

IMPORTANCIA DE LA PROBABILIDAD Y ESTADÍSTICA EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y LOS ODS

IMPORTANCE OF PROBABILITY AND STATISTICS IN THE TRAINING OF INDUSTRIAL ENGINEERS AND THE SDGs

María Teresa Villalón Guzmán

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
teresa.villalon@itcelaya.edu.mx

Manuel Darío Hernández Ripalda

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
dario.hernandez@itcelaya.edu.mx

Paloma Teresita Gutiérrez Rosas

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
teresita.gutierrez@itcelaya.edu.mx

Viridiana Núñez Ríos

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
viridiana.nunez@itcelaya.edu.mx

Dulce Daniela Rodríguez Aguilar

Tecnológico Nacional de México / IT de Celaya, México
20031467@itcelaya.edu.mx

Recepción: 4/noviembre/2024

Aceptación: 9/abril/2025

Resumen

Este trabajo enfatiza el papel de la asignatura de Probabilidad y Estadística en la formación de los ingenieros industriales en el programa de estudios del Tecnológico Nacional de México, ya que es un pilar fundamental dentro del área de Estadística en el programa de ingeniería industrial. Esta asignatura proporciona las bases teóricas y metodológicas necesarias para comprender y aplicar conceptos estadísticos avanzados en diversos contextos. Su importancia radica en que establece las bases para el aprendizaje y desarrollo de las competencias en asignaturas más especializadas, como Estadística Inferencial I, Estadística Inferencial II y Control Estadístico de la Calidad y también sienta las bases de

competencias que se desarrollan en asignaturas de mayor aplicación directa como Estudio del Trabajo II, Ergonomía, Simulación, Planeación y diseño de instalaciones, Formulación y evaluación de proyectos y Taller de investigación II. Estas asignaturas son herramientas clave para la toma de decisiones bajo incertidumbre, la gestión de riesgos y la optimización de procesos, competencias fundamentales en los futuros egresados de ingeniería industrial. Dichas competencias son esenciales en la industria moderna, ya que promueven la mejora continua y la sostenibilidad en las empresas y las organizaciones.

En este contexto, se identifica la necesidad de alinear las competencias de esta asignatura con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (*ODS*), a fin de que los futuros ingenieros desarrollen competencias técnicas y prácticas para impactar positivamente en su entorno. Por tal motivo, se realizó un análisis del programa oficial de la asignatura, a través del cual se pone de manifiesto el enfoque teórico de la asignatura y severas limitaciones en la aplicación práctica de los contenidos en contextos reales.

A partir de esta revisión, se proponen cambios en la metodología educativa que incorpora simulación, proyectos colaborativos y uso de software. Se propone fortalecer competencias clave que contribuyan al cumplimiento de los *ODS*, promoviendo así una formación integral de los estudiantes del programa de ingeniería industrial. La propuesta también incluye una evaluación basada en competencias, centrada en medir la capacidad de los estudiantes para aplicar los conceptos probabilísticos en la resolución de problemas reales. Esta evaluación continua, acompañada de re-alimentación formativa, asegura que los estudiantes no solo adquieran conocimientos teóricos, y además desarrollen habilidades prácticas y una visión crítica sobre la importancia de la sostenibilidad en la ingeniería. Con base en lo anterior, se concluye que es necesario actualizar el programa de estudios de la asignatura de Probabilidad y Estadística, dada su relevancia en la formación de ingenieros industriales. Especialmente la integración de prácticas sostenibles alineadas con los *ODS* proporcionará a los futuros profesionistas habilidades para implementar prácticas de desarrollo sostenible, mejorar la eficiencia de los procesos industriales y reducir el impacto ambiental.

Palabras Clave: gestión de riesgos, ingeniería industrial, objetivos de desarrollo sostenible, probabilidad y estadística, sostenibilidad.

Abstract

This paper emphasizes the role of the subject of Probability and Statistics in the training of industrial engineers in the study program of the National Institute of Technology of Mexico, since it is a fundamental pillar within the area of Statistics in the industrial engineering program. This subject provides the theoretical and methodological bases necessary to understand and apply advanced statistical concepts in various contexts. Its importance lies in the fact that it establishes the bases for learning and developing the skills in more specialized subjects, such as Inferential Statistics I, Inferential Statistics II and Statistical Quality Control and also lays the foundations for skills that are developed in subjects of greater direct application such as Work Study II, Ergonomics, Simulation, Planning and Design of Facilities, Formulation and Evaluation of Projects and Research Workshop II. These subjects are key tools for decision making under uncertainty, risk management and process optimization, which are fundamental skills for future industrial engineering graduates. These skills are essential in modern industry, as they promote continuous improvement and sustainability in companies and organizations.

In this context, the need to align the skills of this subject with the Sustainable Development Goals (SDG) is identified, so that future engineers develop technical and practical skills to positively impact their environment. For this reason, an analysis of the official program of the subject was carried out, through which the theoretical approach of the subject and severe limitations in the practical application of the contents in real contexts are revealed.

Based on this review, changes are proposed in the educational methodology that incorporates simulation, collaborative projects and use of software. It is proposed to strengthen key skills that contribute to the fulfillment of the SDGs, thus promoting comprehensive training for students in the industrial engineering program. The proposal also includes a competency-based assessment, focused on measuring students' ability to apply probabilistic concepts in solving real problems. This

continuous assessment, accompanied by formative feedback, ensures that students not only acquire theoretical knowledge, but also develop practical skills and a critical vision on the importance of sustainability in engineering.

Based on the above, it is concluded that it is necessary to update the curriculum of the subject of Probability and Statistics, given its relevance in the training of industrial engineers. Especially the integration of sustainable practices aligned with the SDGs will provide future professionals with skills that allow them to implement sustainable development practices, improve the efficiency of industrial processes and reduce environmental impact.

Keywords: *risk management, industrial engineering, sustainable development goals, probability and statistics, sustainability.*

1. Introducción

La ingeniería desempeña un papel esencial en la satisfacción de las necesidades humanas. Generalmente los ingenieros vinculan las demandas sociales con las innovaciones tecnológicas, para impulsar el desarrollo socioeconómico, además de que son esenciales en la reconstrucción de infraestructuras, la respuesta a emergencias, la seguridad alimentaria, el acceso al agua, el transporte y la innovación, entre otros.

En el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, los ingenieros lideran la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) mediante la aplicación de su conocimiento científico y experiencia para transformar ideas innovadoras en proyectos sostenibles. En este contexto, es apremiante reestructurar la profesión de la ingeniería para afrontar los desafíos actuales y promover un sentido de responsabilidad global hacia la creación de soluciones innovadoras [UNESCO, 2021].

Los ODS son un conjunto de 17 metas propuestas en 2015 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. La finalidad de los ODS es mejorar la calidad de vida de las personas y proteger el planeta, pues abordan problemáticas relacionadas con la pobreza, la desigualdad, el cambio climático, la degradación ambiental, la paz y la justicia.

La educación superior y en particular los programas de ingeniería juegan un papel fundamental en la formación de los futuros ingenieros, pues buscan proporcionar las herramientas, conocimientos y habilidades necesarios para abordar los problemas vinculados con los *ODS*. Los aspectos clave en la formación de los ingenieros incluyen:

- *Habilidades técnicas y científicas*: Los futuros egresados de los programas de ingeniería, requieren conocimientos científicos y tecnológicos que les permitan afrontar desafíos relacionados con el cambio climático, la escasez de recursos o la necesidad de infraestructura sostenible.
- *Desarrollo de pensamiento crítico y solución de problemas*: Los programas de ingeniería promueven el desarrollo del pensamiento crítico con un enfoque en soluciones innovadoras, las cuales son esenciales para abordar los *ODS*.
- *Enfoque en innovación y sostenibilidad*: Los programas de ingeniería tienden a enfatizar frecuentemente la innovación sostenible, con la finalidad de preparar a los futuros egresados para diseñar tecnologías eficientes y responsables.
- *Colaboración interdisciplinaria*: La ingeniería es multidisciplinaria, relaciona diversos campos y fomenta el trabajo en equipo para crear soluciones integrales, las cuales son necesarias para el cumplimiento de los *ODS*.

La ingeniería industrial, por su enfoque en la mejora continua, la eficiencia de los recursos y la innovación tecnológica, es una disciplina clave para el diseño de procesos eficientes, socialmente útiles y sostenibles, impactando de manera directa a varios *ODS*. Se enlistan desde el punto de vista de los autores, los *ODS* en los cuales la ingeniería industrial tiene mayor impacto:

- *ODS 2: Hambre cero*. Mejora las cadenas de suministro de alimentos, reduciendo el desperdicio, lo cual contribuye a garantizar la seguridad alimentaria a nivel global.
- *ODS 3: Salud y bienestar*. Contribuye a mejorar la calidad de los productos y la reducción de la contaminación, lo que impacta positivamente la salud pública y el bienestar general.

- *ODS 7: Energía asequible y no contaminante.* Análisis y mejora del uso de la energía, reduciendo la pérdida a la sociedad y las emisiones de carbono.
- *ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico.* Estudiar el trabajo humano para mejorar y facilitar las tareas y operaciones, además de promover condiciones laborales dignas mediante estrategias de mejora continua.
- *ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.* Promoción de la modernización de la infraestructura industrial a través del uso de tecnologías que permitan realizar tareas difíciles con menos desperdicio y menor pérdida para la sociedad.
- *ODS 10: Reducción de las desigualdades.* Robustecer los procesos productivos y creación de empleos de calidad, contribuyendo al desarrollo equitativo.
- *ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles.* Estudio y mejora de los sistemas de logística y transporte, reduciendo el tráfico, las emisiones contaminantes de las operaciones de transporte y movilidad y el impacto ambiental en las ciudades.
- *ODS 12: Producción y consumo responsables.* Diseño de procesos industriales para minimizar el desperdicio y reducir el consumo de recursos.
- *ODS 13: Acción por el clima.* Gestión de proyectos relacionados con la reducción de las emisiones de carbono y la optimización del uso de los recursos, para contribuir a la mitigación del cambio climático.
- *ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos.* Promoción de la colaboración entre los gobiernos, las empresas y las organizaciones para la implementación de soluciones eficientes y sostenibles.

Desde la perspectiva de Angarita y Parra [2013] para los ingenieros es esencial el pensamiento en probabilidad, ya que fortalece el razonamiento lógico, necesario para la toma de decisiones y la resolución de problemas. Por otra parte, la Estadística es una ciencia multidisciplinaria que desempeña un papel fundamental en la ingeniería, pues promueve la gestión de datos y fenómenos inciertos.

La educación en probabilidad y estadística es esencial para el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo necesario para abordar los desafíos del desarrollo sostenible. Es necesario que desde una edad temprana, los estudiantes desarrollen habilidades para interpretar y evaluar información cuantitativa, para la toma de decisiones informadas considerando los riesgos del mundo real.

En este contexto, la asignatura de Probabilidad y Estadística es fundamental en la formación de los ingenieros, ya que les proporciona las herramientas necesarias para la toma de decisiones relacionadas con la gestión de la incertidumbre, la mejora de los procesos y la toma de decisiones estratégicas en diversos contextos. Entre las habilidades clave que fomenta esta asignatura se encuentran:

- Análisis y modelado de sistemas complejos
- Gestión de riesgos
- Toma de decisiones bajo incertidumbre
- Mejora de sistemas de transporte y logística
- Aplicación de herramientas para el control estadístico de calidad

Incorporar actividades de enseñanza y aprendizaje con alta demanda cognitiva en la asignatura de Probabilidad y Estadística es fundamental para atender los ODS y promover el desarrollo de habilidades cognitivas, de comportamiento y socioemocionales [Shih-Su et. al., 2023]. Para Vásquez Ortiz [2020] comprender esta asignatura es esencial para evaluar la información y tomar decisiones de manera responsable, además de promover la formación de ciudadanos críticos en un mundo caracterizado por la abundancia de datos e información cuantitativa.

Para ello, se requiere implementar técnicas didácticas que integren herramientas virtuales, software, laboratorios y estudios de caso, tal como sugieren López y Mejía [2017] para facilitar la labor del docente y promover la actualización de los procesos de enseñanza y aprendizaje. En opinión de Medina-Hernández et. al [2022] la enseñanza de la estadística debe promover el desarrollo del pensamiento crítico en los alumnos, a través de la implementación de actividades de aprendizaje orientadas hacia la investigación para la atención de problemáticas del entorno.

Finalmente, Vázquez [2021] destaca la importancia de la triada “educación estadística, formación del profesorado y educación para el desarrollo sostenible” para formar ciudadanos comprometidos con la sostenibilidad. Esta combinación proporciona a los docentes las competencias necesarias para implementar una educación transformadora que impacte en la sociedad. Es urgente reorientar la enseñanza de la estadística hacia un enfoque contextual que permita una mejor comprensión de la información y promueva la toma de decisiones responsables en un mundo cada vez más complejo y cambiante.

2. Métodos

Este trabajo se realizó utilizando una metodología cualitativa basada en los análisis documental y comparativo de las competencias que integran la asignatura de Probabilidad y Estadística, con el propósito de evaluar su contribución a la formación de los futuros ingenieros industriales y su alineación con los *ODS*. De esta forma, fue posible identificar áreas de oportunidad en los procesos de enseñanza y aprendizaje de esta asignatura. Se describen las etapas aplicadas en el desarrollo de este trabajo y los instrumentos utilizados:

Análisis documental

La primera fase del trabajo fue la revisión del programa de la asignatura de Probabilidad y Estadística, la cual se enfocó en los siguientes aspectos:

- **Objetivos del programa:** Se realizó un análisis de la competencia general de la asignatura, con el propósito de determinar si se promueve el desarrollo de habilidades aplicables a la ingeniería industrial, tales como la gestión de la incertidumbre y la toma de decisiones basada en datos probabilísticos. Se buscó establecer si los objetivos del curso promueven el desarrollo de competencias alineadas con las demandas de sostenibilidad en la industria.
- **Temas y contenidos:** Se revisaron los contenidos de la asignatura, los cuales incluyen estadística descriptiva, conjuntos y técnicas de conteo, fundamentos de probabilidad, variables aleatorias y distribuciones de probabilidad discretas y continuas. El análisis se centró en la manera en como estos temas preparan

a los futuros egresados para resolver problemáticas en el contexto industrial, relacionadas con la incertidumbre y la toma de decisiones informadas para contribuir al logro de los *ODS*.

- **Metodología de enseñanza:** Se revisaron las estrategias didácticas propuestas en el programa de la asignatura, que incluyen la combinación de enfoques teóricos y prácticos, el uso de simulaciones y las actividades colaborativas. La revisión se centró en cómo estas metodologías pueden mejorar la comprensión de los procesos sostenibles, así como la capacidad de los futuros ingenieros para optimizar recursos y desarrollar sistemas industriales eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

- **Recursos didácticos:** Se evaluaron los materiales y herramientas propuestos para la enseñanza, con énfasis en el uso de software especializado para el análisis de datos probabilísticos, simulaciones y aplicaciones industriales. Este análisis incluyó una evaluación de cómo el acceso a tecnologías avanzadas puede contribuir a la formación de ingenieros industriales comprometidos con los *ODS*, particularmente con la producción sostenible y la gestión eficiente de recursos. El objetivo de esta revisión fue identificar la forma en la cual los contenidos y la metodología propuestos en el programa de la asignatura, contribuyen al desarrollo de las competencias requeridas en la práctica profesional de los ingenieros industriales. Adicionalmente, se evaluó la alineación del programa de la asignatura con los principios de sostenibilidad, destacando su contribución al logro de los *ODS*.

- **Análisis comparativo de contenidos:** La segunda fase, consistió en el análisis comparativo de los contenidos del programa oficial de la asignatura y una propuesta de contenidos con base en los resultados obtenidos en la primera fase. La finalidad de ajustar los contenidos del programa oficial es promover en los futuros ingenieros industriales el desarrollo de las competencias necesarias para desempeñarse adecuadamente en el entorno laboral. El análisis comparativo abordó las siguientes dimensiones:

- ✓ **Aplicación práctica de los contenidos:** Se analizó hasta que punto los contenidos del programa oficial permiten a los estudiantes aplicar los

contenidos de la asignatura en situaciones reales del ámbito industrial, tales como la mejora de procesos, la gestión de riesgos y la mejora continua. Adicionalmente, se examinó el grado en el cual estos contenidos contribuyen a la formación de los futuros ingenieros industriales que promuevan un entorno industrial eficiente y sostenible.

- ✓ **Integración de tecnologías avanzadas:** Se examinó el grado en que el programa actual incorpora el uso de herramientas tecnológicas, tales como software estadístico y metodologías modernas (simulaciones, análisis de de datos) y la manera en cómo estas herramientas propician una mejor comprensión de los desafíos industriales actuales, en especial en lo relativo a la sostenibilidad y el impacto ambiental.
- ✓ **Alineación con los ODS:** Se evaluó si el programa oficial refleja una orientación hacia la sostenibilidad y si los estudiantes están siendo preparados para contribuir a los ODS relacionados con la producción responsable, la gestión eficiente de los recursos y la innovación tecnológica en la industria. Este análisis permitió identificar áreas en las que los contenidos del programa podrían ser ajustados o ampliados para incorporar un enfoque más claro hacia la sostenibilidad y los ODS.

A través de este análisis, se identificaron las diferencias entre el programa oficial y el propuesto, destacando cómo el nuevo programa puede preparar mejor a los estudiantes para enfrentar los desafíos actuales.

Instrumentos utilizados

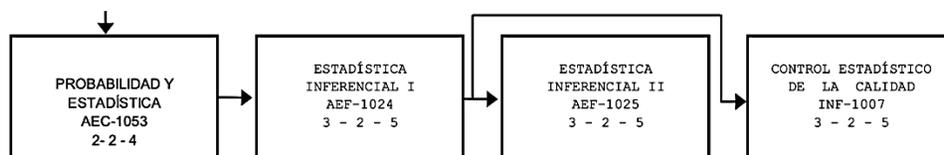
Ambos instrumentos permitieron realizar una evaluación del programa oficial, para determinar los elementos clave de la asignatura para mejorar la preparación de los futuros ingenieros industriales:

- **Programa oficial de la asignatura de Probabilidad y Estadística:** este documento fue el instrumento para el análisis documental, sirvió como base para evaluar el enfoque y alineación en relación con las competencias requeridas por el entorno laboral de futuros ingenieros industriales.

- **Propuesta de contenidos:** resultado del análisis realizado, se realizó la propuesta para la modificación de los contenidos del programa oficial. Esta propuesta fue la base para realizar el análisis comparativo y detectar las áreas de mejora en la enseñanza de la asignatura, para adaptarla a las demandas del entorno industrial actual y los ODS.

3. Resultados

Para los ingenieros industriales, la formación en el área de Estadística es fundamental, pues les proporciona las herramientas necesarias para enfrentar los desafíos propios de su campo profesional. En particular, la asignatura de Probabilidad y Estadística tiene un papel preponderante en el plan de estudios del programa de Ingeniería Industrial, debido a que es el requisito para cursar el resto de las asignaturas que integran el área de Estadística, tales como Estadística Inferencial I, Estadística Inferencial II y Control Estadístico de la Calidad (Figura 1). El dominio de estas asignaturas es esencial para formar ingenieros industriales competentes, ya que estas disciplinas permiten a los estudiantes desarrollar habilidades críticas en la toma de decisiones informadas, la mejora de procesos, la gestión de la calidad en la producción y el diseño de soluciones innovadoras en diversos contextos industriales.



Fuente: retícula del programa.

Figura 1 Asignaturas del área de Estadística.

Importancia de generar una propuesta para el programa de Probabilidad y Estadística

La asignatura de Probabilidad y Estadística es trascendental en la formación de ingenieros industriales, motivo por el cual es necesario que el programa de esta asignatura contribuya a la formación de los futuros egresados de ingeniería

industrial y prepararlos para enfrentar los desafíos del entorno industrial definido por la Industria 4.0 y la necesidad de prácticas sostenibles.

El programa actual, muestra una sólida estructura de contenidos teóricos, pero presenta serias limitaciones en la aplicación práctica de los mismos, la incorporación de tecnologías avanzadas y la alineación con los ODS. Por tal motivo, se sugiere abordar en el nuevo programa los siguientes aspectos:

- *Aplicación práctica*: Integración de proyectos y casos de estudio que permitan a los estudiantes aplicar los conceptos teóricos en situaciones industriales, mejorando su capacidad para resolver problemas del entorno laboral.
- *Incorporación de tecnologías avanzadas*: Incorporar el uso de herramientas como Minitab, R y Python, promoviendo en los estudiantes el desarrollo de análisis predictivo, análisis de datos en tiempo real y simulaciones avanzadas, fundamentales en la Industria 4.0.
- *Desarrollo de competencias críticas*: El programa debe centrarse en fortalecer el pensamiento crítico y la resolución de problemas complejos mediante el uso de datos probabilísticos, preparando a los estudiantes para tomar decisiones bajo incertidumbre, además de promover la comunicación efectiva, la adaptabilidad y flexibilidad.
- *Trabajo colaborativo*: Fomentar el trabajo multidisciplinario y las habilidades interpersonales a través de proyectos colaborativos, esenciales para resolver problemas industriales complejos.

La implementación de los cambios propuestos al programa de la asignatura de Probabilidad y Estadística promoverá en los futuros ingenieros industriales la adquisición de competencias técnicas para contribuir al logro de los ODS y adaptarse a las exigencias de un entorno industrial en constante evolución.

Selección de contenidos para el programa propuesto

La elección de los contenidos se estructuró considerando lo siguiente:

- **Revisión de las necesidades del sector industrial**. Se llevó a cabo una revisión de las competencias profesionales requeridas en el entorno industrial actual.

La industria moderna exige que los ingenieros industriales no solo posean un sólido conocimiento teórico en probabilidad y estadística, sino que también sean capaces de aplicar estos conceptos en escenarios industriales reales. Con base en esta necesidad, los contenidos seleccionados para el programa propuesto se enfocan en desarrollar habilidades que permitan a los estudiantes:

- ✓ Gestionar riesgos en entornos productivos, para favorecer la toma de decisiones basadas en la incertidumbre.
- ✓ Optimizar recursos y mejorar la eficiencia de los procesos industriales, mediante el uso de tecnologías avanzadas como el análisis de datos y la automatización.
- ✓ Resolver problemas complejos relacionados con la variabilidad en los procesos y la calidad de los productos, utilizando herramientas estadísticas para mejorar el control de calidad y la trazabilidad de los productos.

Los contenidos seleccionados abarcan los fundamentos de probabilidad y estadística, además de proporcionar las bases para el modelado de fenómenos en la industria.

- **Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible** . Se realizó un análisis de la forma en la cual los conceptos teóricos probabilidad y estadística podrían contribuir a los *ODS* más relevantes para la ingeniería industrial, como son:
 - ✓ **ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura)**: Se seleccionaron contenidos que promuevan en los alumnos las competencias necesarias para mejorar la productividad de las organizaciones, sin comprometer la sostenibilidad.
 - ✓ **ODS 12 (Producción y Consumo Responsables)**: Se sugiere incorporar estudios de caso relacionados en los cuales se ponga de manifiesto la aplicación de los conceptos de probabilidad y estadística para la optimización de cadenas de suministro y la reducción en el impacto ambiental.
 - ✓ **ODS 13 (Acción por el Clima)**: El programa aborda la necesidad de que los futuros ingenieros industriales consideren las implicaciones

ambientales de sus decisiones. Se sugiere la incorporación de contenidos relacionados con el modelado probabilístico de fenómenos climáticos y la gestión de riesgos en proyectos sostenibles.

La alineación con los ODS fue un aspecto preponderante para garantizar que los futuros ingenieros industriales formados bajo el nuevo programa de probabilidad y estadística cuenten con habilidades técnicas y sean conscientes de su responsabilidad social y ambiental.

- **Incorporación de tecnologías avanzadas.** La selección de herramientas tecnológicas y temas avanzados se basó en la necesidad de formar ingenieros capaces de utilizar software especializado y realizar análisis de grandes volúmenes de datos. Entre las competencias tecnológicas que se consideraron clave para la formación de los estudiantes, se incluyen:
 - ✓ **Uso de software especializado** para el análisis estadístico, como Minitab, R y Python, permitiendo a los estudiantes realizar simulaciones y modelar fenómenos probabilísticos de manera eficiente.
 - ✓ **Simulaciones computacionales** que reflejen escenarios industriales reales.
 - ✓ **Análisis de *big data*** y su aplicación en la industria 4.0, con un enfoque en la toma de decisiones basada en datos en tiempo real.

La incorporación de estos contenidos y herramientas tecnológicas no solo fortalece las competencias técnicas de los estudiantes, sino que también los prepara para enfrentar los retos tecnológicos emergentes en la industria moderna, como el análisis de grandes cantidades de datos y la automatización de procesos.

Selección final de contenidos

El contenido final del programa propuesto fue seleccionado considerando tanto las necesidades del sector industrial como los objetivos de contribuir al desarrollo sostenible. Los temas elegidos permitirán a los alumnos integrar los conocimientos teóricos de probabilidad y estadística con aplicaciones prácticas en la industria. Adicionalmente, la incorporación de tecnologías avanzadas y la alineación con los

ODS promoverán en los futuros ingenieros industriales una formación integral, preparándolos para desempeñarse en un entorno industrial cada vez más competitivo, complejo y comprometido con la sostenibilidad.

Análisis comparativo de los contenidos de los programas oficial y propuesto

Se realizó un análisis tanto del programa oficial vigente como de una propuesta alternativa, Tabla 1.

Tabla 1 Comparación de contenidos entre el programa oficial y el propuesto.

Programa oficial	Programa propuesto
Competencia general	
Aplica los conceptos de la teoría de la probabilidad y estadística para organizar, clasificar, analizar e interpretar datos para la toma de decisiones en aplicaciones de industria y logística.	Al finalizar el curso, los estudiantes serán capaces de aplicar los principios de probabilidad y estadística para analizar datos y tomar decisiones fundamentales en el ámbito de la ingeniería Industrial, preparándolos para cursos posteriores de Estadística inferencial.
Competencia 1	
Estadística descriptiva <ul style="list-style-type: none"> Introducción, notación de sumatoria Datos agrupados Representaciones gráficas Teorema de Chebyshev 	Comprensión de conceptos básicos <ul style="list-style-type: none"> Definición y conceptos básicos de probabilidad y estadística Variabes aleatorias y distribuciones de probabilidad Métodos de recopilación y presentación de datos
Competencia 2	
Conjuntos y técnicas de conteo <ul style="list-style-type: none"> Conjuntos Técnicas de conteo 	Análisis exploratorio de datos <ul style="list-style-type: none"> Representaciones gráficas: histogramas, diagramas de dispersión, gráficos de caja Medidas de tendencia central y dispersión Análisis de correlación
Competencia 3	
Fundamentos de probabilidad <ul style="list-style-type: none"> Concepto clásico y como frecuencia relativa Axiomas y teoremas Probabilidad clásica: espacio finito equiparable Probabilidad condicional e independencia Distribución marginal conjunta 	Probabilidad <ul style="list-style-type: none"> Probabilidad condicional e independencia Teorema de Bayes y aplicaciones Distribuciones de probabilidad discretas y continuas (binomial, normal)
Competencia 4	
Variabes aleatorias <ul style="list-style-type: none"> Variabes aleatorias discretas Variabes aleatorias continuas 	Estadística descriptiva <ul style="list-style-type: none"> Estadísticas descriptivas multivariabes Análisis de regresión lineal simple Interpretación de coeficientes de correlación y determinación
Competencia 5	
Distribuciones de probabilidad discretas <ul style="list-style-type: none"> Distribución normal, hipergeométrica, geométrica, multinomial Distribución de Poisson Aproximación de la Binomial por la de Poisson Distribución binomial negativa Distribución uniforme (discreta) 	Aplicaciones en ingeniería industrial <ul style="list-style-type: none"> Control de calidad y procesos industriales Fiabilidad y mantenimiento de sistemas Optimización de procesos utilizando herramientas estadísticas Modelado y simulación de sistemas industriales
Competencia 6	
Distribuciones de probabilidad continuas <ul style="list-style-type: none"> Distribución uniforme (continua) Distribución exponencial, Gamma, normal 	

Fuente: elaboración propia.

Se identifican diferencias significativas entre las competencias de los programas oficial y propuesto en términos de su aplicabilidad, alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y desarrollo de habilidades tecnológicas avanzadas:

- **Aplicabilidad de los contenidos en la práctica profesional:**

- ✓ **Programa oficial:** Enfatiza un enfoque teórico, donde las competencias se centran en conceptos matemáticos y probabilísticos lo cual proporciona una base sólida en los conceptos fundamentales, pero ofrece pocas oportunidades para su aplicación práctica en contextos reales. Adicionalmente, la enseñanza está orientada hacia la resolución de problemas abstractos sin tener relación con los retos del mundo laboral.
- ✓ **Programa propuesto:** Prioriza la aplicación práctica de los conceptos teóricos en el entorno industrial, para promover el desarrollo de las competencias y habilidades necesarias para la resolución de problemas. Además, se implementa el desarrollo proyectos y análisis de casos de estudio para promover la aplicación de los conceptos teóricos.
- **Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):**
 - ✓ **Programa oficial:** No se encuentra una conexión explícita entre las competencias propuestas y los *ODS*. Aunque los estudiantes adquieren habilidades relacionadas con la probabilidad y estadística, el programa se enfoca en el desarrollo de capacidades técnicas sin considerar la forma en la cual estas podrían aplicarse para promover la implementación de prácticas industriales sostenibles.
 - ✓ **Programa propuesto:** Está orientado hacia el desarrollo del pensamiento crítico para promover en los futuros ingenieros industriales las competencias necesarias para tomar decisiones que contribuyan al logro de los *ODS*.
- **Desarrollo de competencias tecnológicas avanzadas:**
 - ✓ **Programa oficial:** El uso de tecnologías avanzadas es limitado, aunque se mencionan algunas herramientas estadísticas básicas para cálculos numéricos, no se contempla el uso de software especializado como Minitab, R o Python. Esta situación genera una brecha en su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos o realizar simulaciones complejas, limitando su competencia para abordar los problemas emergentes del sector industrial.

- ✓ **Programa propuesto:** Integra el uso de tecnologías emergentes y software avanzado para el análisis de datos y simulaciones probabilísticas para proponer soluciones para problemas complejos en el entorno industrial. Además de mejorar sus capacidades técnicas, también los prepara para afrontar los desafíos de la Industria 4.0 relacionados con el análisis de *big data* y el uso de inteligencia artificial para la toma de decisiones.
- **Desarrollo de pensamiento crítico y resolución de problemas complejos**
 - ✓ **Programa oficial:** Está orientado a la resolución de problemas matemáticos y estadísticos abstractos, lo cual obstaculiza el desarrollo del pensamiento crítico y limita el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas en entornos dinámicos.
 - ✓ **Programa propuesto:** Favorece el desarrollo del pensamiento crítico a través de la resolución de problemas en la industria. Se promueve el análisis de sistemas productivos bajo incertidumbre y evaluación de riesgos, lo que favorece la capacidad de análisis de los futuros egresados y los prepara para enfrentar problemas complejos y cambiantes. La integración de casos de estudio y proyectos prácticos promueve la toma de decisiones basada en datos y la habilidad para generar soluciones innovadoras.

Se identificó que el programa propuesto ofrece una formación más robusta en términos de aplicación práctica, uso de tecnologías avanzadas y alineación con los ODS. Las propuestas de mejora para el programa oficial incluyen la necesidad de incorporar más casos prácticos, tecnologías emergentes y un enfoque claro hacia la sostenibilidad.

4. Discusión

El análisis del programa de estudios oficial de la asignatura de Probabilidad y Estadística y la propuesta elaborada, ponen de manifiesto la búsqueda de un enfoque integral para fortalecer la formación de los futuros ingenieros industriales,

al aplicar los contenidos de la asignatura en contextos industriales complejos. Adicionalmente, se destaca la importancia de alinear estos contenidos con los ODS, para que los futuros egresados cuenten con las competencias necesarias para impactar positivamente en la industria y el desarrollo sostenible.

La toma de decisiones bajo incertidumbre es una competencia crucial en la formación de los ingenieros industriales. En este sentido, la implementación de actividades prácticas, tales como simulaciones y proyectos colaborativos, puede ser un factor decisivo para fortalecer el desarrollo de habilidades en escenarios reales. La gestión de riesgos también es un área clave en la que la probabilidad desempeña un rol fundamental. La inclusión de casos de estudio y simulaciones computacionales permitirá a los estudiantes identificar y cuantificar riesgos en los sistemas industriales, para evitar interrupciones o fallas. De esta forma, además de mejorar la eficiencia, también se minimiza el uso innecesario de recursos y se reduce el desperdicio. La introducción de temas relacionados con la optimización de recursos, la gestión eficiente de la energía y la reducción de desperdicios permitirá a los futuros egresados aplicar los conceptos teóricos de Probabilidad y Estadística en la solución de problemas relacionados con la gestión eficiente de los procesos productivos, promoviendo la sostenibilidad y el bienestar ambiental.

El uso de software de simulación y el análisis de grandes volúmenes de datos (*big data*) promueven en los estudiantes el desarrollo de competencias técnicas cruciales para la industria moderna, donde la capacidad de manejar grandes cantidades de información y generar predicciones confiables es esencial.

El uso de simulaciones computacionales también refuerza la comprensión de la variabilidad y la incertidumbre en procesos industriales, preparando a los estudiantes para optimizar procesos de manera efectiva. Los ingenieros industriales formados con este enfoque están mejor preparados para enfrentar los desafíos tecnológicos y sostenibles que definen el contexto de la industria 4.0.

Adicionalmente se destaca la importancia del trabajo colaborativo, por lo cual se sugiere incorporar proyectos multidisciplinarios que simulen entornos industriales, para resolver problemáticas relacionadas con la gestión de recursos, la optimización de procesos y la sostenibilidad promoviendo la comunicación, la colaboración y el

liderazgo. Asimismo, se sugiere implementar un seguimiento del desarrollo de las competencias de los futuros egresados por medio de la evaluación continua a través de proyectos, simulaciones y actividades colaborativas. De esta forma se promueve el aprendizaje autónomo y el pensamiento crítico, los cuales son habilidades clave para que los futuros ingenieros industriales se adapten a los desafíos cambiantes de la industria y del desarrollo global.

El programa propuesto puede llegar a impactar de manera positiva en la formación de los ingenieros industriales, pero su implementación enfrenta desafíos relacionados con la disponibilidad de recursos tecnológicos y la capacitación de los docentes. Superar estos retos requiere de infraestructura tecnológica adecuada, además del compromiso de los docentes para actualizar sus conocimientos e incorporar nuevas metodologías a los procesos de enseñanza y aprendizaje.

5. Conclusiones

La necesidad de actualizar el programa de la asignatura de Probabilidad y Estadística para el programa de Ingeniería Industrial responde a las demandas actuales de un entorno industrial en constante evolución, que requiere de ingenieros con fuertes competencias técnicas, además de estar comprometidos con la sostenibilidad y la innovación.

La propuesta presentada busca transformar el enfoque de esta asignatura, integrando prácticas que refuercen el pensamiento crítico y la resolución de problemas reales, además de promover la incorporación de tecnologías avanzadas y una clara alineación con los ODS. Con este enfoque, se busca que los futuros ingenieros industriales estén preparados para enfrentar los retos del siglo XXI de manera responsable y eficiente.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Angarita, M. A. O., y Parra, A. B. S. (2014). Importancia de la probabilidad y la estadística en la formación del Ingeniero. *I3+*, 1(2), 26–37. <https://doi.org/10.24267/23462329.63>

- [2] López López, D., & Mejía Ospina, L. (2017). Una mirada a las estrategias y técnicas didácticas en la educación en ingeniería. Caso Ingeniería Industrial en Colombia. *Entre Ciencia E Ingeniería*, 11(21), 123-132. <https://doi.org/10.31908/19098367.3290>
- [3] Medina-Hernández, E. J., Muñoz, J. L., Guzmán-Aguiar, D. S., & Holguín-Higuita, A. (2022). Recursos y estrategias para la enseñanza de la estadística y la analítica de datos en la educación superior. *Formacion Universitaria*, 15(3), 61-68. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062022000300061>
- [4] Shih-Su, C., Díaz-Levicoy, D. & Chih-Hsu, C. (2023). Integración del desarrollo sostenible en la enseñanza de la Estadística y Probabilidades: un análisis de los libros de texto de Matemática de la Educación Primaria. *Educación y Humanismo*, 26(46), pp. 222-246. <https://doi.org/10.17081/eduhum.26.46.6602>
- [5] UNESCO. (2021). Engineering for sustainable development: delivering on the Sustainable Development Goals. Consultado el 19 de agosto. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375644>
- [6] Vásquez, C. (2020). Educación Estocástica en el aula escolar: una herramienta para formar ciudadanos de sostenibilidad. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 3(2), 1-20.
- [7] Vásquez, C. (2021). Comprensión y Uso Docente de Gráficos Estadísticos por Futuros Profesores para Promover Competencias para la Sostenibilidad. *PARADIGMA*, 41(e1), 165–190. <https://doi.org/10.37618/PARADIGMA.1011-2251.2021.p165-190.id1022>.