%C3%A9xico+2022.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18\\_2802IK01OORA70QUFIPQ192H31-0c21fb22-e7e4-491e-b72b-fed3fb74cbf6-o5tPeqE](https://www.manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/manpowergroup/0c21fb22-e7e4-491e-b72b-fed3fb74cbf6/Infograf%C3%ADa+Escasez+de+Talento+M%C3%A9xico+2022.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18_2802IK01OORA70QUFIPQ192H31-0c21fb22-e7e4-491e-b72b-fed3fb74cbf6-o5tPeqE)
- European Commission. (2021). *Industry 5.0 Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. <https://doi.org/10.2777/308407>
- Evans, J. D. (1996). *Straightforward statistics for the behavioral sciences*. Pacific Grove.
- Falcón, A. L., & Ramos Serpa, G. (2021). *ACERCA DE LOS MÉTODOS TEÓRICOS Y EMPÍRICOS DE INVESTIGACIÓN: SIGNIFICACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA*. <https://orcid.org/0000-0003-3172-555X>
- Fernández González, J. (2013). *Introducción a las metodologías ágiles Otras formas de analizar y desarrollar*.
- Fragapane, G., Ivanov, D., Peron, M., Sgarbossa, F., & Strandhagen, J. O. (2022). Increasing flexibility and productivity in Industry 4.0 production networks with

autonomous mobile robots and smart intralogistics. *Annals of Operations Research*, 308(1–2), 125–143. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03526-7>

Frontier Industrial and Logistics. (2025). *State of Mexico: National leader in the automotive industry*. <https://blog.frontierindustrial.mx/en/state-of-mexico-national-leader-in-automotive-industry>

Galar Pascual, D., Daponte, P., & Kumar, U. (2020). *Handbook of Industry 4.0 and SMART Systems*. CRC Press.

Garcés, G., & Peña, C. (2020). Ajustar la Educación en Ingeniería a la Industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio. *Revista de Estudios y Experiencias En Educación*, 19(40), 129–148. <https://doi.org/10.21703/rexe.20201940garces7>

Garcia-Loro, F., Plaza, P., Quintana, B., Cristobal, E. S., Gil, R., Perez, C., Fernandez, M., & Castro, M. (2021). Laboratories 4.0: Laboratories for emerging demands under industry 4.0 paradigm. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2021-April*, 903–909. <https://doi.org/10.1109/EDUCON46332.2021.9454095>

Gonzalez-Gomez, L., Noguez, J., Quintero, S. O., Galindo, E., Loa, R., & Caratozzolo, P. (2023). *Future skills in the Industry 4.0 study. A systematic review*. [www.ijmcer.com](http://www.ijmcer.com)

Grundke, R., Marcolin, L., Bao, L., & Squicciarini, M. (2018). *Which skills for the digital era? 2018/09* (OECD Science, Technology and Industry Working Papers). <https://doi.org/10.1787/9a9479b5-en>

Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*.

- Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C. A., & Morales-Menendez, R. (2020a). Engineering education for smart 4.0 technology: a review. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(3), 789–803. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00672-x>
- Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C. A., & Morales-Menendez, R. (2020b). Engineering education for smart 4.0 technology: a review. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 14(3), 789–803. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00672-x>
- Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020). Competencies for Industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 14(4), 1511–1524. <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00716-2>
- IEA, W. (2021). *ALIANZA INTERNACIONAL DE INGENIERÍA ATRIBUTOS DEL GRADUADO Y COMPETENCIAS PROFESIONALES*. <http://www.ieagrements.org>
- Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenau, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. *Technology in Society*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101454>
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2005). Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education. *Academy of Management Learning & Education*, 4(2).
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience As The Source Of Learning And Development*. <http://www.learningfromexperience.com/images/uploads/process-of-experiential-learning.pdf>

- Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning experiences as the source of learning development*.
- Kwiotkowska, A., Wolniak, R., Gajdzik, B., & Gębczyńska, M. (2022). Configurational Paths of Leadership Competency Shortages and 4.0 Leadership Effectiveness: An fs/QCA Study. *Sustainability (Switzerland)*, 14(5). <https://doi.org/10.3390/su14052795>
- Latha, S., & Prabu Christopher, B. (2020). VUCA in engineering education: Enhancement of faculty competency for capacity building. *Procedia Computer Science*, 172, 741–747. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.05.106>
- LGES. (2021). *Ley General de Educación Superior México*.
- López, V. (2023). *Clúster de Educación y Talento en Puebla*. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/queda-constituido-cluster-educacion-desarrollo-talento-puebla>
- Madhavan, M., Wangtueai, S., Sharafuddin, M. A., & Chaichana, T. (2022). The Precipitative Effects of Pandemic on Open Innovation of SMEs: A Scientometrics and Systematic Review of Industry 4.0 and Industry 5.0. In *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* (Vol. 8, Number 3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/joitmc8030152>
- Maisiri, W., Van-Dyk, L., & Coetzee, R. (2021). Development of an Industry 4.0 Competency Maturity Model. *South African Institute of Electrical Engineers*.
- Martínez, A. M. (2023). From “Smart Company” to “Smart Business”: Implementation of Industry 4.0 Strategy Carried Out by GKN Mexico. In *Digital and Sustainable Transformations in a Post-COVID World: Economic, Social, and Environmental Challenges* (pp. 191–210). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16677-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16677-8_6)

- Masood, Z., Hoda, R., & Blincoe, K. (2018). Adapting agile practices in university contexts. *Journal of Systems and Software*, *144*, 501–510. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.07.011>
- Mejía-Manzano, L. A., Sirkis, G., Rojas, J. C., Gallardo, K., Vázquez-Villegas, P., Camacho-Zuñiga, C., Membrillo-Hernández, J., & Caratozzolo, P. (2022). Embracing Thinking Diversity in Higher Education to Achieve a Lifelong Learning Culture. *Education Sciences*, *12*(12). <https://doi.org/10.3390/educsci12120913>
- Menaria, N. (2024). Comparative Analysis of VUCA and BANI Frameworks. *International Journal for Multidisciplinary Research*. [www.ijfmr.com](http://www.ijfmr.com)
- Montero Guerra, J. M., Danvila-del-Valle, I., & Méndez Suárez, M. (2023). The impact of digital transformation on talent management. *Technological Forecasting and Social Change*, *188*. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122291>
- Mourtzis, D., Panopoulos, N., & Angelopoulos, J. (2022). A hybrid teaching factory model towards personalized education 4.0. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *36*(12), 1739–1759. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2145025>
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0-a human-centric solution. *Sustainability (Switzerland)*, *11*(16). <https://doi.org/10.3390/su11164371>
- Neacsu, G. C., Pascu, I. G., Nitu, E. L., & Gavrilita, A. C. (2021). Brief review of methods and techniques used in Learning Factories in the context of Industry 4.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1018*(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1018/1/012022>
- Neumann, M., & Baumann, L. (2021). Agile Methods in Higher Education: Adapting and Using eduScrum with Real World Projects. *Proceedings - Frontiers in*

*Education Conference, FIE, 2021-October.*  
<https://doi.org/10.1109/FIE49875.2021.9637344>

Nicholas, P. (2022). *Application of strategies and technologies for implementing Industry 4.0 principles in the Industrial Engineering laboratories.*  
<http://hdl.handle.net/102000/0002>

O'Brien, W., Doré, N., Campbell-Templeman, K., Lowcay, D., & Derakhti, M. (2021). Living labs as an opportunity for experiential learning in building engineering education. *Advanced Engineering Informatics*, 50.  
<https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101440>

OECD. (2020). *Digital Government in Mexico.* OECD.  
<https://doi.org/10.1787/6db24495-en>

Olinda Luzmila Vigo Vargas. (2018). *Definición científica de competencia.*

Otzemel, E., & Gurzev, S. (2020). *Literature review of Industry 4.0 and related technologies.*

Oztemel, E., & Gursev, S. (2020). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. In *Journal of Intelligent Manufacturing* (Vol. 31, Number 1, pp. 127–182). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10845-018-1433-8>

Pacher, C., Woschank, M., Zunk, B. M., & Gruber, E. (2024). Engineering education 5.0: a systematic literature review on competence-based education in the industrial engineering and management discipline. In *Production and Manufacturing Research* (Vol. 12, Number 1). Taylor and Francis Ltd.  
<https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2337224>

Páez-Gabriunas, I., S. M., G.-U. V., M.-R. R. A., R. V. L. (2022). *Transformación digital en las organizaciones.* Editorial Universidad del Rosario.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.12804/urosario9789587848366>

- Palacio, J., & Ruata, C. (2020). *Scrum Manager Gestión de proyectos*.  
<http://www.safecreative.org/work/1012268137397>
- Perrenoud, P. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar: invitación al viaje* .
- Pócsová, J., Bednárová, D., Bogdanovská, G., & Mojžišová, A. (2020). Implementation of agile methodologies in an engineering course. *Education Sciences, 10*(11), 1–19. <https://doi.org/10.3390/educsci10110333>
- Project Management Institut. (2021). *Guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Project Management Institute, Inc.
- Quintero, W. R. (2022). Digital competences of the industrial engineer in industry 4.0 a systematic vision. *Production, 32*. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20220028>
- Reyes-Zárate, G. G., & Garzón Garnica, E. A. (2025). Talent Development and Retention in Industry 4.0: Strategy to Overcome Talent Challenges in VUCA Environments and Drive Digital Transformation with Agility. *Human Interaction and Emerging Technologies (IHIET-FS 2025): Future Systems and Artificial Intelligence Applications, 196*. <https://doi.org/10.54941/ahfe1005958>
- Reyes-Zarate, G. G., Gruener, G., & Marti, P. (2023). Digital Transformation in Higher Education: A Comparative Exploration of Industry 4.0 in Switzerland and Mexico. *2023 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2023, 391–395*. <https://doi.org/10.1109/IEEM58616.2023.10406547>
- Rodríguez-Abitia, G., Martínez-Pérez, S., Ramirez-Montoya, M. S., & Lopez-Caudana, E. (2020). Digital gap in universities and challenges for quality education: A diagnostic study in Mexico and Spain. *Sustainability (Switzerland), 12*(21), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su12219069>

- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*.
- Sackey, S. M., Bester, A., & Adams, D. Q. (2020). A framework for an industrial engineering learning facility paradigm toward industry 4.0. *South African Journal of Industrial Engineering*, 31(1), 122–132. <https://doi.org/10.7166/31-1-1796>
- Säisä, M., Tiura, K., & Roslöf, J. (2018). *Waterfall VS Agile Project Management Methods in University-Industry Collaboration Projects* (Proceedings of the 14th International CDIO Conference, Ed.).
- Salinas-Navarro, D. E., Garay-Rondero, C. L., & Arana-Solares, I. A. (2023). Digitally Enabled Experiential Learning Spaces for Engineering Education 4.0. *Education Sciences*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/educsci13010063>
- Salvador, R., Barros, M. V., Barreto, B., Pontes, J., Yoshino, R. T., Piekarski, C. M., & de Francisco, A. C. (2023). Challenges and opportunities for problem-based learning in higher education: Lessons from a cross-program Industry 4.0 case. *Industry and Higher Education*, 37(1), 3–21. <https://doi.org/10.1177/09504222221100343>
- Schislyaeva, E. R., & Saychenko, O. A. (2022). Labor Market Soft Skills in the Context of Digitalization of the Economy. *Social Sciences*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/socsci11030091>
- Schuh, G., Salmen, M., Kelzenberg, C., Lange, J., & Anderson, T. R. . (2018). Integration of Tool Making into Agile Product Development Using Industry 4.0 Technologies and Additive Manufacturing Technologies. *Technology Management for Interconnected World*.
- SEAES. (2023). *Marco General del Sistema de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior*.

- Shet, S. (2024). *A VUCA-ready workforce: exploring employee competencies and learning and development implications*.
- Shet, S. V., & Pereira, V. (2021). Proposed managerial competencies for Industry 4.0 – Implications for social sustainability. *Technological Forecasting and Social Change*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121080>
- Simões, A. C., Pinto, A., Santos, J., Pinheiro, S., & Romero, D. (2022). Designing human-robot collaboration (HRC) workspaces in industrial settings: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 28–43. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.11.007>
- Skuza, A., Woldu, H. G., & Alborz, S. (2022). Who is talent? Implications of talent definitions for talent management practice. *Economics and Business Review*, 8 (22)(4), 136–162. <https://doi.org/10.18559/ebr.2022.4.7>
- Soeprijanto, S., Diamah, A., & Rusmono, R. (2022). THE EFFECT OF DIGITAL LITERACY, SELF-AWARENESS, AND CAREER PLANNING ON ENGINEERING AND VOCATIONAL TEACHER EDUCATION STUDENTS' LEARNING ACHIEVEMENT. *Journal of Technology and Science Education*, 12(1), 172–190. <https://doi.org/10.3926/JOTSE.1434>
- Statista. (2024). *La industria manufacturera en México - Datos estadísticos*. <https://es.statista.com/temas/7853/la-industria-manufacturera-en-mexico/#topicOverview>
- Stopochkin, A., Sytnik, I., Wielki, J., & Karaś, E. (2022). Transformation of the Concept of Talent Management in the Era of the Fourth Industrial Revolution as the Basis for Sustainable Development. *Sustainability (Switzerland)*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/su14148727>
- Suárez-Brito, P., Vázquez-Parra, J. C., Alonso-Galicia, P. E., & Cruz-Sandoval, M. A. (2025). Creative Thinking as a Relevant Element for Industry 4.0

Professionals. A Study in Mexican University Students. *Journal of Latinos and Education*, 24(1), 48–61. <https://doi.org/10.1080/15348431.2024.2355146>

Treviño-Elizondo, B. L., & García-Reyes, H. (2023). What does Industry 4.0 mean to Industrial Engineering Education? *Procedia Computer Science*, 217, 876–885. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.284>

Tripodoro, V., & De Simone, G. (2015). *Nuevos paradigmas en la educación universitaria. Los estilos de aprendizaje de David Kolb*.

UMX. (2025). *Mejores Universidades de México en 2025*. <https://universidadesdemexico.mx/noticias/mejores-universidades-2023>

UNESCO. (2024). Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2023: tecnología en la educación: ¿una herramienta en los términos de quién? In *Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2023: tecnología en la educación: ¿una herramienta en los términos de quién?* GEM Report UNESCO. <https://doi.org/10.54676/neds2300>

UP. (2025). *Universidades de Puebla*. <https://www.universidadesdepuebla.mx/>

Vázquez, M., & Sunyer, A. (2021). Gestión global de talento en una empresa multinacional del sector de la automoción. In *Revista Internacional de Organizaciones* (Vol. 27).

Veljković, S. M., Nešić, A., Dudić, B., Gregus, M., Delić, M., & Meško, M. (2020). Emotional intelligence of engineering students as basis for more successful learning process for industry 4.0. *Mathematics*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/MATH8081321>

Vijayalekshmi, S., Twetwa-Dube, S., Vinoth-Kumar, D., & Gumbo, S. (2023). The Role of Higher Education Institutions in Enabling the Fourth Industrial Revolution: A Bibliometric Analysis. *IEEE AFRICON Conference*. <https://doi.org/10.1109/AFRICON55910.2023.10293692>

Vuorikari, R., Punie, Y., Gómez, C. S., & Van Den Brande, G. (2016). *DigComp 2.0: The digital competence framework for citizens. Update phase 1: The conceptual reference model.*

Wayne W, D., & Chad L, C. (2013). *Biostatistics A Foundation for Analysis in the Health Sciences* (Wiley, Ed.; 10th ed.).

Wolff, C., Mikhieieva, O., & Nuseibah, A. (2021). *Competences and the Digital Transformation* (pp. 221–234). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54410-2\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54410-2_16)

World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023*. [www.weforum.org](http://www.weforum.org)

World Economic Forum. (2025). *The future of jobs report 2025*. [www.weforum.org](http://www.weforum.org)

Zhang, C., Chen, Y., Chen, H., & Chong, D. (2021a). Industry 4.0 and its Implementation: a Review. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10153-5>

Zhang, C., Chen, Y., Chen, H., & Chong, D. (2021b). Industry 4.0 and its Implementation: a Review. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10153-5>

# Talent Development and Retention in Industry 4.0: Strategy to Overcome Talent Challenges in VUCA Environments and Drive Digital Transformation With Agility

**Gabriela G. Reyes-Zárte and Eduardo Arturo Garzón Garnica**

School of Engineering and Sciences, Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Mexico

## ABSTRACT

Technologies have significantly changed the demands of work, and the skills needed for the future. Many companies have migrated towards automated processes; however, it is crucial to strengthen professional growth from the formative stage, developing skills that complement industrial digitization. In countries such as Mexico, the lack of specialized talent represents a major obstacle to progress in the digital transformation. This article analyzes an experience applied in a Mexican university, in which an agile approach was implemented in the management of projects developed by students of different engineering degrees. The comparison between the use of predictive and agile methodologies showed significant improvements in academic performance and the quality of the proposed solutions. In VUCA contexts, where uncertainty and complexity are constant, agile approaches are not only relevant, but necessary to train talent prepared for a globalized and constantly evolving labor market.

**Keywords:** Digital transformation, Agile project management, Higher education

## INTRODUCTION

The digital transformation has generated a change in organizations, demanding professionals capable of adapting to agile, collaborative and highly technological environments. Despite this global trend toward digital transformation (Grupo Banco Mundial, n.d.), traditional educational models still present significant gaps between academic training and the competencies required by today's labor market. According to Cornejo-Velazquez and Clavel-Maqueda, the lack of skilled human capital in the manufacturing industry hinders the adoption of digitalization (Cornejo-Velazquez and Clavel-Maqueda, 2023). Casalet explains in her article "Challenges and Opportunities of Digitalization in Mexico" that the obstacles companies face in the digital transformation process exist at both external and internal levels. Among the internal challenges, most responses highlighted the lack of human resources with the appropriate professional profile, also, there is shortage of qualified talent for digital transformation (Casalet,

2023). Higher education institutions must work in collaboration with industries, professional associations, and the government to keep their academic programs up to date, adapting them to the new competencies demanded by the market. This transformation requires engineers with innovative profiles who will be responsible for leading and managing it (Hernandez-de-Menendez et al., 2020). Engineering education must be adjusted to align with digital transformation in response to these changes (Garcés and Peña, 2020; Rodríguez-Abitia et al., 2020; Schatan, 2018). Adapting engineering education to the Industry 4.0 vision is mentioned as a relevant and pressing need (Pacher et al., 2024). In Mexico, employers are increasingly seeking professionals in the fields of Information Technology (IT) and data analysis, driven by the growing digital focus and the digital transformation of companies. In 2022, the talent shortage in Mexico reached 68% in IT and technology-related areas, and 66% in the manufacturing sector (ManpowerGroup, 2024). According to Avitia-Carlos et al. (2022), in Mexico, given the emergence of new technologies and their impact on the labor market, skill development must be a continuous effort involving close collaboration between companies and employees.

In a global context characterized by Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity, commonly known as VUCA environments, the ability to adapt has become a key competency, where individual, team, and organizational agility is essential to effectively manage such environments (Baran and Woznyj, 2020). The use of Agile methods to manage cognitive activity in the digital educational space can be useful in preparing students and increasing their employment opportunities (Salimzyanova, 2021).

In education, as in project management, waterfall management style is the most widespread style. It is called this because for an activity to start, it is mandatory for the previous one to have finished, resembling a waterfall (Iwersen et al., 2023).

The agile approach is classified as an adaptive method. This type of approach is particularly useful when project requirements involve a high level of uncertainty and are likely to change during development. At the beginning, an overall vision of the project is defined, while the initial requirements are gradually adjusted, refined, or even replaced based on user feedback, environmental changes, or unforeseen events. Some agile frameworks operate in short cycles, typically lasting one to two weeks, each ending with a presentation of the progress achieved (Project Management Institute, 2021).

This article presents an applied experience with engineering students in their last semester, in the context of a real company, in which the agile methodology was integrated as part of the teaching process. Through three specific projects, the impact of this implementation on student performance was evaluated, not only from a technical point of view, but also in terms of collaboration, leadership and strategic thinking. A characteristic of the project was the formation of multidisciplinary teams, composed of students from different engineering fields, who assumed key roles according to their area of specialization. This structure allowed replicating a real professional environment and favored the development of innovative solutions, such

as specialized software for the improvement of production processes and proposals applied to tooling management.

The experience was conducted at a private university in Mexico. This country is facing significant challenges in areas such as digital transformation and the continuous development of professional skills (Tecnológico de Monterrey, 2019). Mexico is in the process of digital transformation but faces several challenges that must be addressed to achieve a more complete and effective integration of digital technologies in all sectors (Casalet, 2023). According to Valdez Juárez et al, Mexico is among the five countries in the Latin American region with the highest level of digitalization and business innovation, but this is only true for medium and large companies, since for some SMEs there is a significant digital and technological gap (Valdez-Juárez et al., 2023). Initiatives such as the one presented in this article provide a strategy by integrating agile approaches to prepare future professionals for an increasingly dynamic, competitive and technologically advanced work environment.

## METHODOLOGY

The present study was structured under a comparative design, with the objective of evaluating the differences in students' performance when applying predictive (waterfall model) and adaptive (*agile* methodology) project management approaches. Thirty-six students in their final semester from different engineering disciplines participated: Industrial, Civil, Biotechnology, Mechanical Engineering and Information Technology. The academic diversity made it possible to form multidisciplinary teams with distributed functions according to the skills of each area. The experience took place in a large national company, with facilities in the region, where area managers acted as mentors, providing students with real information on internal processes and operational needs. This accompaniment made it possible to simulate an authentic professional environment, reinforcing the practical applicability of the project.

The work was divided into two main phases. In the first phase, teams managed their activities using the traditional predictive model (Waterfall). At the end of this phase, an evaluation was conducted with a focus on initial planning, metrics, and control. In the second phase, the teams adopted an *agile* approach, utilizing tools such as online Kanban boards, which facilitated workflow visualization and encouraged task self-management. Agile roles were assigned to students, promoting both individual and collective responsibility. At the end of this phase, a second evaluation was carried out. This agile or adaptive assessment emphasized project development through servant leadership and self-managed teamwork, organized in iterative and incremental sprints. The final evaluation enabled a comparison of the results achieved under both methodologies.

## Projects Description

During the experience, three projects were developed impacting operational processes of the company directly. Each project responded to specific needs

previously identified by the area managers, who acted as mentors for multidisciplinary teams.

1. Tooling management system and structural shelf design. This project addressed the optimization of the storage of tools used in production. A physical shelf structure was designed using 3D modeling, complemented by a digital solution for tool registry, control and inventory, that was developed using Python. It allows for real-time data querying and process automation that was previously managed manually using spreadsheets.

2. Measurement of operational efficiency and development of control tools. The second team proposed the implementation of the OEE (Overall Equipment Effectiveness) indicator in three productive areas of the company. Python was also used to develop an aid for simplifying wages calculation and recording the number of parts produced, which in turn allowed the automated calculation of the operating personnel's efficiency. The user interface was designed to be intuitive and accessible to managers, supervisors and operators. In addition, this project included the design of two physical devices aimed at improving efficiency at three workstations.

3. Digital file manager for document centralization. The third team developed a digital platform using Power Apps for the centralized management of internal documentation. This tool replaced the extensive use of Excel spreadsheets, reducing the time spent by supervisors on administrative tasks and improving accessibility to critical information.

All three projects were developed over a five-week period. Starting from week 2, the *agile* methodology was implemented as a work structure, which facilitated iterative planning, continuous delivery of value and the incorporation of direct feedback from the mentors. At the end of the cycle, the projects were presented to the company, receiving positive feedback for their applicability, functionality and innovative approach.

## RESULTS

The results obtained show a generalized improvement in student performance when comparing the grades obtained during the phase with predictive methodology with those obtained during the phase with *agile* approach. Descriptive statistics with Excel were used to analyze the students' performance before and after the intervention. Measures such as mean, median, mode, standard deviation and coefficient of variation were calculated to examine the central tendency, dispersion, and distribution of the pre-test and post-test scores, as shown in Table 1. This analysis provided a clear overview of the changes in students' academic performance, highlighting improvements in average scores and a reduction in variability, which indicates a more consistent learning outcome across the group.

**Table 1:** Comparative summary of descriptive statistics for the Waterfall and *Agile* scores.

Indicator	Waterfall	<i>Agile</i>	Observations
Mean	77.36	94.42	Significant improvement in the average score (~17 points)
Median	80	94.57	Higher central tendency maintained
Mode	88	100	Mode increased; more students reached the maximum score
Standard Deviation	11.52	3.94	Strong reduction in variability
Coefficient of Variation	14.89%	4.18%	Much lower CV, indicates greater consistency in scores

Based on the descriptive analysis of both scores, the following key conclusions can be drawn regarding the impact of the intervention on student performance:

There was a notable increase in the average score, reflecting the positive impact of the learning intervention. The agile scores showed much less variability, indicating that most students improved and reached higher performance levels. The coefficient of variation decreased from 14.89% to 4.18%, which means students' performance became more consistent and homogeneous. A greater number of students achieved top scores, as suggested by mode and maximum values. These changes strongly suggest that the learning activity was effective and equitable across the group.

After conducting a descriptive statistical analysis, in which notable differences were observed between the means of both variables, it was deemed necessary to apply a paired sample t-test to determine whether these differences were statistically significant. This test was selected because the measurements correspond to the same subjects under two different conditions, allowing for the evaluation of the effect of a specific intervention or change. One of the assumptions for using the paired sample t-test is that the differences between pairs of observations approximate a normal distribution. This assumption was evaluated through a normality test using Minitab, as shown in Figure 1.

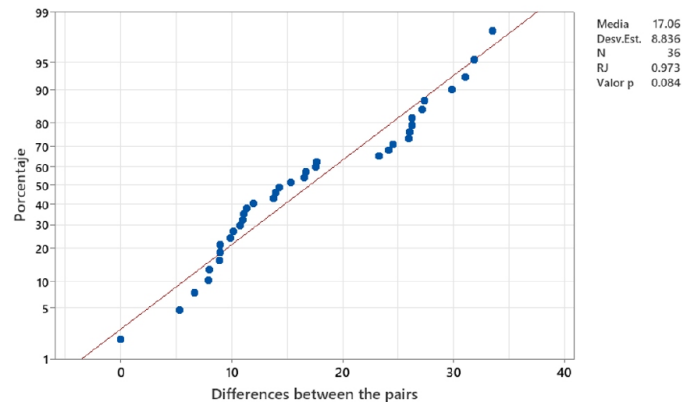
The plot and the p-value indicate that the differences between the paired observations follow an adequate normal distribution ( $p = 0.084$ ). Therefore, it is appropriate to apply the paired sample t-test.

Based on this, the following hypotheses were established to guide the analysis:

$H_0$ : There is no difference between the means

$H_1$ : There is a significant difference between the means

Using the paired sample t-test, it was evaluated whether there was a significant difference between the means of two variables measured within the same group of 36 observations. The results show a substantial difference between the means: Waterfall scores ( $M = 77.36$ ) and *agile* scores ( $M = 94.42$ ).



**Figure 1:** Normal probability plot of the differences between pairs.

The obtained  $t$  statistic was  $-11.58$ , with a two-tailed  $p$ -value of  $1.59 \times 10^{-13}$ , which is considerably lower than the commonly accepted significance level ( $\alpha = 0.05$ ). Additionally, the absolute value of the  $t$  statistic exceeds the critical value ( $|t| > t_{\text{critical}}$ ), which supports the rejection of the null hypothesis.

Therefore, it is concluded that there is a statistically significant difference between the two conditions evaluated, with *agile* methodology being significantly higher than waterfall. This result suggests that the intervention or treatment applied had a positive and meaningful effect on the analyzed group.

In addition, students were asked to document their reflections on the use of the *agile* model, and their responses revealed a generally positive experience. Their reflections included the following:

- The *agile* methodology allowed continuous delivery and increased customer satisfaction.
- The incremental approach allowed continuous adjustments based on feedback.
- Each delivery added value with improvements in functionality and accessibility.
- Features were validated prior to final integration.
- *Agile* methodology facilitated rapid response to changes.

## DISCUSSION

The results obtained in this educational experience consistently show a significant improvement in student performance when implementing the *agile* methodology. This improvement is not only reflected in the overall average grades, but also in the individual evolution, highlighting that all participants improved their grades in the second stage of the project.

One of the factors that may explain this result is the iterative and collaborative nature of the *agile* approach, which encourages constant participation, continuous feedback and shared responsibility. Unlike the predictive model, the *agile* methodology promotes adaptation, autonomous decision making and value delivery from the earliest iterations (Iwersen et al., 2023). Deliverables that involve a high degree of innovation, such as the development of technological tools, or those where the project team lacks prior experience, are better suited to a more adaptive approach. Likewise, deliverables that can easily adjust to change can also benefit from this type of approach (Project Management Institute, 2021).

The improvement was particularly significant among students who initially presented lower scores. This suggests that the *agile* approach not only favors those who are already high performers but also acts as a leveler that allows diverse profiles to integrate more effectively into teamwork and the achievement of concrete goals. In addition, the multidisciplinary dynamics and the direct participation of mentors from the company provide an environment where theory could be applied in a practical way. *Agile learning* fosters a positive learning environment, enhances academic results, and boosts motivation among both educators and students (Komar et al., 2020). This immersion increased student motivation and allowed them to tangibly experience the benefits of adaptive, end-user-centered management.

The results reinforce the importance of including *agile* methodologies in university education, not only as a trend aligned with the labor market, but also as an effective pedagogical tool to improve learning, collaboration and responsiveness in complex and changing contexts.

## CONCLUSION

The implementation of *agile* methodologies in the studied environment appears to significantly contribute to the development of students' technical, organizational, and collaborative competencies. Through an experience applied in a university in Mexico, with multidisciplinary teams and concrete business challenges, it was possible to observe improvements in academic performance.

The students' reflections highlight that the implementation of the *Agile* methodology not only enhanced the development process but also contributed to a more dynamic and responsive learning experience. They recognized the value of continuous delivery and iterative feedback, which enabled them to make timely adjustments and improve both functionality and accessibility. The emphasis on delivering value with each increment, validating features before final integration, and adapting quickly to changes contributed to higher customer satisfaction and a deeper understanding of *Agile* principles. These insights suggest that incorporating *Agile* methodologies into academic projects can significantly strengthen students' practical and collaborative skills in real-world scenarios. Likewise, in the face of VUCA environments - characterized by volatility, uncertainty, complexity and ambiguity - *agile* methodologies enable future professionals to develop an adaptive mindset, oriented towards change, collaboration and

continuous value delivery. These approaches, strategically integrated into higher education, become key catalysts to drive digital transformation from the classroom to the labor market.

This study, conducted with a group of engineering students at a university in Mexico, demonstrates that the strategic implementation of *agile* methodologies in higher education serves as an effective response to the challenges of talent development and retention in VUCA environments, preparing future professionals to drive digital transformation with agility. In the future, it is recommended to extend this experience to other areas of knowledge and explore the integration of hybrid methodologies that combine the best of both approaches (predictive and *agile*), allowing future professionals to develop with flexibility and judgment in dynamic contexts, both nationally and internationally.

### ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to acknowledge the financial support of Writing Lab, Tecnológico de Monterrey, Mexico, in producing this work.

### REFERENCES

- B. E. Baran and H. M. Woznyj, "Managing VUCA: The human dynamics of agility," 2020.
- C. Pacher, M. Woschank, B. M. Zunk, and E. Gruber, "Engineering education 5.0: a systematic literature review on competence-based education in the industrial engineering and management discipline," 2024, *Taylor and Francis Ltd.* doi: 10.1080/21693277.2024.2337224.
- C. Schatan, "Retos de la automatización y digitalización para el empleo en México," 2018.
- E. Cornejo-Velazquez and M. Clavel-Maqueda, "Advances and Challenges to Adoption of Industry 4.0 in the Manufacturing Sector: Case of Mexico," in *Cyber-Physical Systems and Supporting Technologies for Industrial Automation*, 2023, pp. 11–44.
- "Escases de talento en México," ManpowerGroup. Accessed: Sep. 27, 2024. [Online]. Available: [https://www.manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/manpowergroup/0c21fb22-e7e4-491e-b72b-fed3fb74cbf6/Infograf%C3%ADa+Escasez+de+Talento+M%C3%A9xico+2022.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18\\_2802IK01OORA70QUFIPQ192H31-0c21fb22-e7e4-491e-b72b-fed3fb74cbf6-o5tPeqE](https://www.manpowergroup.com.mx/wps/wcm/connect/manpowergroup/0c21fb22-e7e4-491e-b72b-fed3fb74cbf6/Infograf%C3%ADa+Escasez+de+Talento+M%C3%A9xico+2022.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18_2802IK01OORA70QUFIPQ192H31-0c21fb22-e7e4-491e-b72b-fed3fb74cbf6-o5tPeqE)
- E. S. Salimzyanova, "VII International Forum on Teacher Education Agile in Digital Didactics in the Era of the VUCA World in Education," pp. 1417–1432, 2021, doi: 10.3897/ap.5.e1417.
- G. Garcés and C. Peña, "Ajustar la Educación en Ingeniería a la Industria 4.0: Una visión desde el desarrollo curricular y el laboratorio," *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, vol. 19, no. 40, pp. 129–148, Aug. 2020, doi: 10.21703/rexe.20201940garces7.
- G. Rodríguez-Abitia, S. Martínez-Pérez, M. S. Ramirez-Montoya, and E. Lopez-Caudana, "Digital gap in universities and challenges for quality education: A diagnostic study in Mexico and Spain," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 21, pp. 1–14, Nov. 2020, doi: 10.3390/su12219069.

- Grupo Banco Mundial, “La digitalización mundial en 10 gráficos.”
- L. E. Valdez-Juárez, E. A. Ramos-Escobar, and E. P. Borboa-Álvarez, “Reconfiguration of Technological and Innovation Capabilities in Mexican SMEs: Effective Strategies for Corporate Performance in Emerging Economies,” *Adm Sci*, vol. 13, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.3390/admsci13010015.
- L. H. L. Iwersen, L. Zem, and R. de A. Penteadó Neto, “Choosing the Best Project Management Methodology for Research and Development Projects: Agile, Waterfall, or Hybrid?,” *Revista Foco*, vol. 16, no. 11, p. e3336, Nov. 2023, doi: 10.54751/revistafoco.v16n11-112.
- L. H. L. Iwersen, L. Zem, and R. de A. Penteadó Neto, “Choosing the Best Project Management Methodology for Research and Development Projects: Agile, Waterfall, or Hybrid?,” *Revista Foco*, vol. 16, no. 11, p. e3336, Nov. 2023, doi: 10.54751/revistafoco.v16n11-112.
- M. Casalet, “Challenges and Opportunities of Digitalization in Mexico,” in *Digital and Sustainable Transformations in a Post-COVID World: Economic, Social, and Environmental Challenges*, Springer International Publishing, 2023, pp. 451–474. doi: 10.1007/978-3-031-16677-8\_17.
- M. Casalet, “Challenges and Opportunities of Digitalization in Mexico,” in *Digital and Sustainable Transformations in a Post-COVID World*, Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 451–474. doi: 10.1007/978-3-031-16677-8\_17.
- M. Hernandez-de-Menendez, C. A. Escobar Díaz, and R. Morales-Menendez, “Engineering education for smart 4.0 technology: A review,” *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, vol. 14, no. 3, pp. 789–803, Sep. 2020, doi: 10.1007/s12008-020-00672-x.
- O. A. Komar, Y. M. Chuchalina, A. N. Kramarenko, T. A. Torchynska, and I. V. Shevchuk, “Agile approach in training future primary school teachers for resolving complex pedagogical situation,” *International Electronic Journal of Elementary Education*, vol. 13, no. 4, pp. 469–477, 2020, doi: 10.26822/iejee.2021.205.
- P. Avitia-Carlos, N. Candolfi-Arballo, J. L. Rodríguez-Verduzco, and B. Rodríguez-Tapia, “Conditions for the Development and Certification of Industry 4.0 Technical Competencies,” *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 17, no. 4, pp. 336–342, Nov. 2022, doi: 10.1109/RITA.2022.3217135.
- Project Management Institute, *Guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Project Management Institute, Inc., 2021.
- Tecnológico de Monterrey, “Competencias transversales Una visión desde el Modelo Educativo DOCUMENTO GUÍA,” 2019.

# APENDICE B – Artículo Digital Transformation in Higher Education

## Digital Transformation in Higher Education: A Comparative Exploration of Industry 4.0 in Switzerland and Mexico

G.G. Reyes-Zárate<sup>1</sup>, G. Gruener<sup>2</sup>, P. Marti<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Engineering and Sciences, Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Mexico

<sup>2</sup>School of Engineering and Computer Science, Bern University of Applied Sciences, Biel/Bienne, Switzerland  
(reyes.gabriela@tec.mx, gabriel.gruener@bfh.ch, patrik.marti@bfh.ch)

*Abstract* - The introduction of Industry 4.0 has boosted the use of new technologies. Product and service companies are aiming for improvements in operational efficiency and profitability. In this context, collaborative robots (Cobots) are a promising technology offering safe collaboration with humans in the workplace. Higher education must provide skilled personnel in these new technologies. One of the significant university offerings is the practice laboratory, where theory is applied, and relevant projects are developed. The Bern University of Applied Sciences in Switzerland has introduced practical activities using Cobots in their laboratories and student projects for local manufacturing companies focused on Industry 4.0 activities. At Tecnológico de Monterrey in Mexico, a private university, programs under new curricula in its educational model (Tec 21) redirect efforts toward digital transformation. This work analyzes the Swiss and Mexican models. It proposes a method to adapt the activities in Mexico that emphasizes using new technologies as part of the digital transformation.

*Keywords* - Industry 4.0, Cobotics, Higher Education, Digital Transformation, Educational Innovation

### I. INTRODUCTION

Industry 4.0 (I4.0) has created opportunities to respond quickly to customer demands. Production orders have increased, and companies use new approaches to plan and control production with flexible manufacturing and technologies [1]. Integrating manufacturing with new technologies to obtain real-time information with cloud computing, big data analytics, and the Internet of Things gives rise to the Smart Factory [2]. The link between this virtual space and the physical world is called a cyber-physical system [3]. The use of digital tools has increased in parallel. Product and service companies search for improvements in operational efficiency and profitability [4]. Robotics is a crucial component of this fourth industrial revolution. One type of robot of particular interest is the Collaborative Robot or Cobot, which shares the workspace with humans, enabling more efficient production in I4.0 scenarios. Establishing an efficient and safe collaboration between operative personal and Cobots is essential for optimal job performance and satisfaction [5].

This technological transformation of production must also occur in higher education. Universities are challenged to introduce new models and practices with value-added teaching methods while developing students' skills to

prepare them to know and use the technological resources involved in this trend [6].

Goal eight (SDG #8) of the United Nations 2030 Sustainable Development Goals describes technology's relevance to achieving higher economic productivity through diversification, technological upgrading, and innovation [7]. Technology is an essential component in engineering careers, and Industry 4.0 signifies methodologies and technologies that companies will need to introduce. In addition, companies will need trained and qualified employees, which requires universities to adapt and create new curricula [8]. According to the World Economic Forum 2023 Future of Jobs Report, employers estimate that in five years, the three main competencies required of workers will be cognitive skills for problem-solving, creative thinking, and technological knowledge [9].

These technologies of the fourth industrial revolution share in common leveraging the power of digitalization and information technologies to impact the future of work [10]. For the digital transformation of Industry 4.0, Christiansen et al. describe a model for educational institutions in this transition. Their design uses an iterative approach to solve problems by designing activities as core elements [11]. This paper reviews activities relating to Industry 4.0 at the Bern University of Applied Sciences in Switzerland and Tecnológico de Monterrey in Mexico. The selection criteria to do the comparison between these two regions was that Switzerland was chosen because the students develop I4.0 projects. The university selected in Mexico is changing its curriculum towards student activities with I4.0.

### II. SITUATION IN SWITZERLAND

We selected the Bern University of Applied Science in Switzerland for this study because it develops innovative projects for regional companies and is active in Industry 4.0 topics. Schlegel et al. found that Swiss universities of applied sciences have contributed substantially to local industry innovation [12].

The Bern University of Applied Science is a public vocational university with a solid national and international profile. It comprises six schools offering bachelor's and master's degree programs. The university also provides

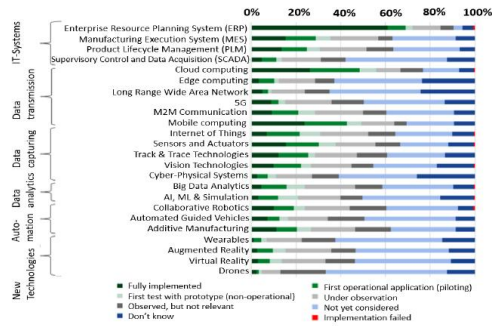


Fig. 1. Current status of Industry 4.0 and digitalization technologies in Switzerland [15].

continuing education courses, applied research and development (R&D) and direct services. In 2021, the university had 7'780 students (51% women) and 2'153 continuing education course completions [13].

The School of Engineering and Computer Science offers bachelor's degrees in Automotive Engineering, Electrical Engineering, Industrial Engineering & Management Science, Mechanical Engineering, Mechatronics & Systems Engineering, Computer Science, and Medical Informatics. A new program in Data Engineering will start in the fall of 2023. Master's degree programs are offered in Biomedical Engineering, Precision Engineering (both in collaboration with the University of Bern), and Engineering Sciences in nine specialization profiles [14].

These study programs provide a steady supply of engineers to the local industry. The students usually quickly find jobs in the thriving local watch and MedTech industries. These include not only direct producers but also a myriad of supplier companies. Many of these companies have already started implementing I4.0 in their productions. Labor costs are a reason some companies moved their production overseas. These companies are considering reshoring production, but I4.0 concepts and technologies, including Cobotics, are not yet wholly implemented (Fig. 1) [15].

The study programs closer to industrial production are Industrial Engineering & Management Science and Mechatronics & Systems Engineering. Industrial Engineering offers specializations in *Business Engineering* (digitalization), *Industrial Engineering* (Industry 4.0), and



Fig. 2. Robotics Lab at the Bern University of Applied Sciences.

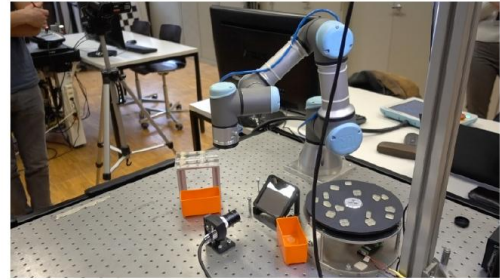


Fig. 3. A student laboratory setup in the Robotics Lab of the Bern University of Applied Sciences. Students implement a palletizing task with a commercial robot or a Cobot, two cameras, and a conveyor disk.

*Supply Chain & Process Engineering*. The specializations of the Mechatronics and Systems Engineering program are *Robotics* and *Medical Technologies*.

In the module *Robotics 1* of the specialization *Robotics*, students learn the theoretical background of industrial robots, including kinematics, dynamics, control, and machine vision for automation. The theoretical lectures represent about 30% of the students' effort. In the remaining time, the students work in the Robotics Laboratory (Fig. 2), applying the theory learned by implementing a fully automated palletizing task using an industrial robot or a Cobot, two cameras, and a conveyor disk. During this period, the students develop problem-solving and teamwork skills (Fig. 3).

The module *Industrial Engineering 3* of the specialization *Industrial Engineering* addresses many Operational Technology (OT) and Information Technology (IT) topics. In OT, all steps of a machine's life cycle are presented, starting with planning and procurement, through integration into production, up to maintenance and disposal of the machine. The focus is also on the three most important areas of the Manufacturing Executive System (MES). These are production planning, maintenance, quality assurance, and quality management. The module introduces students to enterprise resource planning (ERP) systems in IT. The students learn which ERP modules are available and which are required for

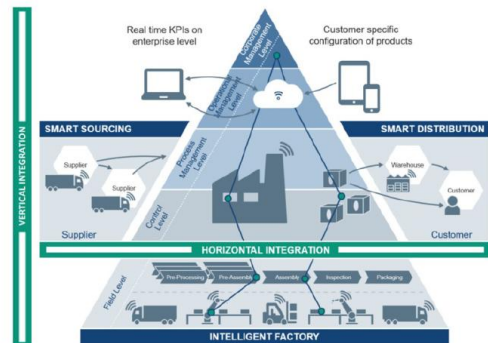


Fig. 4. Vertical and horizontal integration model [24].



Fig. 5. Industry Lab at the Bern University of Applied Sciences.

specific processes within a company. The focus lies on industrial companies with manufacturing departments. This module explains the flow of goods and the different functionalities. It considers as well typical data and interfaces. Students also learn the advantages of such systems and the critical interfaces to other operational information systems, such as Customer Relationship Management (CRM) and Product Lifecycle Management (PLM) (Fig. 4).

The Industry Lab (Fig. 5) displays digital transformation in an industrial environment with the Internet of Things, production systems, and cyber-physical systems.

Mechatronic systems such as Cobots play a central role in creating intelligent workplaces for the future. Other significant topics in the laboratory are the planning of the development process and product procurement with quality management, data management, and the usage of big data [16]. Students undertake challenges in the Industry Lab similar to those in an actual production plant and can experience, design, and develop cutting-edge systems of I4.0 (Fig. 6).

All students perform one project and one thesis as part of their bachelor studies. Most of these projects get done with an industrial partner that has proposed the task. The projects are executed at the industrial partner's premises or



Fig. 6. Student activities in the Industry Lab of the Bern University of Applied Science.

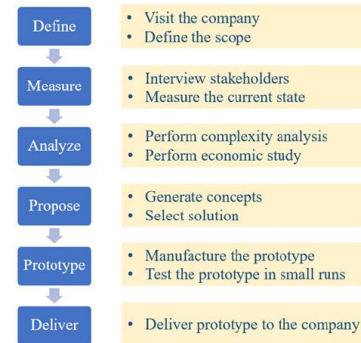


Fig. 7. Project development process at the Bern University of Applied Sciences in Switzerland.

in the laboratory, where an experimental setup matches the industrial job. These student projects often lead to an employment offer from the company to the student or an R&D collaboration between the company and the university.

Student projects and R&D collaborations with companies usually follow the process shown in Fig. 7.

### III. SITUATION IN MEXICO

Tecnologico de Monterrey in Mexico is a private university founded in 1943. It currently has 26 campuses nationwide with 67'500 bachelor's and master's students [17]. The Tec21 Educational Model focuses on the relationship between the student, the environment, and the teacher, in which students develop personal and professional competencies by resolving challenges linked to real problems, showing their proficiency through various learning evidence [18]. A *challenge* is a practical experience that exposes students to a complex environment to achieve specific learning objectives. With the development of digital transformation competencies, Tecnológico de Monterrey's professional graduates become intelligent users of cutting-edge digital technologies. Thus, students engage in the challenge of digital transformation. Engineering students learn complex concepts in their studies with laboratory activities that allow them to develop problem-solving skills [19]. The first challenges were related to digital transformation for the Industrial Engineering Laboratory on the Puebla Campus. Fig. 8 shows the current lab space for assembly-line design activities.

At Tecnológico de Monterrey, artificial intelligence, collaborative robotics, and the Internet of Things (IoT) characterize digital transformation. The first activity in Industry 4.0 was performed from November to December 2022 to develop digital transformation competencies within the Tec 21 educational model framework using Cobots and software for data acquisition. The mechatronics and systems area supported their equipment and software.



Fig. 8. The current Industrial Engineering laboratory with a conveyor belt at the Puebla Campus, Tecnológico de Monterrey.

Developing a framework for Industry 4.0 Educational activities requires analyzing the companies in the region [11]. The first analysis was the city of Puebla, which ranked third in the number of manufacturing industries in Mexico at the end of 2022 [20]. Companies like Volkswagen and Audi are in Puebla. Additionally, Puebla will create an Industry 4.0 cluster in 2023. In an interview, the president of Canacindra (an Association for Advancing Automation) indicated that education is one of the keys to expanding the use of automation in Mexico. Companies must learn more about what is being done successfully in other parts of the world in robotics and automation [21]. It is essential to prepare students with new technologies and tools, and Mexico has the opportunity to develop projects in Industry 4.0.

#### IV. COMPARISON AND PROPOSAL

The strength of the Bern University of Applied Sciences in Switzerland is its competency in using technology with many years of experience teaching and implementing I4.0 concepts. Some lectures include up to 70% of practical activities. Another strength is the student and development projects for and with industry. Students may get hired by these companies, which gives continuity to their proposals.

Tecnológico de Monterrey in Mexico has been implementing its new Tec 21 Educational Model and introducing activities related to Industry 4.0 since 2019. In the Educational Framework proposed by Christiansen et al. [11], the Industrial Engineering Laboratory is still in the third industrial paradigm, beginning I4.0 activities. Moving forward requires mechanical and manual techniques to evolve to highly flexible and interconnected production technologies, including adding Cobots that occasionally work in close interaction with humans.

The Rector of Tecnológico de Monterrey has pledged support for using new technologies in the university [22]. Based on this, we propose incorporating equipment and tools within the laboratory space. The placement of Cobots on movable tables will allow students to configure the equipment according to their defined design and include an

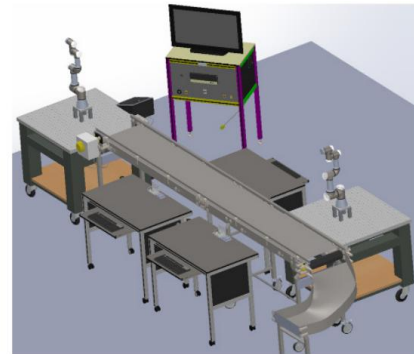


Fig. 9. Proposal for the new Industrial Engineering Laboratory including collaborative robots and a digital system, Puebla Campus, Tecnológico de Monterrey, Mexico. Adapted from Asiotech Grupo de trabajo 3 [23].

IoT system with data visualization. Fig. 9 shows a proposal for placing the worktables and two Cobots.

During the seventh semester, the students will be able to select the "Systems and Technologies 4.0" specialization, which would entail a practical experience in two forms:

- Develop a project in a company related to I4.0 using the Industrial Engineering Laboratory.
- Work in the Industrial Engineering Laboratory.

By incorporating these new activities into the I4.0 initiative, the laboratory can receive students from other Engineering programs, including Industrial and Systems, Mechanical, and Electrical Engineering, and Innovation & Development.

#### V. CONCLUSION AND FUTURE WORK

This paper reviews current trends in implementing Industry 4.0 in global production. Higher education institutions must prepare students for this trend by introducing these technologies in their curricula and developing the necessary student competencies.

The Bern University of Applied Sciences in Switzerland has many years of experience in this topic. It provides the students with a relatively large period of practical experience in a laboratory environment as well as projects defined by and done with industrial partners.

Tecnológico de Monterrey in Mexico is taking its first steps towards I4.0. The experience and strengths of the Swiss model served as an inspiration to create a proposal for educational activities in Mexico and ramp up its activities. As a next step, collaboration with local industry should increase to help companies integrate more quickly into the I4.0 era.

#### ACKNOWLEDGEMENT

The authors acknowledge the financial and technical support of Writing Lab, Institute for the Future of

Education, Tecnológico de Monterrey, Mexico, in the production of this work.

## REFERENCES

- [1] G. Fragapane, D. Ivaniv, M. Peron, F. Sgarbossa and J. O. Strandhagen, "Increasing flexibility and productivity in Industry 4.0 production networks with autonomous mobile robots and smart intralogistics," *Annals of Operations Research*, vol. 308, 2020, pp. 125-143.
- [2] L. D. Evjemo, T. Gjerstad, E. Grothli, and G. Sziebig, "Trends in Manufacturing: Role of Humans and Industrial Robots in Smart Factories," *Current Robotics Reports*, vol. 1, 2020, pp. 35-41.
- [3] D. G. Pivoto, L. F. de Almeida, R. Da Rosa Rigui, J. J. Rodriguez, A. Baratella Lugli and A. Alberti, "Cyber-physical systems architectures for industrial internet of things applications in Industry 4.0: A literature review," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 58, 2021, pp. 176-192.
- [4] N. Virmani, S. Sharma, A. Kumar, and S. Luthra, "Adoption of industry 4.0 evidence in emerging economy: Behavioral reasoning theory perspective," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 188, p. 122317, 2023.
- [5] M. Paliga, "The Relationship of Human-Cobot Interaction Fluency with Job Performance and Job Satisfaction among Cobot Operators-The Moderating Role of Workload," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 20, no. 6, p. 5111, 2023.
- [6] D. Salinas-Navarro, A. Da Silva-Ovando, C. Mejia-Argueta and M. Chong, "Reflexiones desde la práctica docente: experiencias de aprendizaje para la educación en ingeniería industrial en la pospandemia," *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 49, no. 92, pp. 151-182, 2022.
- [7] United Nations, *The 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals An opportunity for Latin America and the Caribbean*, Santiago, 2018.
- [8] A. Benešová and J. Tupa, "Requirements for Education and Qualification of People in Industry," in *27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017*, Modena, 2017.
- [9] World Economic Forum, "The future of jobs Report 2023," 2023. [Online]. Available: [www.weforum.org](http://www.weforum.org). [Accessed 15 05 2023].
- [10] Tecnológico de Monterrey, *Competencias transversales. Una visión desde el Modelo Educativo*. Documento guía, 2019.
- [11] L. Christiansen, T. Edvardsen Hvidsten, J. Hemdrup, J. Gebhardt, K. Mahmood, T. Otto, A. Heidenmann, T. Ditlev, C. Schou and E. Skov, "A Framework for Developing Educational Industry 4.0 Activities and Study Materials," *Educ Sci (Basel)*, vol. 12, no. 10, pp. 1-13, 2022.
- [12] T. Schlegel, C. Pfister, D. Harhoff and U. Backes-Gellner, "Innovation effects of universities of applied sciences: an assessment of regional heterogeneity," *J Technol Transf*, vol. 47, no. 1, pp. 63-118, 2022.
- [13] BFH, "Annual Report 2021," 2021. [Online]. Available: <https://www.bfh.ch/en/about-bfh/facts-and-figures/annual-report-2021/>. [Accessed 15 05 2023].
- [14] BFH, "All our degree programmes of the School of Engineering and Computer Science," 2023. [Online]. Available: <https://www.bfh.ch/ti/en/studies/all-our-degree-programmes/>. [Accessed 15 05 2023].
- [15] Institute of Technology Management, "Swiss Manufacturing Survey: National Study 2022 General Report," 2022. [Online]. Available: [https://item.unisg.ch/media/1559/download/SMS22\\_GeneralReport.pdf](https://item.unisg.ch/media/1559/download/SMS22_GeneralReport.pdf). [Accessed 15 05 2023].
- [16] Bern University of Applied Sciences, "Industrial Engineering and Management Science," 2023. [Online]. Available: In addition to the development of projects at the Swiss university, another part was to learn how activities are carried out for Industrial Engineering I4.0. The University of Applied Sciences has a Industry Lab (figure XX) that describes the path of: [Accessed 23 05 2023].
- [17] Tecnológico de Monterrey, "Data and Figures," 2023. [Online]. Available: <https://tec.mx/en/data-and-figures>. [Accessed 23 05 2023].
- [18] Tecnológico de Monterrey, *Tec21 Educational Model*, 2021.
- [19] Tecnológico de Monterrey, *Modelo Educativo*, 2018.
- [20] STATISTA, "Número de establecimientos del sector de las industrias manufactureras en México a la fecha de Diciembre 2022," 2022. [Online]. Available: <https://es.statista.com/estadisticas/595542/empresas-del-sector-industrias-manufactureras-en-mexico-por-entidad-federativa/>. [Accessed 15 05 2023].
- [21] El Economista, "Industria 4.0 de Canacinttra. Puebla busca detonar proyectos en el 2023," 2022. [Online]. Available: <https://www.eleconomista.com.mx/estados/Industria-4.0-de-Canacinttra-Puebla-busca-detonar-proyectos-en-el-2023-20221020-0114.html>. [Accessed 15 05 2023].
- [22] Conecta, "Plantea Tec rol post COVID de universidades en Foro Mundial Económico," 2020. [Online]. Available: <https://conecta.tec.mx/es/noticias/nacional/institucion/plantea-tec-rol-post-covid-de-universidades-en-foro-economico-mundial>. [Accessed 15 05 2023].
- [23] Asiotech, "Grupo de trabajo 3," 2022. [Online]. Available: <http://asiotech.com.mx/fichastecnicas/grupo%20de%20trabajo%203.pdf>. [Accessed 15 05 2023].
- [24] Akincy, "Horizontal Integration Industry 4.0 Architecture Vertical Integration Strategic Planning," 18 February 2019. [Online]. Available: [https://favpng.com/png\\_view/independence-and-unity-day-horizontal-integration-industry-4-0-architecture-vertical-integration-strategic-planning-png/xEXu406b](https://favpng.com/png_view/independence-and-unity-day-horizontal-integration-industry-4-0-architecture-vertical-integration-strategic-planning-png/xEXu406b). [Accessed 25 05 2023].

## APENDICE C – Reconocimiento por presentación de artículo



2023 IEEE International Conference on  
**Industrial Engineering and Engineering Management**  
18 - 21 December 2023

### OUTSTANDING PAPER AWARD

Presented to

*Gabriela G. Reyes-zárate*

For the Paper

**Digital Transformation in Higher Education: A Comparative Exploration of Industry 4.0 in Switzerland and Mexico**

*Gabriela G. REYES-ZÁRATE<sup>1</sup>, Gabriel GRUENER<sup>2</sup>, Patrik MARTI<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Tecnologico de Monterrey, Mexico, <sup>2</sup>Bern University of Applied Sciences, Switzerland

**Kah Hin CHAI**  
National University of Singapore  
Organizing Chair

**Seung Ki MOON**  
Nanyang Technological University  
Organizing Chair

## **ANEXO 1 – Instrumento 1**

Dimensiones con los ítems encuesta 1 y figura en Google Forms de la primera página

### **D1: Procesar y analizar datos**

- Interpreto gráficas, tablas o reportes para obtener conclusiones sobre el desempeño de procesos.
- Organizo y analizo datos en hojas de cálculo como Excel o software estadístico como Minitab para identificar tendencias o patrones.
- Utilizo bases de datos dentro de sistemas ERP (como Kepler o SAP) para consultar información relevante de procesos industriales.

### **D2: Programación**

- Comprendo y aplico instrucciones para automatizar tareas mediante lenguajes como Python usando plataformas como Google Colab.
- Soy capaz de programar instrucciones secuenciales en un robot colaborativo UR3 para ejecutar tareas de manufactura.
- Puedo diseñar o utilizar aplicaciones digitales, así como editar contenidos web desde dispositivos móviles (como tabletas o celular).

### **D3: Solución de problemas**

- Identifico causas de un problema técnico o de gestión y propongo soluciones usando datos reales.
- Aplico herramientas digitales para dar respuesta a situaciones imprevistas en un entorno o trabajo.
- Integro datos de múltiples fuentes (ERP, hojas de cálculo) para diagnosticar y resolver problemas en proyectos de transformación digital.

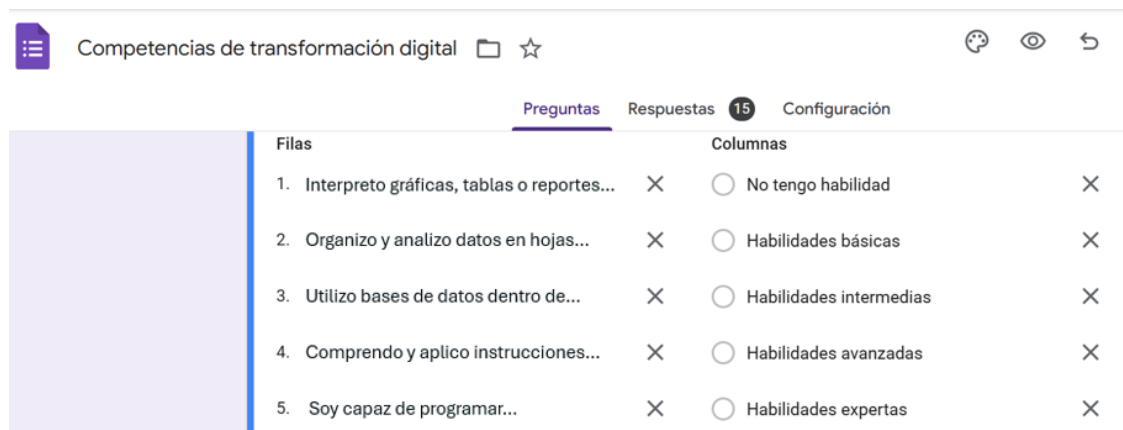
#### D4: Comunicación efectiva

- Presento ideas de forma clara y visual utilizando herramientas como Canva o plantillas digitales compartidas en Google Drive.
- Elaboro videos para explicar conceptos o resultados, y los comparto en YouTube o plataformas institucionales.
- Uso plataformas digitales como Zoom o Microsoft Teams para coordinar reuniones o eventos colaborativos con equipos multidisciplinarios.

#### D5: Liderazgo

- Coordino actividades en equipos de trabajo compartiendo documentos en línea (como Google Drive) para lograr objetivos comunes.
- Utilizo herramientas digitales para la gestión de proyectos (como Trello, Miró) que permiten distribuir tareas y dar seguimiento al progreso.
- Promuevo la integración de tecnología en el equipo, impulsando el uso de plataformas de colaboración y automatización.

#### Formulario en Google Forms



Competencias de transformación digital

Preguntas Respuestas 15 Configuración

Filas		Columnas	
1.	Interpreto gráficas, tablas o reportes...	<input type="radio"/> No tengo habilidad	×
2.	Organizo y analizo datos en hojas...	<input type="radio"/> Habilidades básicas	×
3.	Utilizo bases de datos dentro de...	<input type="radio"/> Habilidades intermedias	×
4.	Comprendo y aplico instrucciones...	<input type="radio"/> Habilidades avanzadas	×
5.	Soy capaz de programar...	<input type="radio"/> Habilidades expertas	×

## Respuestas del Grupo de estudiantes proyecto 5

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Nombre	[Habilidad para recolectar, procesar,	[Habilidad para programar (ej. Python	[Habilidad para soluci	n de problem	[Habilidad de uso de tecnolog	as pa	[Habilidad de liderazgo con aplicaci			
2	Estudiante 1	Habilidades expertas	5	Habilidades intermedias	3	Habilidades avanzadas	4	Habilidades expertas	5	Habilidades intermedias	3
3	Estudiante 2	Habilidades expertas	5	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4
4	Estudiante 3	Habilidades avanzadas	4	Habilidades b	ásicas	2	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades expertas
5	Estudiante 4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades b	ásicas	2	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades expertas
6	Estudiante 5	Habilidades avanzadas	4	Habilidades intermedias	3	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades avanzadas	4
7	Estudiante 6	Habilidades expertas	5	Habilidades b	ásicas	2	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas
8	Estudiante 7	Habilidades avanzadas	4	Habilidades intermedias	3	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5
9	Estudiante 8	Habilidades avanzadas	4	Habilidades intermedias	3	Habilidades avanzadas	4	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5
10	Estudiante 9	Habilidades intermedias	3	Habilidades intermedias	3	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades intermedias	3
11	Estudiante 10	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4
12	Estudiante 11	Habilidades intermedias	3	Habilidades b	ásicas	2	Habilidades avanzadas	4	Habilidades expertas	5	Habilidades intermedias
13	Estudiante 12	Habilidades expertas	5	Habilidades avanzadas	4	Habilidades expertas	5	Habilidades intermedias	3	Habilidades expertas	5
14	Estudiante 13	Habilidades intermedias	3	No tengo habilidad	2	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades intermedias	3
15	Estudiante 14	Habilidades avanzadas	4	Habilidades intermedias	3	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4
16	Estudiante 15	Habilidades avanzadas	4	Habilidades b	ásicas	2	Habilidades avanzadas	4	Habilidades expertas	5	Habilidades avanzadas
17	Estudiante 16	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5
18	Estudiante 17	Habilidades intermedias	3	Habilidades intermedias	3	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5
19	Estudiante 18	Habilidades avanzadas	4	Habilidades intermedias	3	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5
20	Estudiante 19	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5
21	Estudiante 20	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades intermedias	3
22	Estudiante 21	Habilidades intermedias	3	No tengo habilidad	2	Habilidades intermedias	3	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4
23	Estudiante 22	Habilidades intermedias	3	Habilidades b	ásicas	2	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas	4	Habilidades avanzadas
24	Estudiante 23	Habilidades expertas	5	Habilidades intermedias	3	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5	Habilidades expertas	5
25	Estudiante 24	Habilidades intermedias	3	Habilidades b	ásicas	2	Habilidades intermedias	3	Habilidades intermedias	3	Habilidades intermedias

## ANEXO 2 – Instrumento 2

Dimensiones con los ítems encuesta 2 y figura en Google Forms de la primera página

### **Dimensión 1: Integración tecnológica y aprendizaje técnico**

- La experiencia en la *Learning Factory* fortaleció mi capacidad para integrar tecnologías de manufactura avanzada (e.g., *robots, cobots*)
- Aprendí a utilizar herramientas digitales para la supervisión y el control de procesos productivos.
- Desarrollé habilidades para aplicar principios de mejora continua en entornos reales.
- Considero que ahora cuento con mejores herramientas para resolver problemas técnicos en contextos reales de manufactura.
- Comprendo mejor los retos técnicos, organizacionales y humanos que enfrentan las industrias en su transformación hacia la Industria 4.0 y 5.0.

### **Dimensión 2: Competencias interpersonales**

- Fortalecí mi capacidad para colaborar en equipo durante el proyecto en la *Learning Factory*.
- Logré comunicar mis ideas técnicas de manera efectiva dentro del equipo.
- Desarrollé habilidades para coordinar o liderar actividades dentro del equipo.
- Me adapté con flexibilidad a los cambios y desafíos que surgieron durante el proyecto el desarrollo del proyecto en la *Learning Factory*.

### **Dimensión 3: Aplicación práctica del conocimiento.**

- La *Learning Factory* facilitó la conexión entre los contenidos teóricos vistos en clase y su aplicación práctica.
- Esta experiencia incrementó mi interés por desempeñarme en el área de manufactura y producción, en el corto o mediano plazo.
- Considero que las competencias desarrolladas durante esta experiencia son pertinentes para el mercado laboral actual.

#### Dimensión 4: Satisfacción general con la experiencia.

- Estoy conforme con los recursos, equipos y el acompañamiento proporcionado durante la *Learning Factory*.

#### Formulario en Google Forms

The image shows a Google Forms editor interface. At the top, the title is "Habilidades en Learning Factory (Laborator)" with a folder icon and a star. The navigation bar includes "Preguntas", "Respuestas" (with a count of 30), and "Configuración". The main editing area shows a question type dropdown set to "Cuadrícula de varias opciones". Below this is a rich text editor with bold, italic, underline, link, and unlink icons. The question content is a 4x2 grid:

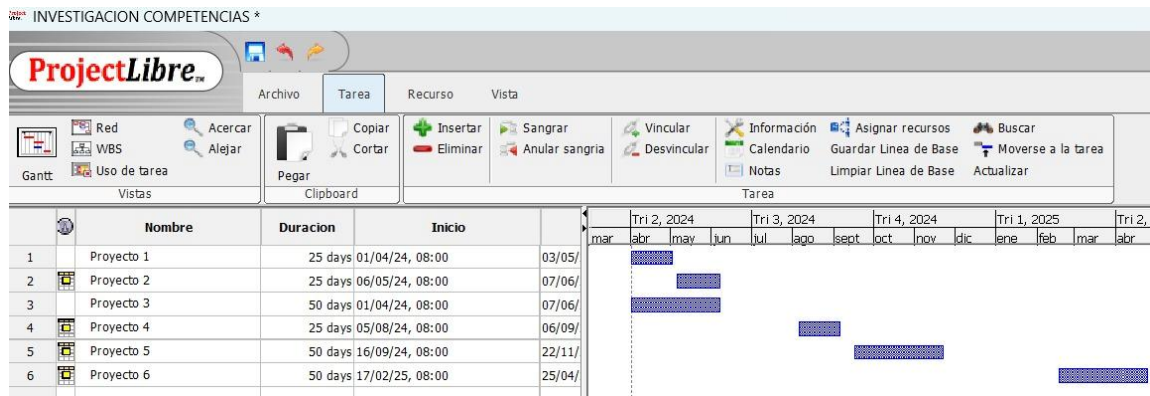
Filas	Columnas
1. La experiencia en la Learning Factory me...	<input type="radio"/> Totalmente de acuerdo
2. Aprendí a utilizar herramientas digitales ...	<input type="radio"/> De acuerdo
3. Desarrollé habilidades para aplicar princi...	<input type="radio"/> Neutral
4. Me siento más preparado(a) para resolve...	<input type="radio"/> En desacuerdo



## ANEXO 3 - Planificación de la parte empírica de la investigación

### Planeación de proyectos y cronograma Gantt

Proyecto	Nombre del proyecto	Periodo de ejecución	Duración	Número de estudiantes	Contexto	Responsables
Proyecto 1	Diseño de propuesta de sistema en laboratorio	1 de abril – 3 de mayo de 2024	5 semanas	15 estudiantes	Laboratorio de Ingeniería Industrial	Coordinadora de investigación y profesora del curso
Proyecto 2	Logística aplicada	7 de mayo – 7 de junio de 2024	5 semanas	11 estudiantes	Aplicación académica con enfoque logístico	Coordinadora de investigación y profesora del curso
Proyecto 3	Análisis con datos de empresa automotriz	8 de abril – 14 de junio de 2024	10 semanas	7 estudiantes	Empresa automotriz (datos reales)	Coordinadora de investigación y profesor
Proyecto 4	Diseño de un sistema en laboratorio	5 de agosto – 6 de septiembre de 2024	5 semanas	5 estudiantes	Laboratorio de Ingeniería Industrial	Laboratorista y coordinadora de investigación
Proyecto 5	Proyecto en laboratorio con elementos I4.0	17 de septiembre – 22 de noviembre de 2024	10 semanas	24 estudiantes	Laboratorio con tecnologías I4.0	Laboratorista y coordinadora de investigación
Proyecto 6	Proyecto integral en Learning Factory	17 de febrero – 25 de abril de 2025	10 semanas	30 estudiantes	Learning Factory	Laboratorista y coordinadora de investigación



## ANEXO 4 - Resultado Alfa de Cronbach para instrumento 1

The screenshot displays the IBM SPSS Statistics Viewer interface. The main window title is "\*Output1 [Document1] - IBM SPSS Statistics Viewer". The menu bar includes File, Edit, View, Data, Transform, Insert, Format, Analyze, Graphs, Utilities, Extensions, Window, and Help. The toolbar contains various icons for file operations and analysis. The left sidebar shows a tree view of the output, with the "Reliability" node selected. The main content area displays the following information:

**Reliability**

Scale: ALL VARIABLES

**Case Processing Summary**

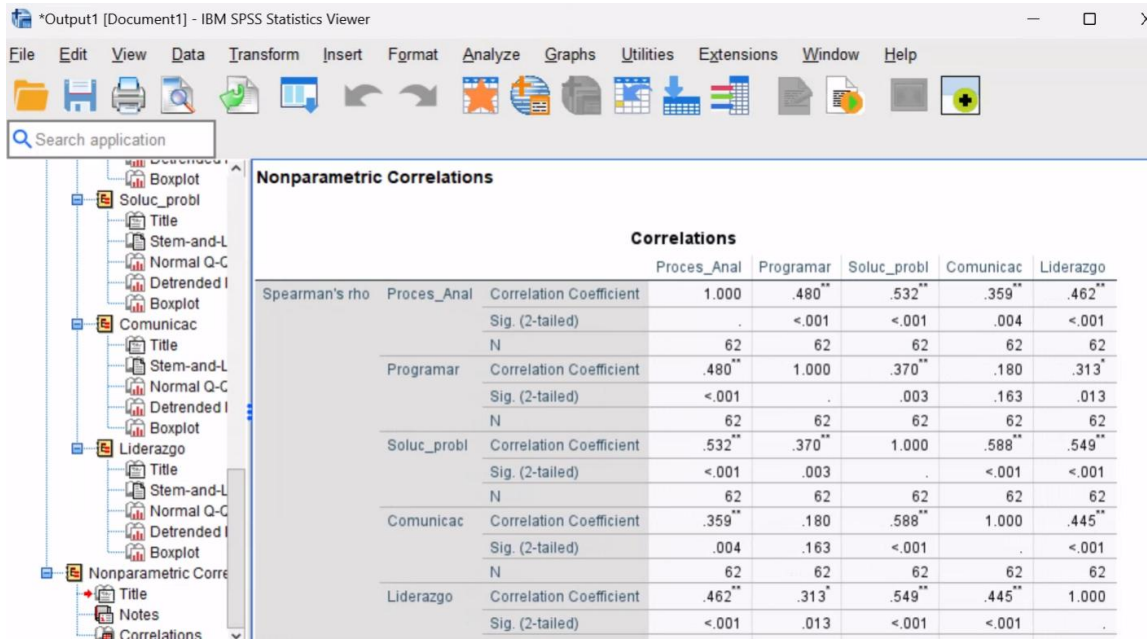
Cases	Valid	N	
		N	%
		62	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	62	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
.776	5

## ANEXO 5 Resultado $\rho$ rho de Spearman para instrumento 1



## ANEXO 6 - Resultado Alfa de Cronbach para segundo instrumento

\*Output1 [Document1] - IBM SPSS Statistics Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Extensions Window Help

Search application

**Reliability**

Scale: ALL VARIABLES

		N	%
Cases	Valid	30	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	30	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Cronbach's		N of Items
Alpha		
.938		13

## ANEXO 7 Resultado $\rho$ rho de Spearman para instrumento 2

\*Output1 [Document1] - IBM SPSS Statistics Viewer

File Edit View Data Transform Insert Format Analyze Graphs Utilities Extensions Window Help

Search application

		INTEG_TECN	USO_HTADG	MEJO_PROC	SOL_PROBL	COI
Spearman's rho	INTEG_TECN	Correlation Coefficient	1.000	.487**	.519**	.585**
		Sig. (2-tailed)	.	.006	.003	<.001
		N	30	30	30	30
USO_HTADG	USO_HTADG	Correlation Coefficient	.487**	1.000	.212	.527**
		Sig. (2-tailed)	.006	.	.260	.003
		N	30	30	30	30
MEJO_PROC	MEJO_PROC	Correlation Coefficient	.519**	.212	1.000	.434*
		Sig. (2-tailed)	.003	.260	.	.017
		N	30	30	30	30
SOL_PROBL	SOL_PROBL	Correlation Coefficient	.585**	.527**	.434*	1.000
		Sig. (2-tailed)	<.001	.003	.017	.
		N	30	30	30	30
COLABORAC	COLABORAC	Correlation Coefficient	.700**	.575**	.332	.574**
		Sig. (2-tailed)	<.001	<.001	.073	<.001
		N	30	30	30	30
COMUNICAC	COMUNICAC	Correlation Coefficient	.630**	.304	.335	.141

## **ANEXO 8 - Validación de la encuesta por expertos**

En el presente anexo se muestra la validación del segundo instrumento de recolección realizada por tres expertos con doctorado en Ingeniería. Los expertos evaluaron la encuesta considerando criterios de claridad, pertinencia y coherencia, aportando observaciones que permitieron mejorar el instrumento final.

Los tres expertos son:

### **Dr Mostafa Hajiaghaei-Keshteli**

Profesor Asociado e investigador del área de Ingeniería Industrial

Investigador con Índice H 73

### **Dr Andrés Felipe Porto Solano**

Profesor investigador Índice H 8

### **Dr Eduardo Arturo Garzón Garnica**

Profesor que imparte clases de programación y uso de Cobots en laboratorio

## Request for Validation of Evaluation Instrument

**Instrument name:** Perception Questionnaire on the Learning Factory / Industrial Engineering Laboratory Experience

**Evaluator's name:** Dr Mostafa Hajiaghaei-Keshteli

**Requested by:** Mtra. Gabriela Reyes

**Program:** Industrial Engineering, Campus Puebla

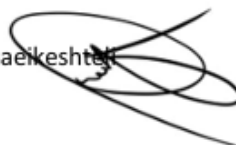
**Date:** 06/02/2025

1. Learning Factory experience improved my ability to integrate advanced manufacturing technologies.
2. I learned to use digital tools for monitoring and controlling production processes.
3. I developed skills to apply continuous improvement principles in real environments.
4. I feel more prepared to solve technical problems in real manufacturing situations.
5. I improved my teamwork skills during the Learning Factory project.
6. I was able to communicate my technical ideas effectively within my team.
7. I developed leadership or coordination skills within the team.
8. I adapted flexibly to changes and challenges that arose during the project.
9. The Learning Factory facilitated the connection between classroom theory and its practical application.
10. I believe this experience increased my interest in working in the manufacturing and production area.
11. I feel I acquired competencies that will be valued in today's job market.
12. I have a better understanding of the challenges industries face in their transformation toward Industry 4.0 / 5.0.
13. I am satisfied with the resources, equipment, and support provided during the Learning Factory experience.
14. I would recommend this experience to other Industrial / Mechatronics / related Engineering students.

	Description	0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81 – 100%
Clarity	Degree to which the wording of the indicator is understandable, precise, and easily interpretable by the participants.					92
Relevance	Correspondence of the indicator with the objectives of the study and with the competencies intended to be assessed in the context of digital transformation.					91
Coherence	Degree of congruence of the indicator with the theoretical framework, the defined dimensions, and the methodological approach of the research					93
Methodology	Adequacy of the indicator with respect to the research method employed, considering the quantitative approach and measurement through a Likert scale.					96
Consistency	Capacity of the indicator to be logically and stably integrated into the overall structure of the instrument					94
Objectivity	Level at which the indicator is formulated in a neutral manner, avoiding value judgments or subjective interpretations.					92

Comments: ---

Mostafa Hajiaghaei-Keshteli



Name and Signature

## Solicitud de Validación de Instrumento de Evaluación

**Nombre del instrumento:** Cuestionario de percepción sobre la experiencia en la Learning Factory /Laboratorio de Ingeniería Industrial

**Nombre del evaluador:** **Dr Andrés Felipe Porto Solano**

**Solicitante:** Mtra. Gabriela Reyes

**Programa:** Ingeniería Industrial Campus Puebla

**Fecha:** 25/01/25

1. La experiencia en la Learning Factory mejoró mi capacidad para integrar tecnologías de manufactura avanzada.
2. Aprendí a utilizar herramientas digitales para la supervisión y control de procesos productivos.
3. Desarrollé habilidades para aplicar principios de mejora continua en entornos reales.
4. Me siento más preparado(a) para resolver problemas técnicos en situaciones reales de manufactura.
5. Mejoré mi capacidad de trabajo en equipo durante el proyecto en la Learning Factory.
6. Pude comunicar mis ideas técnicas de manera efectiva dentro de mi equipo.
7. Desarrollé habilidades de liderazgo o coordinación de actividades dentro del equipo.
8. Me adapté de manera flexible a los cambios y desafíos surgidos durante el proyecto.
9. La Learning Factory facilitó la conexión entre la teoría vista en clase y su aplicación práctica.
10. Considero que esta experiencia aumentó mi interés por trabajar en el área de manufactura y producción.
11. Siento que adquirí competencias que serán valoradas en el mercado laboral actual.
12. Entiendo mejor los retos que enfrentan las industrias en su transformación hacia la Industria 4.0 / 5.0.
13. Estoy satisfecho(a) con los recursos, equipos y apoyo proporcionados durante la Learning Factory.
14. Recomendaría esta experiencia a otros estudiantes de Ingeniería Industrial / Mecatrónica / afines.

	Descripción	0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81 – 100%
Claridad	Grado en que el enunciado del indicador es comprensible, preciso y fácilmente interpretable por los participantes					86
Pertinencia	Correspondencia del indicador con los objetivos del estudio y con las competencias que se pretende evaluar en el contexto de la transformación digital					93
Coherencia	Grado de congruencia del indicador con el marco teórico, las dimensiones definidas y el enfoque metodológico de la investigación					95
Metodología	Adecuación del indicador respecto al método de investigación empleado, considerando el enfoque cuantitativo y la medición mediante escala Likert.					88
Consistencia	Capacidad del indicador para integrarse de manera lógica y estable al conjunto del instrumento					89
Objektividad	Nivel en el que el indicador se formula de manera neutral, evitando juicios de valor o interpretaciones subjetivas					91


### Observaciones:

Muy buen instrumento, alineado con el objetivo de evaluar/estudiar la percepción sobre la experiencia en la Learning Factory. Considero que el cuestionario cubre adecuadamente aspectos técnicos, actitudinales y de competencias blandas esperadas en una experiencia formativa, considerando un modelo pedagógico basado en competencias.

Ahora bien, muy comedidamente me permito realizar algunas sugerencias que considero podrían mejorar algunos aspectos de claridad y cobertura.

- a) Algunos ítems están formulados en primera persona, con verbos en pasado (e.g., desarrollé, aprendí), sin embargo, en otros utilizan verbos en presente. (e.g., me siento, entiendo). Estoy podría afectar la lectura general del instrumento, por la inconsistencia temporal.

- b) Es posible que, aunque no esté explicado en el instrumento, se utilice una escala de medida (e.g., Likert de 1 a 5), por tanto, sugiero indicarlo.
- c) Sugeriría una reorganización de los ítems/preguntas, agrupándolos por aspectos que seguramente serán de estudio y análisis posterior (e.g., aspectos técnicos, competencias blandas, satisfacción)
- d) Finalmente, sugiero algunos micro ajustes en algunas palabras, buscando una redacción más neutral (o inclusiva, como se prefiera).
- e) Amablemente, incluyo el anexo A, en el que se detallan o resaltan algunas de estas sugerencias.

  
**Andrés Felipe Porto Solano**  
Instituto Tecnológico de Monterrey  
Escuela de Ingeniería y Ciencias

### Solicitud de Validación de Instrumento de Evaluación

**Nombre del instrumento:** Cuestionario de percepción sobre la experiencia en la Learning Factory /Laboratorio de Ingeniería Industrial

**Nombre del evaluador:** Dr Eduardo Arturo Garzón Garnica

**Solicitante:** Mtra. Gabriela Reyes

**Programa:** Ingeniería Industrial Campus Puebla

**Fecha:** 25/01/25

1. La experiencia en la Learning Factory mejoró mi capacidad para integrar tecnologías de manufactura avanzada.
2. Aprendí a utilizar herramientas digitales para la supervisión y control de procesos productivos.
3. Desarrollé habilidades para aplicar principios de mejora continua en entornos reales.
4. Me siento más preparado(a) para resolver problemas técnicos en situaciones reales de manufactura.
5. Mejoré mi capacidad de trabajo en equipo durante el proyecto en la Learning Factory.
6. Pude comunicar mis ideas técnicas de manera efectiva dentro de mi equipo.
7. Desarrollé habilidades de liderazgo o coordinación de actividades dentro del equipo.
8. Me adapté de manera flexible a los cambios y desafíos surgidos durante el proyecto.
9. La Learning Factory facilitó la conexión entre la teoría vista en clase y su aplicación práctica.
10. Considero que esta experiencia aumentó mi interés por trabajar en el área de manufactura y producción.
11. Siento que adquiriré competencias que serán valoradas en el mercado laboral actual.
12. Entiendo mejor los retos que enfrentan las industrias en su transformación hacia la Industria 4.0 / 5.0.
13. Estoy satisfecho(a) con los recursos, equipos y apoyo proporcionados durante la Learning Factory.
14. Recomendaría esta experiencia a otros estudiantes de Ingeniería Industrial / Mecatrónica / afines.

	Descripción	0 – 20%	21 – 40%	41 – 60%	61 – 80%	81 – 100%
Claridad	Grado en que el enunciado del indicador es comprensible, preciso y fácilmente interpretable por los participantes					95
Pertinencia	Correspondencia del indicador con los objetivos del estudio y con las competencias que se pretende evaluar en el contexto de la transformación digital					93
Coherencia	Grado de congruencia del indicador con el marco teórico, las dimensiones definidas y el enfoque metodológico de la investigación					97
Metodología	Adecuación del indicador respecto al método de investigación empleado, considerando el enfoque cuantitativo y la medición mediante escala Likert.					98
Consistencia	Capacidad del indicador para integrarse de manera lógica y estable al conjunto del instrumento					99
Objektividad	Nivel en el que el indicador se formula de manera neutral, evitando juicios de valor o interpretaciones subjetivas					99

Observaciones:

Se valida el instrumento.



Dr. Eduardo Arturo Garzón Garnica