



**I
N
A
O
E**

**Análisis de las habilidades y la autoeficacia
matemática en alumnos de ingeniería para la
selección de una metodología de enseñanza**

por

Ing. Niltza Iracema González García

Tesis sometida como requisito para obtener el grado de

**MAESTRA EN ENSEÑANZA
DE CIENCIAS EXACTAS**

en el

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Diciembre 2024

Tonantzintla, Puebla.

Dirigida por:

Dr. Iván Gómez Arista

©INAOE 2024

Derechos Reservados

El autor otorga al INAOE el permiso de reproducir y
distribuir copias de esta tesis en su totalidad o en partes
mencionando la fuente.



Dedicatoria

Con mucho cariño a mis hijos Niltza Jahazel y Moisés Salvador quienes son mi fuente de motivación. A mis padres Raúl y Alma Rosa quienes siempre han creído en mí.

Agradecimientos

Desde el planteamiento de la idea del proyecto de la tesis, han surgido grandes personas que, con su atención y apoyo, se ha logrado obtener resultados satisfactorios en la investigación.

Quiero agradecer a mi director de tesis, Dr. Iván Gómez Arista porque acertadamente siempre me dirigió en las actividades de investigación y desarrollo de este documento. A mis sinodales, Dr. Luis Manuel Cabrera Chim, Dr. Javier Silva Barranco y Dr. Lino Héctor Rodríguez Merino por la continua atención en mis tareas a desarrollar y en sus oportunas observaciones que me permitieron mejorar esta investigación.

Gracias al Instituto Tecnológico de Durango, que me permitió el acceso a herramientas, aulas, software y demás recursos que fueron de gran ayuda para el desarrollo de esta Tesis. Mi gratitud se extiende a las áreas docente y administrativa.

En memoria de mi hermano *Hiram González García*.

Resumen

En el contexto de la educación superior en México surge este proyecto en donde se hace un análisis sobre la relación entre habilidades, autoeficacia y rendimiento académico en las matemáticas, entonces, se propone la integración de estrategias pedagógicas centradas en la enseñanza de las matemáticas en el ámbito de la ingeniería, que actualmente se les conoce como carreras STEM. El trabajo se lleva a cabo en el Instituto Tecnológico de Durango donde la materia básica de matemáticas está conformada por alumnos de diferentes áreas de la ingeniería. La tesis argumenta que bajo un análisis estadístico de las habilidades, autoeficacia y rendimiento matemático se puede seleccionar una metodología de enseñanza dirigida a las necesidades de un grupo de alumnos de carrera STEM.

La recolección de datos incluye un examen diagnóstico y la aplicación de cuestionarios para medir la autoeficacia matemática. Se utilizan cuatro herramientas estadísticas: MANCOVA, MANOVA, regresión lineal múltiple y regresión binomial para analizar los resultados. También, se realiza una exploración de investigaciones relacionadas con la enseñanza de las matemáticas en contextos educativos similares a los resultados. La discusión del análisis aporta perspectivas y enriquece la propuesta de la metodología de enseñanza.

Palabras Clave: habilidades matemáticas, autoeficacia matemática, STEM, metodología de enseñanza.

Abstract

The project arises in the context of the higher education in Mexico in which an analysis is made on the relationship between skills, self-efficacy and academic performance in mathematics. The integration of pedagogical strategies focused on results for the field of engineering, currently known as STEM careers, is shown. The work is carried out at the Technological Institute of Durango, in which the basic subject of mathematics is made up of students from different areas of engineering. This thesis argues that under statistical analysis of abilities, self-efficacy and mathematical performance, a teaching methodology can be selected, aimed at the needs of a group of students from STEM careers.

Data collection includes a mathematical test and the application of mathematical self-efficacy quiz. Statistical tools used are: MANCOVA, MANOVA, multiple linear regression, and binomial regression. Also, an exploration of related research with the teaching of mathematics in similar educational contexts to the results is carried out. The discussion of the analysis brings perspectives and enriches the proposal of the teaching methodology.

Keywords: mathematical skills, mathematical self-efficacy, STEM, teaching methodology.

Contenido

1. Introducción.....	10
1.1. Problema de investigación	14
1.2. Pregunta de investigación.....	14
1.3. Justificación	14
1.4. Objetivo general.....	16
1.5. Objetivos específicos	16
1.6. Hipótesis	17
1.7. Condiciones de estudio.....	17
2. Marco teórico	19
2.1. Definición e importancia de las habilidades y la autoeficacia matemáticas	19
2.1.1. Habilidades matemáticas	19
2.1.2. Autoeficacia Matemática	21
2.2. Enfoque STEM.....	22
2.2.1. Ventajas y Desafíos de la Educación STEM	24
2.3. Metodologías de aprendizaje	26
2.3.1. Aprendizaje basado en proyectos	26
2.3.2. Aprendizaje basado en problemas	28
2.4. Estrategias didácticas con enfoque STEM.....	30
2.4.1. Design Thinking.....	31
2.4.2. Diseño de Ingeniería	33
2.4.3. Aprendizaje basado en el juego	34

2.4.4. Movimiento Maker	35
2.5. Métodos estadísticos	36
2.5.1. Análisis de variables múltiples.....	36
2.5.2. Significado de los parámetros estadísticos	40
2.6. Modelos matemáticos de los métodos estadísticos	43
2.6.1. Regresión lineal múltiple	43
2.6.2. Regresión logística binomial.....	43
2.6.3. MANOVA.....	44
2.6.4. MANCOVA	45
3. Desarrollo.....	46
3.1. Muestra	46
3.2. Recolección de información	47
3.3. Instrumentos	49
3.4. Análisis de los datos	51
4. Resultados	56
5. Discusión	68
6. Conclusiones	71
7. Referencias	73
8. Apéndices	78
Apéndice A. Examen de Diagnóstico	78
Apéndice B. Encuesta Autoeficacia matemática.....	80
.....	80
Apéndice C. Código en RStudio usado para los métodos estadísticos	81

Índice de Tablas

Tabla 1: Clasificación de las técnicas de análisis multivariable	38
Tabla 2: Carreras que cursaron los 777 participantes.	47
Tabla 3: Número de participantes para el análisis cuantitativo de cada variable.....	52
Tabla 4: Resultados del examen de diagnóstico.	56
Tabla 5: Calificaciones de los cursos del semestre agosto-diciembre 2023.....	58
Tabla 6: Resultados de la encuesta de autoeficacia matemática.	59
Tabla 7: MANCOVA comparando los resultados del examen diagnóstico entre hombres y mujeres.....	61
Tabla 8: MANOVA comparando las cuatro variables más relevantes entre hombres y mujeres.....	62
Tabla 9: Regresión lineal multivariable con la autoeficacia matemática como variable dependiente.....	63
Tabla 10: Modelo de regresión lineal multivariable usando el examen de diagnóstico como variable dependiente.	64
Tabla 11: Modelo de regresión lineal multivariable usando la calificación de cálculo diferencial como variable dependiente.	65
Tabla 12: Modelo de regresión binomial usando la variable de aprobar o reprobar el curso de cálculo diferencial como variable dependiente.	66
Tabla 13: Modelo de regresión binomial usando la variable del sexo de los participantes como variable dependiente.	67

Índice de Gráficas

Gráfica 1: Los 777 participantes divididos por carrera.....	46
Gráfica 2: Los 777 participantes divididos por sexo	47
Gráfica 3: Media de los resultados del examen de diagnóstico.....	57
Gráfica 4: Promedio de calificaciones	58
Gráfica 5: Resultados de hombres y mujeres de la encuesta de autoeficacia matemática.	60

1. Introducción

Una vía crucial para el desarrollo tecnológico y económico de un país es el fomento y el avance en áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés). Este enfoque no solo impulsa la innovación y la creación de nuevos conocimientos, sino también a las soluciones de problemas modernos. Consideramos que para promover parte de este desarrollo, radica en el esfuerzo de incentivar y mejorar estrategias didácticas dirigidas a preparar estudiantes en áreas STEM, así como diseñar estrategias que motiven a más jóvenes a estudiar este tipo de carreras. Para lograr mejorar la forma en que se enseña a los estudiantes de ingeniería es necesario conocer sus necesidades académicas, así como entender cuáles son los mayores retos a los que se enfrentan para que puedan terminar de forma satisfactoria su carrera.

La literatura sugiere que los estudiantes que han desarrollado buenas habilidades matemáticas durante su educación básica son más propensos a mostrar interés en seleccionar carreras STEM, ya que se sienten capaces de utilizar este conocimiento para resolver problemas que se presentan en este tipo de carreras (Morán Soto & Benson, 2019). Debido a la importancia de las habilidades matemáticas entre los estudiantes de las carreras STEM hoy en día, es importante considerar aspectos como las habilidades y la autoeficacia matemática que pueden influir en la preparación matemática de los estudiantes, también, hay que analizar otras variables que pueden afectar su decisión de empezar una carrera STEM. Esto ha llevado a docentes alrededor del mundo a procurar diseñar planes curriculares y pedagógicos que atraigan a más jóvenes a estudiar y prepararse en carreras STEM, generando de esta forma estudiantes con las suficientes

habilidades matemáticas y la capacidad de enfrentar y superar las dificultades que se encuentren al aprender temas matemáticos abstractos y algunas veces complicados de entender (Hall & Ponton, 2005).

Se define a la autoeficacia como: la percepción de las personas sobre sus capacidades para organizarse y llevar a cabo las acciones necesarias para alcanzar un determinado nivel de rendimiento (Bandura, 2001). Y al hablar específicamente de autoeficacia matemática se ha demostrado que los estudiantes con bajos niveles de autoeficacia matemática suelen ser menos propensos a mostrar interés en realizar actividades matemáticas, lo que normalmente los lleva a evitar cursos y carreras STEM. Además, niveles altos de autoeficacia matemática pueden influir de forma positiva en el deseo de los estudiantes de aprender y practicar matemáticas, y esta motivación por involucrarse en actividades relacionadas con las matemáticas no disminuye a pesar de enfrentarse a complicaciones y malas experiencias, ya que los estudiantes confían en que al final tendrán éxito en estas actividades (Williams & Williams, 2010). Si entendemos las diferentes formas en que los estudiantes de STEM pueden responder en el aula dependiendo de su nivel de autoeficacia matemática, los profesores de matemáticas estarán equipados para ayudar a los estudiantes a mejorar sus oportunidades para completar estos cursos (Morán & Benson, 2018).

Por lo anterior, se propone el análisis de la autoeficacia y habilidad matemática de alumnos del Instituto Tecnológico de Durango para orientarlos en una metodología de enseñanza, ya que esto puede ayudar a desarrollar habilidades de pensamiento crítico,

resolución de problemas y creatividad. La metodología de enseñanza adecuada podría crear un ambiente donde se fortalecerán sus habilidades matemáticas, así como su confianza para la resolución de problemas en las diferentes áreas de su carrera (Latorre-Coscolluela et al., 2020). Dadas las características de la educación en STEM, las metodologías de enseñanza activas se sitúan como aquellas ideales para implementar este modelo de enseñanza. Así, el aprendizaje basado en proyectos o aquel basado en problemas han sido utilizados para implementar propuestas didácticas de enfoque STEM (Martínez et al., 2022).

A través del análisis de la autoeficacia y habilidad matemática y la integración de una metodología de enseñanza con enfoque STEM se pretende buscar actividades que les puedan ayudar a comprender temas matemáticos avanzados (Peña-Calvo et al., 2016). Además, también se pretende reducir las altas tasas de abandono en las carreras del Instituto Tecnológico de Durango esto es relevante para los estudiantes de primer grado debido a que tienen un menor nivel de autoeficacia y habilidades matemáticas en comparación con sus compañeros de nivel más avanzado en estas carreras (Geisinger & Raman, 2013 ; Tecnológico Nacional de México, 2021).

Si se desea alentar la innovación tecnológica del país, es importante establecer diferentes estrategias de aprendizaje con la finalidad de que los estudiantes apliquen sus conocimientos en contextos reales, captando su interés en carreras STEM (Chen & Soldner, 2013). Considerando lo anterior, esta investigación propone generar una utilidad de las habilidades y la autoeficacia matemática para la orientación de la mejora en el

desempeño académico de los estudiantes del Instituto Tecnológico de Durango y proponer una metodología que pueda crear un entorno de trabajo para la enseñanza de las matemáticas.

En el Capítulo 2 se muestran los antecedentes teóricos que son importantes para entender los resultados de la investigación que se presenta en esta tesis. El capítulo define que son las habilidades y la autoeficacia matemática, proporciona una descripción de los orígenes del enfoque STEM y como se aplica en la educación, muestra las dos metodologías más aplicadas en una educación con enfoque STEM y algunas de las estrategias didácticas utilizadas en ambas: *Design thinking*, Diseño de ingeniería, Aprendizaje basado en el juego y Movimiento *Maker*.

El Capítulo 3 muestra las condiciones experimentales utilizadas para la investigación del tema de esta tesis. El capítulo describe las características de la muestra utilizada. En las secciones detalla la recolección de datos y los instrumentos usados, terminando con el análisis de datos indicando, ¿cuáles fueron? y ¿cómo se usaron las pruebas estadísticas MANCOVA, MANOVA, Regresión Lineal Múltiple y Regresión Binomial?

El Capítulo 4 presenta los resultados obtenidos de las pruebas estadísticas utilizadas en esta investigación. El Capítulo 5 se presenta la discusión de los datos encontrados y su implicación con la pregunta de investigación e hipótesis planteada. Finalmente, en el Capítulo 6 muestra las conclusiones junto con el panorama de la investigación.

1.1. Problema de investigación

La baja de matrícula en las carreras STEM en México es un tema de preocupación tanto para las instituciones educativas como para los sectores productivos y el gobierno (Tecnológico Nacional de México, 2021; Tecnológico Nacional De México, 2024). Una de las causas se atribuye a que estas carreras suelen ser percibidas como muy exigentes, con altos niveles de dificultad en matemáticas y ciencias básicas. Aunado a que el estudiante enfrenta deserción una vez que ingresa a la carrera, es crucial abordar este problema de manera proactiva. La retención de estudiantes es esencial para garantizar que los individuos completen sus estudios y contribuyan al desarrollo de sus comunidades y el avance en sus campos de estudio.

1.2. Pregunta de investigación

¿Qué condiciones del análisis estadístico de la habilidad y autoeficacia matemática ayudan a seleccionar una metodología de enseñanza correspondiente a los grupos de estudiantes de ingeniería y/o carrera STEM?

1.3. Justificación

En el ámbito de la educación, el desarrollo de habilidades matemáticas es esencial, especialmente en carreras STEM, además con base a investigaciones previas se sabe que estos estudiantes responden de manera diferente en el aula según su nivel de autoeficacia matemática. Las habilidades y autoeficacia matemática no solo permiten la

resolución de problemas complejos, sino que también fomentan la confianza, el pensamiento crítico y analítico, competencias fundamentales en la formación profesional. Sin embargo, las estadísticas reflejan que muchos estudiantes enfrentan dificultades en el aprendizaje de las matemáticas, así como niveles de autoeficacia matemática bajos.

La selección de una metodología de enseñanza adecuada puede marcar la diferencia en la comprensión y aplicación de los conceptos matemáticos. Diferentes estrategias, como, la gamificación, el movimiento *maker*, o el diseño de ingeniería, han demostrado ser eficaces en distintos contextos educativos. Sin embargo, su éxito depende en gran medida en identificar las habilidades matemáticas previas de los estudiantes y seleccionar la metodología adecuada que pueda potenciar dichas habilidades.

Esta investigación es relevante porque busca conectar tres elementos clave: las habilidades y autoeficacia matemática de los estudiantes y la elección de una metodología de enseñanza óptima. Al analizar esta relación, se pretende no solo mejorar el desempeño académico, sino también motivar a los estudiantes y prepararlos para resolver problemas aplicados en su vida profesional. Además, los resultados de esta tesis podrían servir como referencia a los docentes del Instituto Tecnológico de Durango en la planificación de estrategias pedagógicas.

1.4. Objetivo general

Analizar los resultados que las habilidades matemáticas y la autoeficacia matemática tienen en el desempeño académico de los estudiantes del Instituto Tecnológico de Durango, así como proponer una metodología con enfoque STEM. De tal manera que, se involucra a los estudiantes en proyectos y desafíos que requieren la aplicación de las matemáticas en contextos reales, con el fin de proporcionar una comprensión profunda y significativa de los conceptos matemáticos.

1.5. Objetivos específicos

- Conocer la relación entre la calificación de un examen de diagnóstico sobre conocimiento matemático y las calificaciones de las materias de primer semestre de estudiantes de ingeniería.
- Identificar la relación entre los niveles de autoeficacia matemática y las calificaciones de las materias de primer semestre de estudiantes de ingeniería.
- Analizar la diferencia entre las habilidades matemáticas y la autoeficacia matemática de los hombres y mujeres que estudian la carrera de ingeniería.
- Proponer la integración de una metodología con enfoque STEM en la enseñanza, creando un ambiente donde se fortalezcan las habilidades matemáticas del estudiante, así como su confianza para intentar la resolución de problemas en las diferentes áreas de ingeniería.

1.6. Hipótesis

A través del análisis de regresiones lineales y de varianza en las pruebas de autoeficacia y habilidad matemática se puede determinar una metodología de aprendizaje Basada en Proyectos (ABP) y aprendizaje Basada en Problemas (PBL) para fortalecer significativamente el desarrollo de las habilidades matemáticas de los estudiantes.

1.7. Condiciones de estudio

En este estudio hay que tener las siguientes consideraciones:

- La muestra utilizada en este estudio fue tomada en el Instituto Tecnológico de Durango. Esta delimitación geográfica puede afectar la generalización de los resultados a otros contextos educativos o regiones geográficas. Futuros estudios podrán considerar una muestra que incluya múltiples instituciones y ubicaciones para extender los resultados.
- El período de tiempo durante el cual se realizaron las condiciones de estudio de las habilidades y la autoeficacia matemáticas fue de agosto a diciembre del 2023 (un semestre académico). Un estudio que abarque varios semestres o años podría proporcionar una comprensión más completa del impacto a largo plazo de las variables estudiadas.

- Las herramientas de evaluación utilizadas para medir las habilidades y la autoeficacia matemáticas pueden no capturar completamente las competencias prácticas como la resolución de problemas y el pensamiento crítico. La inclusión de evaluaciones prácticas y de observaciones cualitativas podría proporcionar una imagen más completa del desarrollo de habilidades.

2. Marco teórico

2.1. Definición e importancia de las habilidades y la autoeficacia matemáticas

En este capítulo, se pretende dar una breve descripción de los conceptos de habilidades y autoeficacia matemática, así como su importancia en las carreras STEM.

2.1.1. Habilidades matemáticas

Siguiendo el estudio reportado por diversos autores que han definido el concepto habilidades matemáticas, se consideran las siguientes:

- Habilidad matemática es la capacidad de efectuar o realizar una tarea matemática eficientemente o de actuar adecuadamente frente a una situación, en la que la matemática está involucrada. Son las acciones o tareas que efectuamos en forma sistemática para lograr un objetivo (Willier, 2011).
- Consideramos la habilidad matemática como la construcción y dominio, por el alumno, del modo de actuar inherente a una determinada actividad matemática, que le permite buscar o utilizar conceptos, propiedades, relaciones, procedimientos matemáticos, emplear estrategias de trabajo, realizar razonamientos, emitir juicios y resolver problemas matemáticos (Rodríguez, 2016).

El desarrollo de la habilidad se alcanza mediante la repetición de los modos de operar, lo que significa que una vez formada la habilidad se hace necesario comenzar a ejercitarla (Fonseca & Corona, 2009). Las habilidades se forman y desarrollan por la vía de la ejercitación de las acciones mentales, mediante el entrenamiento continuo y se convierten en modos de actuación que dan solución a tareas teóricas y prácticas. Esto se muestra claramente en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

Por tanto, las habilidades matemáticas deben demostrar estas características, teniendo en cuenta su área de interés y el nivel de dificultad de la actividad realizada. La actividad matemática se vuelve real cuando una persona puede considerar, explicar y resolver un problema o situación que requiere las herramientas de la ciencia matemática.

En el proceso de enseñanza de las matemáticas, las actividades de los estudiantes se enfocan en desarrollar conceptos, teoremas y demostraciones, procedimientos, procesos de abstracción, resolución de ejercicios y problemas, así como establecer relaciones en cantidad y espacio; es decir, un sistema de conocimientos y habilidades que integra el contenido de una determinada materia junto con los rasgos de personalidad al desarrollo al que contribuye significativamente.

Las habilidades matemáticas son importantes en las carreras STEM porque ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades que son clave en estas disciplinas: pensamiento creativo, modelado matemático y resolución de problemas.

2.1.2. Autoeficacia Matemática

La autoeficacia está definida como "la percepción de las personas sobre sus capacidades para organizarse y llevar a cabo las acciones necesarias para alcanzar un determinado nivel de rendimiento" (Bandura, 2001). Un aspecto que resalta la importancia de la autoeficacia es su valor predictivo de la conducta humana. El comportamiento de las personas puede ser mejor predicho por las creencias que los individuos tienen acerca de sus propias capacidades que por lo que en verdad pueden hacer, puesto que estas percepciones contribuyen a delinear qué es lo que las personas hacen con las habilidades y el conocimiento que poseen.

La autoeficacia juega un papel importante en el mundo académico. Las investigaciones han demostrado que los buenos resultados académicos no sólo están garantizados por los conocimientos y habilidades de un individuo. Las creencias de eficacia pueden determinar resultados diferentes para dos personas con el mismo nivel de habilidad. Esto se debe a que el éxito académico requiere procesos regulatorios como la autoestima, el autocontrol y el uso de estrategias de aprendizaje metacognitivo, procesos que se ven influenciados positivamente por los niveles de confianza y alta autoeficacia.

Se ha establecido que una alta autoeficacia en matemáticas puede ayudar a los estudiantes a desarrollar y mantener una mayor confianza en su capacidad para realizar actividades relacionadas con las matemáticas (Multon et al., 1991). Esto puede tener un impacto positivo en las posibilidades de los estudiantes STEM en terminar la carrera, ya que dichas carreras tienen muchos cursos que utilizan las matemáticas en sus

actividades y tareas más comunes. Por otro lado, si un estudiante tiene una experiencia negativa, como reprobado una clase de matemáticas o tener dificultades para comprender temas matemáticos difíciles, probablemente sentirá que sus habilidades matemáticas son inadecuadas para aprobar todas las clases de matemáticas y eventualmente abandonar los estudios relacionados con STEM.

2.2. Enfoque STEM

El término STEM es un acrónimo formado por las primeras letras de las palabras *Science*, *Technology*, *Engineering* y *Mathematics* en su terminología inglesa. Apareció por primera vez a mediados de la década de 1990 en los *EE. UU.* y finalmente se extendió a otros países. Esto representa una propuesta innovadora en el contexto general de la educación científica, se ve como un movimiento pedagógico encaminado a integrar las disciplinas o especialidades que lo constituyen (Zollman, 2012).

Cuando se habla de enfoque STEM es necesario tener en cuenta ciertas características. Una de las cuestiones principales es que se integran conocimientos, competencias y habilidades para resolver una situación problemática relacionada con uno de los componentes STEM (Bybee, 2013).

La educación STEM en un contexto científico integrado se entiende como un enfoque para la enseñanza de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas de manera interdisciplinaria, que desarrolla el rigor del conocimiento científico a través de actividades docentes activas (Martínez et al., 2022).

De esta manera, la educación utilizando el enfoque STEM puede integrar diferentes materias como se muestra en la *Imagen 1*, así mediante la resolución de problemas del mundo real, lo cual puede ser una vía para favorecer y enriquecer el aprendizaje de los estudiantes. Debido a que el aprendizaje generado por este método está presente en todas las materias, diversos autores lo consideran un aprendizaje interdisciplinario (Martín-Páez et al., 2019). Por lo tanto, si los estudiantes desarrollan nuevos conocimientos a través de este método, les permitirá profundizar en el análisis y la comprensión de problemas desde diferentes perspectivas disciplinares, al mismo tiempo que encuentran y seleccionan diferentes procesos para resolverlos.

Existen otras variantes, como el modelo STEAM, que incluye las artes, *Science, Technology, Engineering, Arts y Mathematics*. El enfoque STREAM, que incluye el campo de la robótica como parte central de su oferta, *Science, Technology, Robotics, Engineering, Arts y Mathematics*.

Por lo anterior, aunque STEM puede considerarse de gran apoyo en la enseñanza de las ciencias, desarrolla una fuerte orientación hacia la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Es importante explorar el papel que juegan las matemáticas para la comprensión y predicción de los fenómenos o situaciones reales, por parte del estudiante; ya que lo ayudan a dar solución a problemáticas de la vida real a partir del desarrollo de diferentes modelos como gráficas, formulas, tablas, enunciados, entre otros. Motivo por la cual se ha incrementado en los últimos años el interés por su estudio

y aplicación del enfoque STEM como parte de la didáctica de las matemáticas (Maass et al., 2019).



Imagen 1: Enfoque STEM

Nota: Técnicos, ingenieros, científicos y profesionales de las disciplinas STEM. Tomado de: Enfoque STEM [Fotografía] International Science Teaching Foundation, 2023, <https://science-teaching.org/es/educacion-stem>

2.2.1. Ventajas y Desafíos de la Educación STEM

El enfoque de educación STEM nos brinda una serie de ventajas y desafíos, los cuales se describen:

Ventajas

- Se logra una integración de los conceptos y la teoría con situaciones cotidianas y tangibles desde diferentes áreas del conocimiento, lo que genera una mayor comprensión de los temas.
- Desarrolla competencias de investigación dado que son los alumnos quienes deben buscar información, tener la habilidad de identificar fuentes confiables, proponer y experimentar, tomar datos, analizarlos y obtener conclusiones a partir de ellos (Castiblanco & Lozano, 2016).
- Desarrolla competencias de trabajo en equipo que son fundamentales para su desarrollo profesional y laboral. El aprendizaje colaborativo le enseña a comunicar asertivamente sus ideas, pero también a escuchar las de los demás, llegar a acuerdos con respeto e igualdad.

Desafíos

- Romper el miedo que generan los cambios, tanto en estudiantes como en los docentes, al incorporar este tipo de herramientas al aula de clases que van en contraposición con lo tradicional.
- Capacitar a los docentes para que estén dispuestos a los nuevos retos y los puedan asumir con total conocimiento y seguridad (Castiblanco & Lozano, 2016).
- Cambiar el sistema de evaluación, pues deben estar enfocadas en el proceso y no en el resultado.

2.3. Metodologías de aprendizaje

2.3.1. Aprendizaje basado en proyectos

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) es una metodología educativa en la cual los estudiantes adquieren conocimientos y habilidades mediante la participación activa en proyectos que son relevantes, complejos y se extienden a lo largo del tiempo. En lugar de recibir información de manera pasiva, los estudiantes se involucran en la exploración, investigación y resolución de problemas reales, lo que les permite aplicar lo que han aprendido en un contexto práctico (Bridges & Hallinger, 1996). En este sentido, los estudiantes construyen el conocimiento, interactuando racionalmente y de forma significativa con todo lo que le rodea, generándose un aprendizaje significativo cuando toma como punto de partida los conocimientos previos y los relaciona con los nuevos.

El método Aprendizaje Basado en Proyectos consiste en la estructuración de un proyecto de cierta importancia (adecuado a los conocimientos de los estudiantes) y de modalidad grupal. Este proyecto debe ser considerado, elaborado y analizado previamente por el profesor con el fin de asegurarse de que los alumnos disponen de todos los elementos necesarios para resolverlo y de modo que, durante su resolución, el alumno desarrollará todas las destrezas que se desean fomentar. Mediante esta metodología, el aprendizaje de conocimientos tiene tanta importancia como la adquisición de habilidades y actitudes. Durante la resolución del proyecto será necesario que aprendan nuevos conceptos para ir resolviendo los problemas que les vayan surgiendo. La función del docente radica en

la orientación del alumnado para que puedan encontrar la solución a dichos problemas por su cuenta (Pérez de Albéniz et al., 2021).

Dentro de la enseñanza de matemáticas la construcción del conocimiento asocia habilidades tales como el razonamiento lógico, comprensión, abstracción, experimentación, relación, intuición, entre otros. Siendo así, tan importante el desarrollo del pensamiento matemático desde los niveles iniciales en educación. Esto implica la necesidad de adoptar estrategias pedagógicas que generen un aprendizaje significativo y colaborativo en los estudiantes para resolver problemas cotidianos. El Aprendizaje Basado en Proyectos como metodología de enseñanza implica un cambio tanto conceptual como metodológico en los docentes, en tanto fortalece los métodos de enseñanza constructivistas que implican un trabajo más complejo, desde el propio diseño de las actividades, en donde se fomenta el aprendizaje autónomo y cooperativo de los estudiantes.

Implementar la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) en el aula implica una planificación cuidadosa y la creación de un entorno de aprendizaje que promueva la autonomía, la colaboración y la aplicación práctica del conocimiento. A continuación, se describen los pasos clave para implementar el ABP:

- a. Definir los Objetivos de Aprendizaje: identificar las competencias, habilidades y conocimientos que los estudiantes deben desarrollar. Estos objetivos deben estar alineados con el currículo y ser medibles.

- b. Guiar el Proceso de Investigación y Creación: actúa como facilitador, guiando a los estudiantes en su proceso de investigación, resolución de problemas y toma de decisiones. Proporciona recursos, herramientas y apoyo cuando sea necesario.
- c. Desarrollo y Creación del Proyecto: los estudiantes desarrollan su proyecto a través de la experimentación y el refinamiento continuo. Este proceso iterativo les permite mejorar sus ideas y soluciones a medida que avanzan.
- d. Documentación del Proceso: los estudiantes deben documentar su proceso de trabajo, incluidas las decisiones tomadas, los problemas encontrados y las soluciones implementadas.
- e. Evaluación del Proyecto: se evalúa el proyecto utilizando criterios claramente definidos, que pueden incluir la calidad del trabajo final, el proceso de aprendizaje, la colaboración en equipo, y la reflexión individual.
- f. Reflexión y Conclusión: los estudiantes reflexionan sobre lo que aprendieron durante el proyecto, tanto en términos de contenido como de habilidades. Se les pregunta sobre los desafíos enfrentados, las estrategias que funcionaron, y cómo aplicarían lo aprendido en el futuro.

2.3.2. Aprendizaje basado en problemas

El Aprendizaje Basado en Problemas (PBL) es una estrategia de enseñanza que busca desarrollar en los y las estudiantes procesos y habilidades que les permitan abordar diversas situaciones de vida cotidiana y más adelante de su vida profesional, con un pensamiento crítico, con capacidades de trabajo colaborativo y en donde la creatividad sea parte de la solución del problema (Hernández & Moreno, 2021). La esencia del

Aprendizaje Basado en Problemas radica en su enfoque en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico, resolución de problemas, y aprendizaje autónomo a través de la investigación y la colaboración. Cuando el estudiante aborda un problema, comprende que con los conocimientos que posee puede responder algunas de las preguntas planteadas y, por lo tanto, tiene una motivación; sin embargo, también es consciente que para resolver el problema es necesario leer, investigar y aprender nuevas cosas. De esta manera, se da un proceso de aprendizaje a partir de los conocimientos previamente adquiridos (Julca-Asto & Duran-Laro, 2022).

Dentro de los objetivos del Aprendizaje Basado en Problemas se encuentran el autoaprendizaje que implica no solamente la adquisición de nuevos conocimientos, sino el desarrollo de procesos conscientes para evaluar su progreso, el de sus compañeros, y así, generar estrategias de mejora. También, el trabajo colaborativo promueve el respeto por la diferencia y mejora las habilidades comunicativas de los y las estudiantes, lo que les permite llegar a acuerdos y de esta manera alcanzar el objetivo común del equipo, que es la resolución del problema propuesto (Julca-Asto & Duran-Laro, 2022).

Son muchas las variaciones que se han establecido para la implementación del modelo Aprendizaje Basado en Problemas, sin embargo, en todas se pueden evidenciar los siguientes pasos:

- a. Presentar el problema: se presenta a la clase un problema o una situación en forma incompleta pero llamativa, que pueda ser resuelta parcialmente por ellos,

pero que, a su vez requiera una investigación más profunda para resolverla completamente.

- b. Identificar los aspectos del aprendizaje: tratar de resolver el problema con los conocimientos que se poseen en ese momento e identificar, qué es lo que necesitan aprender y que es necesario para resolver el problema.
- c. Diseñar un plan de investigación: una vez identificado lo que necesitan saber, cada grupo diseña estrategias de trabajo individual y grupal, allí se asignan roles para garantizar el aprendizaje de todos. Con el apoyo del docente discuten estrategias y recursos para investigar.
- d. Realizar las actividades de estudio personal y grupal: según lo acordado, cada miembro del equipo presenta sus hallazgos y a partir de ello, hacen discusiones para revisar y comprender los nuevos conceptos y la forma en la que ellos pueden ser utilizados para resolver la situación.
- e. Aplicar lo aprendido en la solución del problema: usando los nuevos conocimientos adquiridos, los estudiantes finalizan el ejercicio de resolución del problema.
- f. Reflexionar sobre lo aprendido: hacen un proceso de reflexión donde la autoevaluación, junto con las demás herramientas usadas por el docente durante el proceso servirá como indicador del aprendizaje.

2.4. Estrategias didácticas con enfoque STEM

Existen diversas estrategias didácticas que sirven para potenciar la educación con enfoque STEM, una estrategia didáctica hace uso de métodos, técnicas, medios, materiales y herramientas a través de una organización analizada y planeada

conscientemente para lograr los objetivos y metas de aprendizaje propuestas. A lo anterior, se debe sumar el respectivo análisis de contexto, previo a su respectiva utilización, las estrategias didácticas hacen referencia a la organización y a la planificación de los espacios, materiales, tiempos, entre otros (López-Gamboa et al., 2020).

Las siguientes son estrategias didácticas que tienen su fundamento en metodologías activas (aprendizaje basado en proyectos y aprendizaje basado en problemas), se pueden usar para lograr los objetivos y metas de aprendizaje en un proceso educativo con enfoque STEM:

2.4.1. Design Thinking

Design Thinking es una estrategia para resolver problemas que se basa en la empatía con los usuarios, la definición clara del problema, la generación de ideas, la creación de prototipos y la prueba de soluciones. Es un proceso iterativo que promueve la innovación y la creatividad (García, 2021).

Cuando se combina *Design Thinking* con un enfoque STEM, se busca aprovechar el pensamiento creativo y las herramientas de diseño junto con el conocimiento técnico para abordar problemas reales y complejos. A continuación, se describen los aspectos considerados en esta estrategia (Gutiérrez & García, 2024).

- **Empatizar:** Comprender las necesidades y experiencias de los usuarios relacionados con problemas técnicos o científicos. Esto incluye la investigación y observación para identificar problemas reales que pueden ser abordados a través de la tecnología o los principios científicos.
- **Definir:** Precisar el problema específico dentro del contexto STEM, definiendo los requisitos técnicos y científicos que la solución debe cumplir.
- **Idear:** Generar una amplia gama de ideas para solucionar el problema definido, utilizando conocimientos técnicos y científicos. Este proceso fomenta la creatividad y la exploración de diversas soluciones potenciales.
- **Modelar:** Crear versiones tangibles y funcionales de las ideas para explorar cómo podrían ser implementadas en la práctica. Esto puede involucrar el uso de herramientas y tecnologías específicas de STEM, como impresoras 3D, software de modelado, o kits de robótica.
- **Probar:** Evaluar los prototipos con usuarios reales para obtener retroalimentación y ajustar las soluciones. Esto asegura que las soluciones sean viables y efectivas en un contexto real.

2.4.2. Diseño de Ingeniería

El Diseño de Ingeniería es una estrategia que se enfoca en el proceso de creación y desarrollo de soluciones a problemas específicos utilizando principios de ingeniería. Este proceso generalmente incluye la identificación del problema, el desarrollo de soluciones, la construcción de prototipos y la evaluación de la eficacia de las soluciones. Cuando se aplica el enfoque STEM, se integra la enseñanza de principios técnicos con habilidades prácticas e interdisciplinarias (Haik & Shahin, 2010). A continuación, se describen los aspectos considerados en esta estrategia:

- **Identificación del Problema:** Definir y comprender el problema a resolver, considerando aspectos técnicos y científicos. Esto puede incluir la investigación de problemas del mundo real que requieran soluciones innovadoras basadas en la ingeniería.
- **Desarrollo de Soluciones:** Generar y analizar diferentes posibles soluciones utilizando principios de ingeniería y ciencias. Se promueve la creatividad y la aplicación de conocimientos técnicos para desarrollar soluciones efectivas.
- **Construcción de Prototipos:** Crear versiones tangibles de las soluciones propuestas para evaluar su viabilidad y funcionalidad. Esto puede incluir el uso de herramientas y tecnologías específicas para construir y probar prototipos.
- **Evaluación y Refinamiento:** Probar los prototipos en condiciones reales o simuladas para evaluar su rendimiento y efectividad. La retroalimentación obtenida se usa para ajustar y mejorar las soluciones.

2.4.3. Aprendizaje basado en el juego

Aprendizaje Basado en el Juego es una estrategia pedagógica que utiliza juegos y actividades lúdicas para enseñar contenido académico y fortalecer habilidades. Los juegos pueden ser digitales, físicos o una combinación de ambos, y están diseñados para involucrar a los estudiantes de manera activa en el proceso de aprendizaje, se recomienda para estudiantes que necesitan practicar habilidades matemáticas de manera continua para retener lo aprendido (Stott & Neustaedter, 2013). Los Componentes del Aprendizaje Basado en el Juego son los siguientes:

- **Objetivos de aprendizaje claros:** Los juegos deben tener objetivos educativos específicos que los estudiantes deben alcanzar. Estos objetivos deben estar alineados con el currículo y las competencias que se desean desarrollar.
- **Elementos de Juego:**
 - **Puntos y Recompensas:** Incentivan a los estudiantes a participar y progresar.
 - **Niveles y Desafíos:** Proveen un sentido de progreso y logro.
 - **Retroalimentación Inmediata:** Ayuda a los estudiantes a entender sus errores y aprender de ellos en tiempo real.
- **Narrativa y Contexto:** Una buena historia o contexto puede hacer que el aprendizaje sea más interesante y relevante para los estudiantes. La narrativa proporciona un marco en el que los estudiantes pueden situar la información que están aprendiendo.

- Interacción y participación activa: Los juegos requieren que los estudiantes participen activamente, lo que puede mejorar el compromiso y la retención de la información.

2.4.4. Movimiento Maker

El Movimiento *Maker*, también conocido como la cultura *Maker*, es un enfoque educativo que promueve el aprendizaje a través de la creación, la experimentación y la innovación. Este movimiento se basa en la idea de que los estudiantes pueden aprender mejor cuando están activamente involucrados en el proceso de hacer cosas, ya sea mediante la construcción de prototipos, la programación de dispositivos electrónicos, la fabricación de objetos con impresoras 3D o la realización de proyectos de bricolaje (Halverson & Sheridan, 2014). A continuación, se describen los aspectos considerados en esta estrategia:

- Aprendizaje Basado en Proyectos: Los estudiantes participan en proyectos prácticos que requieren la aplicación de conceptos y habilidades de diversas disciplinas. Estos proyectos pueden variar desde simples artesanías hasta complejos dispositivos electrónicos.
- Interdisciplinariedad: El Movimiento *Maker* integra múltiples áreas del conocimiento, como la ciencia, la tecnología, la ingeniería, las artes y las matemáticas (STEAM), fomentando una educación holística.

- **Creatividad e Innovación:** Se anima a los estudiantes a experimentar, probar nuevas ideas y encontrar soluciones innovadoras a los problemas. La creatividad es un componente central del proceso de aprendizaje.
- **Hacer y Compartir:** La colaboración y el intercambio de conocimientos son fundamentales en la cultura *Maker*. Los estudiantes a menudo trabajan en equipos y comparten sus proyectos y hallazgos con la comunidad.
- **Acceso a herramientas y tecnologías:** El Movimiento *Maker* se apoya en el acceso a herramientas y tecnologías como impresoras 3D, cortadoras láser, kits de robótica y plataformas de programación, que facilitan la creación y el prototipado rápido.

2.5. Métodos estadísticos

2.5.1. Análisis de variables múltiples

El análisis de variables múltiples es una herramienta estadística para determinar la contribución única de varios factores a un evento o resultado simple. En general, el análisis de variables múltiples se refiere a todos los métodos estadísticos que analizan en forma simultánea varias medidas (más de dos variables) de cada individuo u objeto que es sometido a investigación. En este tipo de análisis todas las variables deben ser aleatorias y sus diferentes efectos no debieran ser interpretados separadamente con algún sentido. El objetivo es analizar e interpretar las relaciones entre distintas variables de manera simultánea, mediante la construcción de modelos estadísticos complejos que

permiten distinguir la contribución independiente de cada una de ellas en el sistema de relaciones y, de este modo, describir, explicar o predecir los fenómenos que son objeto de interés para la investigación (Hair et al., 2010).

El análisis de los datos implica la separación, identificación y medición de la variación en un conjunto de variables, tanto entre ellas como entre una variable dependiente y una o más variables independientes.

El investigador debe identificar la escala de medida de cada variable empleada (nominales, ordinales y numéricas), tanto para las variables dependientes como las independientes, para poder decidir qué técnica de variable múltiple es la más conveniente para los datos. En la Tabla 1 se muestra una clasificación de las técnicas de análisis multivariante utilizadas en esta investigación en función del objetivo buscado y de las características de los datos.

Tabla 1: Clasificación de las técnicas de análisis multivariable

Objetivo	Escenario de aplicación	Características de los datos	Técnica multivariable
Analizar relaciones de dependencia para hacer explicaciones o predicciones	Explicación de la variabilidad de los individuos	Una variable dependiente cuantitativa	Regresión múltiple
		La variable dependiente solo puede tener dos valores, como sí y no o 0 y 1	Regresión logística binomial
	Explicación de la variabilidad	Dos o más variables dependientes cuantitativas	MANOVA o MANCOVA

Tanto la regresión múltiple como la binomial se basan en el análisis y la interpretación de las asociaciones observadas entre las variables, pero difieren, básicamente, en el número de variables dependientes que permiten explicar. Cuando los investigadores se proponen analizar la variabilidad de los individuos en una característica y, por lo tanto, centran la atención en una única variable dependiente de naturaleza cuantitativa, su técnica de elección es la regresión múltiple (Hair et al., 2010). En cambio, podemos entender la regresión binomial como una extensión de la regresión múltiple que permite estudiar la relación entre una variable dependiente cualitativa dicotómica y una o más variables

independientes. La variable dependiente solo puede tener dos valores, como sí y no o 0 y 1.

Por otro lado, el estudio de las relaciones de dependencia con el objetivo de llevar a cabo explicaciones o predicciones no solo sirve para analizar la variabilidad de los individuos en una o más características. Cuando el propósito de los investigadores es, analizar las relaciones simultáneas entre diversas variables con objeto de explicar la variabilidad de los grupos de individuos, las técnicas más adecuadas son el análisis de la varianza (ANOVA por sus siglas en inglés) de dos o más factores y el análisis multivariante de la varianza (MANOVA por sus siglas en inglés). En este sentido, las dos técnicas comparten el objetivo de determinar la existencia de diferencias entre los individuos de manera agregada, de modo que permitirían evaluar la contribución específica de su pertenencia a diferentes grupos (llamados factores) formados a partir de los niveles de una o más variables cualitativas (Hair et al., 2010). En este contexto, los factores actuarían como variables independientes en la construcción de los modelos y, como hemos podido ver en relación con el diseño de la investigación, pueden representar tanto grupos naturales, sobre los cuales los investigadores no tendrían ningún tipo de control, como diferentes condiciones experimentales a las que los individuos han sido asignados de manera aleatoria.

El ANOVA de dos o más factores y el MANOVA también se basan en el análisis y la interpretación de las asociaciones observadas entre las variables consideradas en los modelos y, como en el caso de la regresión múltiple, difieren en el hecho de que permiten explicar la variabilidad de los grupos en una o más variables dependientes de naturaleza

cuantitativa, respectivamente. Por otro lado, cuando los investigadores consideran otras variables independientes cuantitativas (llamadas covariantes) con la intención de ajustar las diferencias entre los grupos en la construcción de sus modelos, las técnicas más adecuadas son el análisis de la covarianza (ANCOVA por sus siglas en inglés) y el análisis multivariante de la covarianza (MANCOVA por sus siglas en inglés). Como extensión de las dos anteriores, estas técnicas resultan especialmente interesantes en el contexto de la investigación observacional, puesto que permiten tener en cuenta la influencia de la variabilidad de los individuos en otras características importantes cuando la asignación a los diferentes grupos no ha sido aleatoria (Hair et al., 2010).

2.5.2. Significado de los parámetros estadísticos

2.5.2.1. Valor p

El valor p nos indica si la relación de las variables analizadas es estadísticamente significativa. Mide la evidencia en contra de la hipótesis nula. Las probabilidades más bajas proporcionan una evidencia más fuerte en contra de la hipótesis nula (Hair et al., 2010).

Interpretación

El nivel de significancia (α) indica el riesgo de concluir que existe una asociación cuando no hay una asociación real, se determina a partir de la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera. Se tiene un estándar del 5% (o 0,05).

Valor $p \leq \alpha$: Las diferencias entre las medias son estadísticamente significativas. Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia (α), usted puede concluir que las diferencias entre las medias son estadísticamente significativas.

Valor $p > \alpha$: Las diferencias entre las medias no son estadísticamente significativas. Si el valor p es mayor que el nivel de significancia (α), usted no puede concluir que las diferencias entre las medias son estadísticamente significativas.

2.5.2.2. Coeficiente estimado

Este coeficiente representa la relación entre una variable independiente y una variable dependiente, indicando cómo cambia la variable dependiente cuando la variable independiente aumenta en una unidad, manteniendo las demás variables constantes. Los coeficientes son los números por los cuales se multiplican los valores del término independiente en una ecuación de regresión (Hair et al., 2010).

Interpretación

El signo del coeficiente nos indica la dirección de la relación entre el término y la respuesta, es decir si la relación entre las variables analizadas es positiva o negativa. El valor del coeficiente es generalmente una buena manera de evaluar la significancia práctica del efecto que un término tiene en la variable de respuesta. Sin embargo, no indica si un término es estadísticamente significativo porque los cálculos de significancia también consideran la variación en los datos de respuesta.

2.5.2.3. Error estándar

El error estándar estima que el tamaño de la muestra y los coeficientes a estimar se mantendrían iguales si se tomara la muestra una y otra vez (Hair et al., 2010).

Interpretación

Se utiliza el error estándar para medir la precisión de la estimación del coeficiente. Cuanto menor sea el error estándar en el caso de esta investigación, más precisa será la estimación realizada.

2.6. Modelos matemáticos de los métodos estadísticos

2.6.1. Regresión lineal múltiple

La regresión lineal múltiple se utiliza cuando se estudia la posible relación entre varias variables independientes (predictoras) y otra variable dependiente (respuesta). El modelo de regresión lineal múltiple se puede expresar como:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \cdots + b_nX_n$$

donde:

- Y : Variable dependiente.
- X_1, X_2, \dots, X_n : Variables independientes.
- $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$: Coeficientes de regresión asociados con cada variable independiente X_i . Son calculados por el programa estadístico.

2.6.2. Regresión logística binomial

La regresión logística binomial consiste en obtener una función lineal de las variables independientes que permita clasificar a los individuos en una de las dos subpoblaciones o grupos por los dos valores de la variable dependiente. El modelo se expresa como:

$$P(Y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \cdots + b_nx_n)}}$$

donde:

- $P(Y = 1)$: probabilidad de que el evento ocurra dado los valores de las variables independientes X_i .
- X_1, X_2, \dots, X_n : variables independientes.
- $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$: coeficientes de regresión asociados con cada variable independiente X_i . Son calculados por el programa estadístico.
- e : Base del logaritmo natural (aproximadamente 2.71828).

2.6.3. MANOVA

El Análisis multivariante de varianza proporciona un análisis de regresión y un análisis de varianza para variables dependientes múltiples por una o más variables de factor. Las variables de factor dividen la población en grupos. El modelo matemático se puede expresar como:

$$Y = XB + E$$

donde:

- Y : matriz de datos de tamaño $n \times m$, donde n es el número de observaciones y m es el número de variables dependientes.
- X : matriz de diseño de tamaño $n \times (p + 1)$, donde p es el número de predictores o factores. La matriz contiene una columna para cada factor.
- B : matriz de coeficientes de tamaño $(p + 1) \times m$, que representa los efectos de los factores en cada variable dependiente.
- E : Matriz de errores de tamaño $n \times m$ que representa la variabilidad no explicada por el modelo.

2.6.4. MANCOVA

El Análisis multivariable de covarianza se utiliza para examinar el efecto de una o más variables independientes categóricas (factores) sobre múltiples variables dependientes, mientras se controlan los efectos de las covariables.

El modelo matemático de MANCOVA se puede expresar de la siguiente manera:

$$Y = XB + Z\tau + E$$

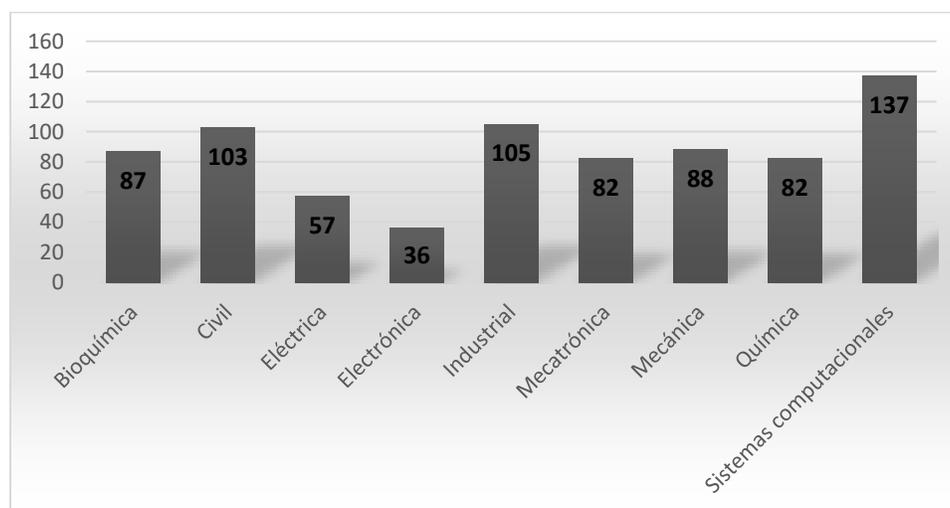
donde:

- Y : matriz de datos de tamaño $n \times m$, donde n es el número de observaciones y m es el número de variables dependientes.
- X : matriz de diseño de tamaño $n \times (p + 1)$, donde p es el número de predictores o factores. La matriz contiene una columna para cada factor.
- B : matriz de coeficientes de tamaño $(p + 1) \times m$, que representa los efectos de los factores en cada variable dependiente.
- Z : Matriz de covariables de tamaño $n \times q$, donde q es el número de covariables.
- τ : Matriz de coeficientes de tamaño $q \times m$ que representa los efectos de las covariables en las variables dependientes.
- E : Matriz de errores de tamaño $n \times m$ que representa la variabilidad no explicada por el modelo.

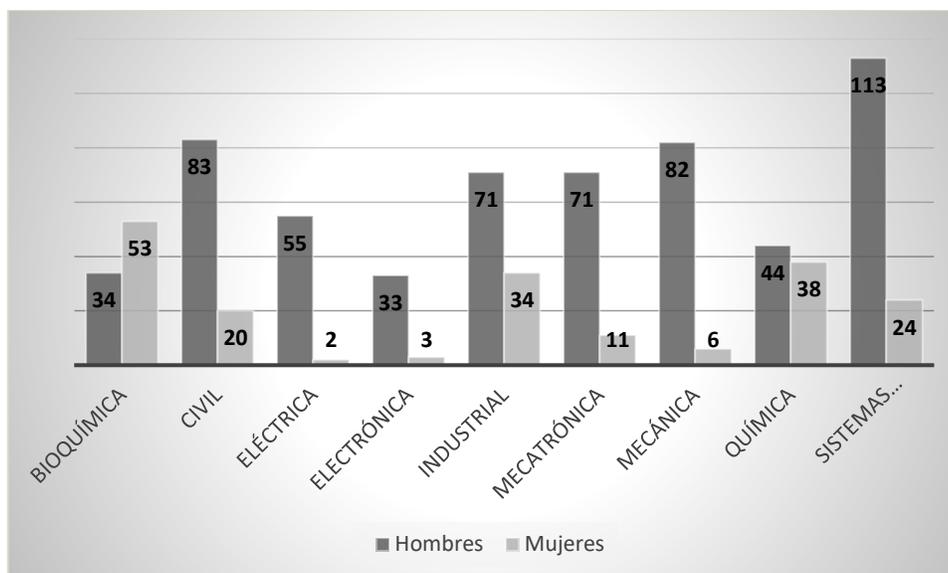
3. Desarrollo

3.1. Muestra

En este estudio se utilizó una muestra de 777 estudiantes de primer semestre con 191 mujeres (25%) y 586 hombres (75%) (véase Gráfica 2). Los participantes de este estudio cursaron la materia de cálculo diferencial en una de las carreras de ingeniería del Instituto Tecnológico de Durango durante el semestre de agosto – diciembre del 2023, véase Gráfica 1. En esta universidad los estudiantes de nuevo ingreso deberían de matricularse al curso de cálculo diferencial junto con otros cinco cursos que varían según sus carreras. Entre los 777 participantes 56 (7%) repitieron nuevamente el curso de cálculo diferencial, ya que lo reprobaron inicialmente, siendo participantes de no nuevo ingreso.



Gráfica 1: Los 777 participantes divididos por carrera



Gráfica 2: Los 777 participantes divididos por sexo

3.2. Recolección de información

Se recolectaron las calificaciones finales de todos los cursos que los 777 participantes tomaron durante el semestre de agosto – diciembre 2023 (ver Tabla 2). Estas calificaciones incluían los cursos de cálculo diferencial, taller de ética y fundamentos de investigación como tronco común para todas las carreras; además de tres cursos que variaban según el perfil profesional de cada ingeniería, cubriendo las áreas de química, humanidades y especialidad técnica. Con estas calificaciones de los seis cursos se obtuvo el promedio final del semestre para cada participante. En la universidad donde se realizó este estudio se evalúa a los estudiantes con calificaciones aprobatorias desde 70 hasta el 100, considerando cualquier calificación menor a 70 como calificación no aprobatoria para ese curso. Cualquier estudiante que no alcance una calificación aprobatoria igual o mayor a 70 tiene que repetir el curso y se le asigna una calificación

no aprobatoria (NA), sin un número que refleje su desempeño en el curso. Para fines del análisis cuantitativo de esta información se remplazaron las calificaciones no aprobatorias (NA) por una calificación de 60 en todas las pruebas estadísticas.

Adicionalmente a las calificaciones de los participantes se recolectó información sobre su autoeficacia matemática mediante una encuesta, y sobre sus habilidades matemáticas mediante un examen de diagnóstico. Como los instrumentos para recolectar información sobre la autoeficacia y las habilidades matemáticas de los participantes se repartieron de forma voluntaria, no todos los 777 participantes cuentan con esta información para el análisis cualitativo de los datos. Solo 270 participantes contestaron el examen de diagnóstico con 68 mujeres y 202 hombres; mientras que 233 participantes contestaron la encuesta para medir su autoeficacia matemática, con 170 hombres y 63 mujeres. De estos participantes, solo 117 completaron la encuesta sobre autoeficacia matemática y realizaron el examen de diagnóstico, contando con todas las variables que se utilizaron para el análisis estadístico de los datos.

Tabla 2: Carreras que cursaron los 777 participantes.

Ingeniería	Participantes	Hombres	Mujeres
Bioquímica	87 (11%)	34	53
Civil	103 (13%)	83	20
Eléctrica	57 (7%)	55	2
Electrónica	36 (5%)	33	3
Industrial	105 (14%)	71	34
Mecatrónica	82 (11%)	71	11
Mecánica	88 (11%)	82	6
Química	82 (11%)	44	38
Sistemas computacionales	137 (18%)	113	24

3.3. Instrumentos

El examen de diagnóstico fue diseñado como una prueba objetiva para validar la estructura de los reactivos se hizo uso de una lista de cotejo (Martinez & Rivera, 2016.). El examen de diagnóstico que se utilizó para recolectar información sobre las habilidades matemáticas de los participantes constaba de diez preguntas, divididas en: tres preguntas de aritmética, cuatro de trigonometría y tres de álgebra. Estas diez preguntas eran una recopilación del conocimiento básico que los estudiantes universitarios debían comprender para poder tener éxito en una clase de cálculo en las áreas de ingeniería (Carlson et al., 2010). Cada pregunta correcta valía un punto y no se calificaban

resultados parciales, al final la calificación de los estudiantes presenta una escala de 0 a 10 siendo un máximo 10 (con resultados decimales debido a las preguntas con varios incisos). Este examen de diagnóstico se repartió de forma voluntaria entre los grupos de estudiantes de cálculo diferencial que aceptaron contestar el examen durante su tiempo de clase en las primeras semanas del semestre agosto – diciembre 2023, por lo que solo 270 de los 777 participantes contaron con información sobre sus habilidades matemáticas.

Con respecto a la autoeficacia matemática, se recolectó información sobre 233 participantes utilizando una adaptación al idioma español y contexto latinoamericano de la Mathematics Self-Efficacy Survey (MSES) desarrollada por Betz y Hackett (Betz & Hackett, 1983). La adaptación de la MSES contaba con 12 ítems que median la autoeficacia matemática del 1 (totalmente seguro de que no puedo hacerlo) al 10 (totalmente seguro de que puedo hacerlo) según el nivel de confianza que tenían los estudiantes de poder realizar la actividad matemática presentada en cada pregunta. De estos 12 ítems, cuatro pertenecían a cada uno de los tres subconstructos que esta escala de autoeficacia matemática manejaba: 1) actividades matemáticas, 2) problemas matemáticos y 3) cursos matemáticos (Morán-Soto et al., 2022). Esta adaptación de la MSES al español y contexto latinoamericano fue seleccionada, ya que había demostrado un buen nivel de confiabilidad para medir la autoeficacia matemática de estudiantes universitarios; además de haber demostrado ser una herramienta útil para medir esta variable al pasar por varias pruebas de validación (Morán-Soto et al., 2022; Morán-Soto & González Peña, 2022). Esta adaptación de la MSES se repartió entre los estudiantes de los profesores de cálculo diferencial que aceptaron que se contestara la encuesta

durante su tiempo de clase en las primeras semanas del semestre agosto – diciembre 2023. La encuesta se repartió en forma física, y los participantes podían decidir de forma voluntaria si llenaban la encuesta, por esta razón solo se recolectó información sobre la autoeficacia matemática de una fracción (233) de los 777 participantes.

3.4. Análisis de los datos

Se realizaron pruebas estadísticas con varias variables, entre las que se podían encontrar: la calificación de los seis cursos que los participantes cursaron durante el semestre agosto – diciembre 2023 (cálculo diferencial, taller de ética, fundamentos de investigación, química, humanidades y especialidad técnica) y el promedio final del semestre, que podían manejar valores entre 60 (no aprobatorio) y 100; el promedio de autoeficacia matemática y sus tres subconstructos (actividades matemáticas, problemas matemáticos y cursos matemáticos) con valores entre 1 y 10; la calificación del examen de diagnóstico con valores entre 0 y 10, junto con sus tres secciones (aritmética, álgebra y trigonometría) con valores entre 0 y 4; además de ciertas variables como el sexo de los participantes o si estaban repitiendo curso. El número de participantes con información de cada una de estas variables se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Número de participantes para el análisis cuantitativo de cada variable.

Variable	Participantes	Hombres	Mujeres
Cálculo diferencial	777	586	191
Autoeficacia matemática	233	170	63
Examen de diagnóstico	270	202	68
Repetidores	56	48	8
Autoeficacia matemática y examen diagnóstico	117	81	36

Para el análisis cuantitativo se realizaron varias pruebas de estadística inferencial utilizando el software R (Team, 2012). Se realizaron pruebas de análisis multivariante de varianza (MANOVA) con los datos de 117 participantes (véase la Tabla 2) y de análisis multivariante de covarianza (MANCOVA) con los datos de 270 participantes (véase Tabla 2) para determinar posibles diferencias entre las variables de interés de este estudio y entre hombres y mujeres (Hair et al., 2014; Tabachnick & Fidell, 2001). Para el MANCOVA se utilizó un modelo con cuatro variables dependientes que fueron las tres secciones del examen de diagnóstico (aritmética, álgebra y trigonometría) y la calificación final de este examen. Este modelo buscaba determinar posibles diferencias entre los resultados del examen de diagnóstico de hombres y mujeres. El MANCOVA era necesario debido a la correlación entre la calificación final del examen de diagnóstico y las tres secciones de este examen (Hair et al., 2014), ya que la calificación final era el promedio de las otras tres variables. Por el lado del MANOVA, se utilizó un modelo con

el promedio de las calificaciones del semestre, la autoeficacia matemática, la calificación del examen de diagnóstico y la calificación del curso de cálculo diferencial como variables dependientes para determinar si existía alguna diferencia entre los valores de estas variables según el sexo de los participantes. Estas pruebas multivariantes se utilizaron con el objetivo de reducir la posibilidad que sea un error tipo I. (Hair et al., 2014).

Además de los MANOVA y MANCOVA, se realizaron una serie de regresiones lineales (Collett, 1991; Hayes, 2013) para determinar que variables tenían una correlación significativa con la autoeficacia matemática, la calificación de examen de diagnóstico y el desempeño en el curso de cálculo diferencial de los participantes. Estos factores se usaron como variables dependientes, ya que la teoría sugiere que pueden tener una influencia en el desempeño académico de los estudiantes de ingeniería (Morán & Benson, 2018; Zimmerman, 2000). Se realizaron tres modelos de regresión lineal multivariable, siendo el primero un modelo que utilizó el nivel de autoeficacia matemática de los participantes como variable dependiente con cinco variables independientes: X1) la calificación de cálculo diferencial, X2) la calificación del examen de diagnóstico, X3) el sexo de los participantes, X4) ser repetidor del curso de cálculo diferencial y X5) el promedio general de todas las materias. Este modelo se realizó con los 117 participantes que contaban con información para todas las variables véase Tabla 2 tratando de determinar una posible relación entre los niveles de autoeficacia de los participantes y las variables independientes. Con la finalidad de generar un mejor análisis de la relación de la autoeficacia matemática con el desempeño académico de los participantes en sus actividades matemáticas se realizaron dos regresiones lineales (Seber & Lee, 2012) de

forma independiente. Estas regresiones lineales buscaban interpretar un soporte a los resultados de la regresión lineal multivariable para poder contestar de una manera precisa la pregunta de investigación que se plantearon en este estudio.

El segundo modelo de regresión lineal multivariable utilizó la calificación del examen de diagnóstico como variable dependiente, con las calificaciones de los seis cursos que los estudiantes llevaron durante el semestre agosto – diciembre 2023 con las seis variables independientes: X1) cálculo diferencial, X2) taller de ética, X3) fundamentos de investigación, X4) química, X5) humanidades y X6) especialidad técnica. Este modelo se llevó a cabo con los 270 participantes que contestaron el examen de diagnóstico (ver Tabla 2) con el objetivo de determinar el nivel de correlación entre la calificación de este examen con el desempeño académico de los participantes en los seis cursos del primer semestre de ingeniería. El último modelo de regresión lineal multivariable se realizó con la calificación del curso de cálculo diferencial como variable dependiente, con cinco variables independientes: X1) la autoeficacia matemática, X2) la calificación del examen de diagnóstico, X3) el sexo de los participantes, X4) ser repetidor del curso de cálculo diferencial y X5) el promedio general de todas las materias. Este modelo se realizó con los 117 participantes que contaban con información para todas las variables (ver Tabla 2) buscando determinar una posible correlación entre la calificación en el curso de cálculo diferencial y las cinco variables independientes.

Para finalizar con las pruebas estadísticas se llevaron a cabo dos modelos de regresión logística binomial (Hayes, 2013). Para el primer modelo de regresión logística binomial

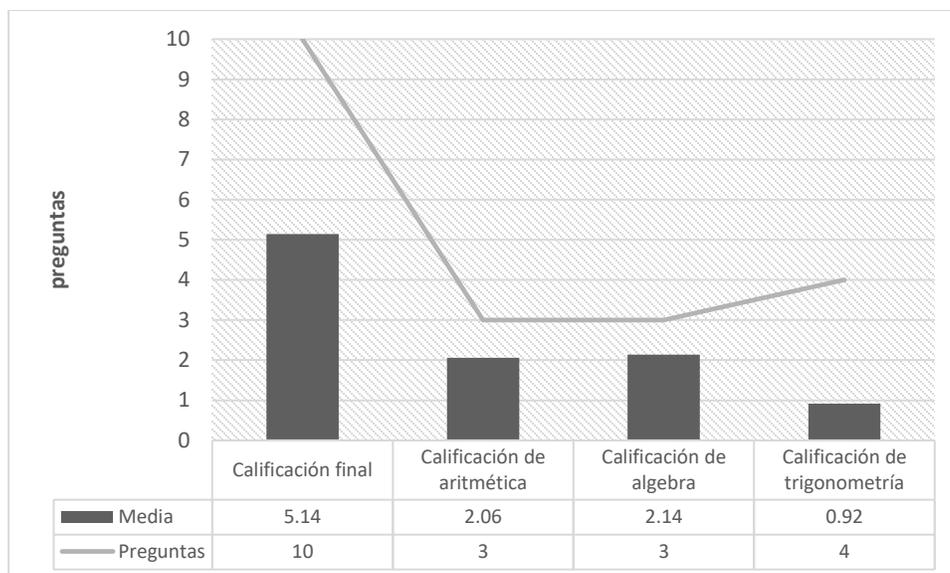
se utilizó a los 117 participantes que tenían información de todas las variables recolectadas (ver Tabla 2). Estos participantes se separaron en dos grupos según su calificación de cálculo diferencial, con los participantes con calificación de 60 en el grupo de reprobados, y con los participantes con calificación mayor o igual a 70 en el grupo de los aprobados. Estos dos grupos fueron utilizados como la variable dicótoma (Collett, 1991) dependiente para el modelo de regresión logística binomial que tenía cinco variables independientes: X1) la autoeficacia matemática, X2) la calificación del examen de diagnóstico, X3) el sexo de los participantes, X4) ser repetidor del curso de cálculo diferencial y X5) el promedio general de todas las materias. El segundo modelo de regresión logística binomial se llevó a cabo con los mismos 117 participantes del primer modelo, pero la variable dicótoma (Collett, 1991) dependiente fue el sexo de los participantes. Este modelo de regresión lineal buscaba determinar si el sexo de los participantes tenía algún efecto sobre las cinco variables independientes: X1) la autoeficacia matemática, X2) la calificación del examen de diagnóstico, X3) la calificación de cálculo diferencial, X4) ser repetidor del curso de cálculo diferencial y X5) el promedio general de todas las materias. Con estos dos modelos de regresión logística binomial se buscaba tener suficiente información para determinar qué tipo de factores pueden influir en las posibilidades de los estudiantes de acreditar el curso de cálculo diferencial, así como determinar qué tipo de influencia puede tener el sexo de los estudiantes de ingeniería en su desempeño académico en el primer semestre de su carrera.

4. Resultados

Las calificaciones finales y de las secciones de aritmética, algebra y trigonometría de los 270 participantes que contestaron el examen diagnóstico se presentan en la Tabla 4, con base a los resultados se concluye que los estudiantes de nuevo ingreso no cuentan con las suficientes habilidades matemáticas, se tiene una media en la calificación final de 5.14 de un total de 10 preguntas. Más adelante se discute la implementación de una estrategia didáctica basada en el juego que ayude a los estudiantes a practicar y mejorar sus habilidades matemáticas dando énfasis en los temas donde el análisis muestra que hay niveles bajos, ver la Gráfica 3.

Tabla 4: Resultados del examen de diagnóstico.

Diagnóstico	Media	Desv. Estándar	Preguntas
Calificación final	5.14	2.01	10
Calificación de aritmética	2.06	0.95	3
Calificación de algebra	2.14	1.02	3
Calificación de trigonometría	0.92	0.84	4

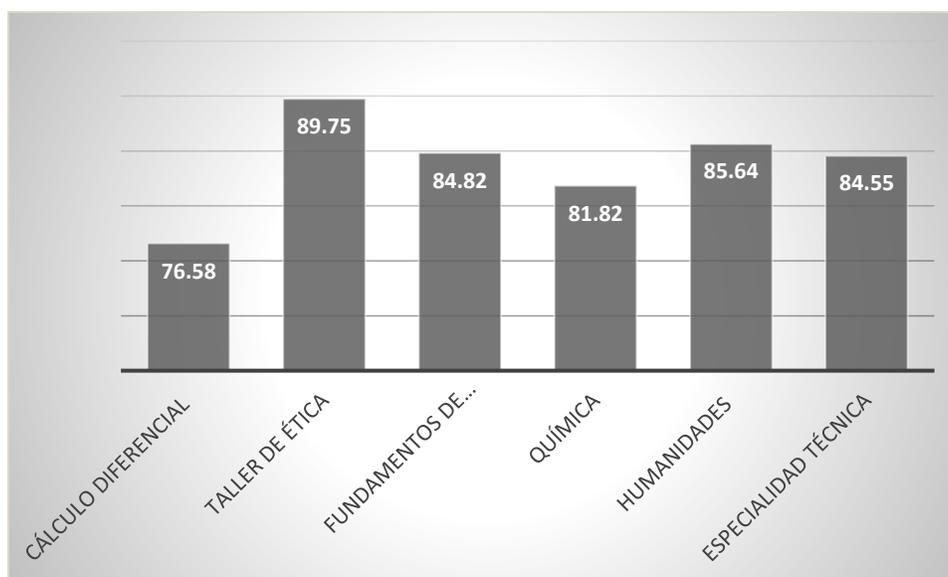


Gráfica 3: Medias de los resultados del examen de diagnóstico

Los promedios de las calificaciones finales de los cursos tomados por los participantes durante el semestre agosto – diciembre 2023 se presentan en la Tabla 5, siendo el curso de cálculo diferencial en el que se obtuvo el promedio más bajo (ver Gráfica 4).

Tabla 5: Calificaciones de los cursos del semestre agosto-diciembre 2023

Curso	Media
Cálculo diferencial	76.58
Taller de ética	89.75
Fundamentos de investigación	84.82
Química	81.82
Humanidades	85.64
Especialidad técnica	84.55
Promedio del Semestre	83.43



Gráfica 4: Promedio de calificaciones

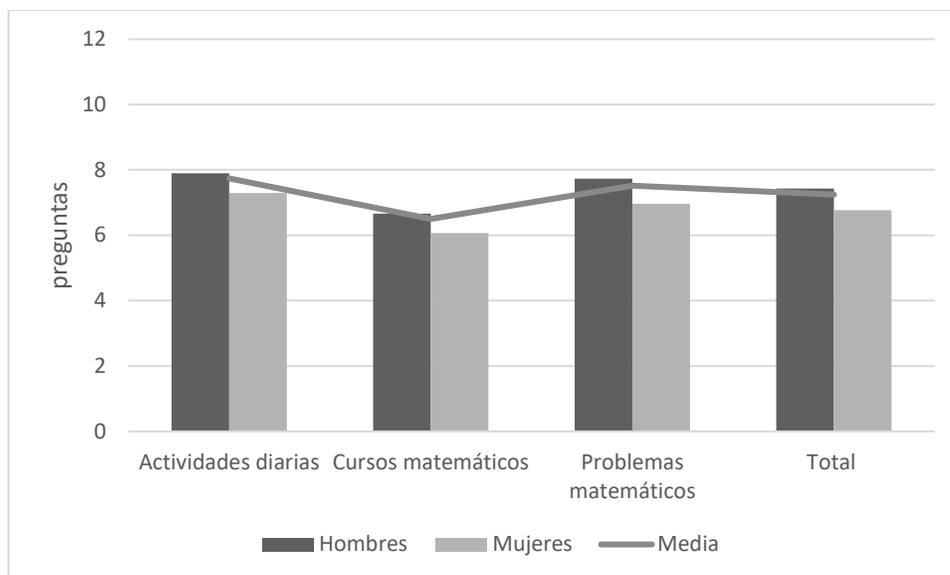
En relación al curso de cálculo diferencial, las estudiantes mujeres obtuvieron un promedio de 77.68 con una desviación estándar de 14.43, mientras que los hombres

obtuvieron un promedio de 76.23 con una desviación estándar de 13.83. De todos los estudiantes que tomaron este curso, 517 (67%, con 390 hombres y 127 mujeres) aprobaron y 260 (33%, con 196 hombres y 64 mujeres) reprobaron durante el semestre agosto – diciembre 2023.

Los resultados de la autoeficacia matemática con el promedio total y los tres subconstructos de los 233 participantes que contestaron la encuesta se presentan en la Tabla 6. En total se registra una media de 7.25 de un máximo de 12, separados por sexo los hombres obtuvieron una media de 7.43 y las mujeres de 6.77, con base al análisis los niveles de autoeficacia matemática son bajos (véase Gráfica 5). Preparar mejor a los estudiantes en campos como la ingeniería, la tecnología y las matemáticas, con la ayuda de una estrategia didáctica es probable que aumente su autoeficacia matemática, esto se discute más adelante en el Capítulo 5.

Tabla 6: Resultados de la encuesta de autoeficacia matemática.

Autoeficacia matemática	Media	Hombres	Mujeres
Actividades diarias	7.74	7.90	7.29
Cursos matemáticos	6.50	6.66	6.07
Problemas matemáticos	7.52	7.73	6.96
Total	7.25	7.43	6.77



Gráfica 5: Resultados de hombres y mujeres de la encuesta de autoeficacia matemática.

Los resultados del MANCOVA analizando posibles diferencias entre las calificaciones del examen de diagnóstico de los 270 participantes (68 mujeres y 202 hombres) que contestaron el examen de diagnóstico según su sexo se presentan la Tabla 7. La única diferencia significativa (valor p) que se encontró fue en el tema de aritmética donde el resultado de las mujeres fue notablemente menor en comparación con el de los hombres. Como se verá en parte de la discusión se propone segmentar el grupo y presentar problemas en contextos aplicados que resulten motivadores y se apliquen principios de ingeniería.

Tabla 7: MANCOVA comparando los resultados del examen diagnóstico entre hombres y mujeres.

Variables dependientes	Hombres	Mujeres	Media cuadrada	Valor p
Calificación total	5.23	4.86	7.14	No significativo
Calificación de aritmética	2.16	1.76	8.28	< 0.001***
Calificación de álgebra	2.16	2.09	0.21	No significativo
Calificación de trigonometría	0.90	1.00	0.45	No significativo

*** Muy significativo

Los resultados del MANOVA analizando posibles diferencias entre las calificaciones de cálculo diferencial, el examen diagnóstico, el promedio del semestre y la autoeficacia matemática de hombres y mujeres (117 participantes) se presentan la Tabla 8. El análisis no revela ninguna diferencia significativa (valor p).

Tabla 8: MANOVA comparando las cuatro variables más relevantes entre hombres y mujeres.

Variables dependientes	Hombres	Mujeres	Media cuadrada	Valor p
Promedio de calificaciones	85.58	84.19	55.55	No significativo
Autoeficacia matemática	7.59	7.11	7.71	No significativo
Examen diagnóstico	5.48	4.91	11.36	No significativo
Cálculo diferencial	80.06	81.10	33.10	No significativo

Los resultados del modelo de regresión lineal multivariable analizando posibles correlaciones entre los niveles de autoeficacia matemática ($n=117$) y su desempeño en el curso de cálculo diferencial, el examen diagnóstico y el promedio del semestre se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9: Regresión lineal multivariable con la autoeficacia matemática como variable dependiente.

VARIABLES INDEPENDIENTES	B	EE	Valor p
Cálculo diferencial	-0.006	0.017	NS
Examen de diagnóstico	0.307	0.075	< 0.001***
Sexo	0.337	0.278	NS
Repetidor de curso	0.171	0.515	NS
Promedio general	0.015	0.025	NS

B = coeficiente estimado; EE = error estándar; NS = no significativo; *** = muy significativo

Los resultados del modelo de regresión lineal multivariable analizando posibles correlaciones entre la calificación del examen de diagnóstico ($n=270$) y su desempeño en todos los cursos del semestre se presentan en la Tabla 10. Las diferencias entre las medias que son estadísticamente significativas (valor p) se encontraron en los cursos de Cálculo diferencial, Taller de ética y Especialidad técnica, la discusión menciona una estrategia didáctica que involucre a los estudiantes en los tres cursos mencionados que les permita aplicar conceptos matemáticos de manera más tangible.

Tabla 10: Modelo de regresión lineal multivariable usando el examen de diagnóstico como variable dependiente.

VARIABLES INDEPENDIENTES	B	EE	Valor p
Cálculo diferencial	0.043	0.010	< 0.001***
Taller de ética	-0.049	0.016	0.002**
Fundamentos de investigación	0.018	0.014	NS
Química	-0.001	0.015	NS
Humanidades	-0.017	0.013	NS
Especialidad técnica	0.042	0.012	0.001**

B = coeficiente estimado; EE = error estándar; NS = no significativo; *** = muy significativo

Los resultados del modelo de regresión lineal multivariable analizando posibles correlaciones entre la calificación en el curso de cálculo diferencial ($n=117$) y su desempeño en el examen diagnóstico, el promedio del semestre y otras variables como autoeficacia matemática, sexo y repetición del curso de cálculo diferencial se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11: Modelo de regresión lineal multivariable usando la calificación de cálculo diferencial como variable dependiente.

Variablen independientes	B	EE	Valor p
Autoeficacia matemática	-0.178	0.516	NS
Examen de diagnóstico	1.973	0.400	< 0.001***
Sexo	-1.213	1.521	NS
Repetidor de curso	8.907	2.675	0.001**
Promedio general	1.038	0.101	< 0.001***

B = coeficiente estimado; EE = error estándar; NS = no significativo; *** = muy significativo

Los resultados del modelo de regresión binomial analizando posibles correlaciones entre la variable dicótoma de aprobar o reprobado el curso de cálculo diferencial ($n=117$) con su desempeño en el examen diagnóstico, el promedio del semestre y otras variables como autoeficacia matemática, sexo y repetición del curso de cálculo diferencial se presentan en la Tabla 12.

Tabla 12: Modelo de regresión binomial usando la variable de aprobar o reprobado el curso de cálculo diferencial como variable dependiente.

VARIABLES INDEPENDIENTES	B	EE	Valor p
Autoeficacia matemática	0.149	0.266	NS
Examen de diagnóstico	-0.557	0.237	0.018*
Sexo	-1.525	0.848	NS
Repetidor de curso	-19.31	29.555	NS
Promedio general	-0.339	0.087	< 0.001***

B = coeficiente estimado; EE = error estándar; NS = no significativo; *** = muy significativo

Los resultados del modelo de regresión binomial analizando posibles correlaciones entre la variable dicótoma del sexo ($n=117$) con su desempeño en el curso de cálculo diferencial, el examen diagnóstico, el promedio del semestre y otras variables como autoeficacia matemática y repetición del curso de cálculo diferencial se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13: Modelo de regresión binomial usando la variable del sexo de los participantes como variable dependiente.

VARIABLES INDEPENDIENTES	B	EE	Valor p
Autoeficacia matemática	0.177	0.147	NS
Examen de diagnóstico	0.123	0.129	NS
Cálculo diferencial	-0.022	0.027	NS
Repetidor de curso	-0.173	0.776	NS
Promedio general	0.031	0.041	NS

B = coeficiente estimado; EE = error estándar; NS = no significativo; *** = muy significativo

5. Discusión

La implementación de una metodología de enseñanza con enfoque STEM en las clases de matemáticas para estudiantes de ingeniería ha demostrado ser un enfoque efectivo para mejorar tanto el entendimiento de conceptos matemáticos como la aplicación práctica de estos conceptos en problemas de ingeniería (Castiblanco & Lozano, 2016). A continuación, en este capítulo se discuten los resultados del estudio, su relación con la literatura existente y sus implicaciones para la educación matemática en ingeniería.

Al observar los resultados del examen de diagnóstico presentados en la Tabla 4 se tiene una media en la calificación final de 5.14 de un total de 10 preguntas divididas en tres temas: aritmética, algebra y trigonometría; siendo trigonometría la de más bajo puntaje con 0.92 en la media. Los resultados obtenidos muestran que los estudiantes de nuevo ingreso no cuentan con las suficientes habilidades matemáticas, esta información permite hacer referencia a la necesidad de implementar una metodología de enseñanza activa con enfoque STEM que enriquezca significativamente la comprensión y aplicación de conceptos matemáticos: aritmética, algebra y trigonometría. Para ello, se recomienda a los estudiantes una estrategia didáctica basada en actividades lúdicas; este hallazgo es consistente con investigaciones que sugieren que la ludificación puede mejorar la comprensión y retención de conceptos matemáticos relacionados con la aritmética y algebra al hacer el aprendizaje más interactivo y atractivo (Bernal Párraga et al., 2024). Así mismo, los resultados del MANCOVA mostrados en la Tabla 7 analizan las diferencias entre las calificaciones del examen de diagnóstico según el sexo de los participantes. La diferencia significativa que se encontró fue en el tema de

aritmética donde el resultado de las mujeres fue notablemente menor en comparación con el de los hombres. Basándose en los resultados obtenidos y en la investigación de los métodos de enseñanza se sugiere segmentar el grupo y enfocar la estrategia de Diseño de Ingeniería. Esta estrategia tiene un efecto positivo entre los estudiantes, pues favorece el desarrollo de importantes habilidades para resolver problemas al mismo tiempo que se aplican principios de ingeniería (Gálvez & Fernando, 2017).

Posteriormente, al observar los resultados de la autoeficacia matemática que se presentan en la Tabla 6, en total se registra una media de 7.25 de un máximo de 12, separado por sexo, los hombres obtuvieron una media de 7.43 y las mujeres de 6.77. Cuando hay un nivel de autoeficacia matemática bajo en los estudiantes, por lo regular la ansiedad aumenta y su confianza hacia las matemáticas disminuye. En este caso la estrategia didáctica basada en el movimiento *Maker* sería la más adecuada debido a que en el área de matemáticas ofrece a los estudiantes la oportunidad de aplicar conceptos matemáticos en la creación de soluciones a problemas del mundo real que contribuye a que los estudiantes se sienten más motivados al experimentar la aplicación práctica y real, ya que esto les permite conectar la teoría con la práctica. Además, el movimiento *Maker* es particularmente beneficioso en nivel superior, donde los estudiantes pueden abordar problemas más complejos y multidisciplinarios. Esto los prepara mejor en los campos de la ingeniería, la tecnología, y las ciencias aplicadas, por lo que es probable que aumente su confianza en las matemáticas (Dominguez & Moncencahua, 2017). Esta estrategia se adecua al grupo de alumnos del Instituto Tecnológico de Durango, quienes, en sus primeros cursos de matemáticas, se conforman por alumnos de diferentes

carreras como: electrónica, sistemas computacionales, química, entre otros, lo que permite una diversidad de enfoques (ver Tabla 2).

Los resultados que se presentan en la Tabla 10 son del modelo de regresión lineal multivariable, muestran posibles correlaciones entre la calificación del examen de diagnóstico y su desempeño en todos los cursos del semestre. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas (valor p) en las medias de los cursos de Cálculo diferencial, Taller de ética y Especialidad técnica. De acuerdo con el resultado anterior y basado en la literatura, una estrategia didáctica donde se involucre a los estudiantes de los tres cursos mencionados sería *Design Thinking*, debido a que comienza con una fase de empatía, lo que permite comprender cómo los problemas matemáticos pueden estar relacionados con situaciones del mundo real que afectan a las personas, lo cual tiene un enfoque centrado en las personas (Avila, 2023). De ahí que la ética está sumamente involucrada, además incorpora la creación de prototipos y pruebas, que permite a los estudiantes aplicar conceptos matemáticos de manera tangible que están relacionados con su especialidad técnica.

Este estudio sugiere desarrollar una evaluación periódica de las habilidades y autoeficacia matemática de los alumnos dentro del programa del Instituto Tecnológico de Durango, con el propósito de orientar a los alumnos para que cumplan los objetivos de aprendizaje con un enfoque STEM. La incorporación de estrategias basadas en proyectos que valoren tanto el proceso como el producto final, proporcionarán una mejor comprensión de las competencias matemáticas adquiridas.

6. Conclusiones

Es importante implementar acciones para mejorar las oportunidades de los estudiantes de ingeniería, con el propósito de presentar un destacado desempeño en sus cursos de matemáticas, dado que estos cursos presentan calificaciones bajas y altos niveles de reprobación. El trabajo reveló que realizar un análisis de diagnóstico de autoeficacia y habilidades matemáticas permite aplicar una metodología de enseñanza con enfoque *STEM* adecuada para incrementar su nivel de abstracción en las matemáticas, por ejemplo: Aprendizaje Basado en Proyectos. También incorpora la estrategia didáctica más adecuada a las necesidades detectadas de los alumnos, como lo pueden ser: *Design thinking*, Diseño de ingeniería, Aprendizaje basado en el juego ó Movimiento *Maker*.

Un punto destacable en un contexto social es que de acuerdo con los resultados obtenidos de los niveles de habilidades matemáticas se revela que los estudiantes de ingeniería tienen habilidades matemáticas similares tanto en álgebra como en trigonometría sin importar su sexo. Así, las estudiantes mujeres pueden compensar cualquier desventaja de aprendizaje que pudiera existir, ya que las mujeres enfrentan estereotipos negativos, que las pueden llegar a alejar de carreras profesionales en las áreas de ingeniería (Tecnológico Nacional De México, 2024). Por tal motivo, es importante diseñar actividades que desafíen la capacidad de la estudiante para situar problemas matemáticos en un contexto real con el propósito de darse cuenta de que su desempeño académico está al mismo nivel que sus compañeros hombres; así, se incrementan las posibilidades de las estudiantes de ingeniería de terminar la carrera e involucrarse en el mundo laboral en estas áreas.

También, es normal que los estudiantes de ingeniería hallan seleccionado estas carreras porque formaron una autoeficacia matemática elevada, lo cual les hace sentirse confiados de que pueden utilizar las matemáticas para resolver todo tipo de problemas. Pero su autoeficacia matemática deja de ser un predictor de desempeño académico cuando sus habilidades matemáticas no están niveladas con su confianza para realizar actividades matemáticas con éxito. Por esta razón, es necesario diseñar actividades que permitan a los estudiantes de ingeniería utilizar sus niveles altos de autoeficacia matemática para desarrollar buenos hábitos de estudio, y así evitar incidir en un exceso de confianza que podría llevarlos a enfrentar dificultades en la comprensión de los temas en sus cursos de matemáticas, y en última instancia, reprobando el curso.

La implementación de la metodología de enseñanza con enfoque *STEM* para la mejora de habilidades matemáticas queda como una propuesta, debido a que está pensada como una estructura dentro de los planes de impartición de clase y en la construcción de los contenidos escolares. Futuros estudios deberían considerar la capacitación y el apoyo continuo a los docentes para implementar o hacer una posible mejora en el uso de dicha metodología.

7. Referencias

- Avila, F. (2023). *Design Thinking como estrategia de aprendizaje de la matemática en estudiantes de EGB superior*.
- Bandura, A. (2001). *Social cognitive theory: An agentic perspective*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bernal Párraga, A. P., Haro Cedeño, E. L., Reyes Amores, C. G., Arequipa Molina, A. D., Zamora Batioja, I. J., Sandoval Lloacana, M. Y., & Campoverde Duran, V. D. R. (2024). La Gamificación como Estrategia Pedagógica en la Educación Matemática. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(3), 6435–6465. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.11834
- Bridges, E. M., & Hallinger, P. (1996). Problem-Based Learning in Leadership Education. In *New Directions for Teaching and Learning* (Issue 68, pp. 53–61).
- Bybee, R. W. (2013). *Challenges and Opportunities The Case for Education*. National Science Teachers Association. www.nsta.org/permissions.
- Castiblanco, J., & Lozano, R. (2016). *El modelo STEM como práctica innovadora en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en las escuelas unitarias de la IED*.
- Chen, X., & Soldner, M. (2013). *STEM Attrition: College Students' Paths Into and Out of STEM Fields (NCES 2014-001)*.
- Dominguez, M., & Moncencahua, D. (2017). *Propuesta educativa del movimiento maker como herramienta para generar estrategias de aprendizaje de matemáticas*.
- Fonseca, M., & Corona, L. (2009, July 3). *Aspectos didácticos acerca de las habilidades como contenido de aprendizaje*.
- Gálvez, P., & Fernando, L. (2017, March 7). *Revista de Investigación Educativa*. 47–57.

- García, A. (2021). #Dienlínea UNIA: guía para una docencia innovadora en red. In *#Dienlínea UNIA: guía para una docencia innovadora en red.* (pp. 166–177). Universidad Internacional de Andalucía. <http://hdl.handle.net/10334/5981>
- Geisinger, B. N., & Raman, D. R. (2013). Why They Leave: Understanding Student Attrition from Engineering. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 914–925. http://lib.dr.iastate.edu/abe_eng_pubs
- Gutiérrez, M., & García, F. (2024). Aprendizaje Activo bajo el enfoque STEM y Design thinking en el área de ingenierías. In *Estrategias para la transferencia de conocimiento y la innovación educativa: Usos y aplicaciones de tecnologías innovadoras en la docencia.* (1st ed., pp. 248–663).
- Haik, Y., & Shahin, T. (2010). *Engineering design process.* Cengage Learning.
- Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2010). *Multivariate Data Analysis* (Seventh).
- Hall, J. M., & Ponton, M. K. (2005). Mathematics Self-Efficacy of College Freshman. *Journal of Developmental Education*, 28(3), 26.
- Halverson, E. R., & Sheridan, I. M. (2014). The Maker Movement in Education. In *Harvard Educational Review* (Vol. 84, Issue 4, pp. 495–504).
- Hernández, R., & Moreno, S. M. (2021). El aprendizaje basado en problemas: una propuesta de cualificación docente. *Praxis & Saber*, 12(31), e11174. <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n31.2021.11174>
- Julca-Asto, M., & Duran-Laro, K. (2022). El método Aprendizaje Basado en Problemas en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Polo Del Conocimiento: Revista Científico-Profesional*, 7(6), 2310–2321. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i6.4195>
- Latorre-Coscolluela, C., Vázquez-Toledo, S., Rodríguez-Martínez, A., & Liesa-Orús, M. (2020). Design Thinking: creatividad y pensamiento crítico en la universidad. *Revista*

Electrónica de Investigación Educativa, 22, 1–13.

<https://doi.org/10.24320/REDIE.2020.22.E28.2917>

López-Gamboa, M., Córdoda, C., & Soto, J. (2020). Educación STEM/STEAM: Modelos de implementación, estrategias didácticas y ambientes de aprendizaje que potencian las habilidades para el siglo XXI. *Latin American Journal of Science Education*, 7, 1–16. <https://www.aacademica.org/marco.lopez/7>

Maass, K., Geiger, V., Ariza, M. R., & Goos, M. (2019). The Role of Mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM - Mathematics Education*, 51(6), 869–884. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>

Martínez, A., & Rivera, J. (n.d.). *Vista de Evaluación de reactivos de opción múltiple*. Retrieved June 26, 2024, from <http://riem.facmed.unam.mx/index.php/riem/article/view/254/233>

Martínez, M. D. C. O., Rodríguez, A. V. R., Nava, M. C., Rodríguez, A. A. T., & Campos, C. A. S. (2022). El enfoque STEM y el aprendizaje de las matemáticas. *Unión-Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 18(66), 1–17.

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. In *Science Education: Vol. 103(4)* (Issue 4, pp. 799–822). Wiley-Liss Inc. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>

Morán, G., & Benson, L. (2018). Relationship of Mathematics Self-efficacy and Competence with Behaviors and Attitudes of Engineering Students with Poor Mathematics. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(3), 200–220. <https://doi.org/10.18404/ijemst.428165>

- Morán Soto, G., & Benson, L. (2019). Factores que pueden influenciar la selección de una ingeniería como carrera dependiendo de las habilidades matemáticas de los estudiantes. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 9(18), 654–682. <https://doi.org/10.23913/ride.v9i18.440>
- Multon, K., Brown, S., & Lent, R. (1991). Relation of Self-Efficacy Beliefs to Academic Outcomes: A Meta-Analytic Investigation. *Journal of Counseling Psychology*, 38(1), 30–38. <https://doi.org/10.1037/0022-0167.38.1.30>
- Peña-Calvo, J. V., Inda-Caro, M., Rodríguez-Menéndez, C., & Fernández-García, C. M. (2016). Perceived Supports and Barriers for Career Development for Second-Year STEM Students. *Journal of Engineering Education*, 105(2), 341–365. <https://doi.org/10.1002/jee.20115>
- Pérez de Albéniz, A., Fonseca, E., & Beatriz, P. (2021). *Iniciación al Aprendizaje Basado en Proyectos: Claves para su implementación*.
- Rodríguez, M. A. (2016). *Habilidades matemáticas: una aproximación teórica* (Issue 2).
- Stott, A., & Neustaedter, C. (2013). *Analysis of Gamification in Education*. Surrey, BC, Canada, 36.
- Tecnológico Nacional de México. (2021). Programa de Trabajo Anual 2021. In *Programa de trabajo anual 2021*. https://www.tecnm.mx/menu/conocenos/TecNM-PTA_2021_ConsAcad.pdf
- Tecnológico Nacional De México. (2024). *Programa de Trabajo Anual 2024*. www.tecnm.mx
- Williams, T., & Williams, K. (2010). Self-Efficacy and Performance in Mathematics: Reciprocal Determinism in 33 Nations. *Journal of Educational Psychology*, 102(2), 453–466. <https://doi.org/10.1037/a0017271>

Willier, B. (2011). Estudio de habilidades matemáticas cuando se realizan actividades usando software específico. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 27, 115–129.

Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112, 12–19.

8. Apéndices

Apéndice A. Examen de Diagnóstico

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE DURANGO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

DIAGNÓSTICO PRIMER SEMESTRE

NOMBRE DEL ALUMNO (A): _____

GRUPO: _____ ESPECIALIDAD: _____

INSTRUCCIONES: Este cuestionario es| con fines estadísticos para tener un panorama real de los conocimientos adquiridos y no dominados, durante la formación media superior. Se pide que realice su mayor esfuerzo al contestar cada una de las preguntas. No se permitirá el uso de calculadora.

1. Analice las siguientes ecuaciones, y a partir de su análisis, determine si es verdadera o falsa la respuesta a la expresión:

a) $(x + y)^2 = x^2 + y^2$ VERDADERO () FALSO ()

b) $e^{x-y} = e^x \cdot e^{-y}$ VERDADERO () FALSO ()

2. Al resolver el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned} x + 2y &= 7 \\ 2x + y &= 8 \end{aligned}$$

Las soluciones que satisfacen la ecuación son:

a) $x = 5, y = 3$ b) $x = 3, y = 2$ c) $x = 2, y = -3$ d) $x = -3, y = -2$

3. Un guardabosques que está a 200 pies de la base de un árbol de secoya, observa que el ángulo entre el suelo y la parte superior del árbol es de 60° . ¿Con cuál relación trigonométrica calcularía la altura del árbol?

a) $\text{sen } 60^\circ = \frac{\text{altura}}{200 \text{ ft}}$ b) $\text{cos } 60^\circ = \frac{200}{\text{hip}}$ c) $\text{tan } 60^\circ = \frac{\text{altura}}{200 \text{ ft}}$ d) $\text{cot } 60^\circ = \frac{200 \text{ ft}}{\text{hip}}$

4. Encuentre la ecuación de la recta que pasa por el punto A(2,-4) y es paralela a la recta $5x - 2y = 4$

a) $5x - 2y - 18$ b) $x - 2y + 18$ c) $\frac{5}{2}x + y + 9$ d) No se encuentra la solución

5. Dada la ecuación de la circunferencia $4x^2 + 4y^2 = 16$. Hallar su centro y radio.

- a) $C(0,0), r = 2$ b) $C(2,-2), r = 4$ c) $C(2,-2), r = 4$ d) $C(0,0), r = 4$

6. En notación científica: 325,000,000 se expresa:

- a) 3.25×10^{-8} b) 3.25×10^8 c) 32.5×10^{-8} d) 325×10^9

7. Une cada trinomio con su correspondiente factorización:

- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| a) $2x^2 + 11x - 21$ | k) $(x - 2)(x - 5)$ |
| b) $x^2 + 18x + 81$ | l) $(2x - 7)(2x + 7)$ |
| c) $x^2 - 7x + 10$ | m) $(x - 3)^2$ |
| d) $4x^2 - 49$ | n) $(x + 9)^2$ |
| e) $x^3 - 8y^6$ | o) $(2x - 3)(x + 7)$ |
| f) $3x^2 + 21x$ | p) $(x - 2y^2)(x^2 + 2xy^2 + 4y^4)$ |

8. Referida a la figura siguiente, uno de los casos de la ley de los cosenos se expresa como:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2(bc) \cos A. \text{ Identifique los casos faltantes:}$$



- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| a) $b^2 = a^2 + c^2 - 2(ac) \cos B,$ | $c^2 = a^2 + b^2 - 2(ab) \cos C$ |
| a) $a^2 = b^2 + c^2 - 2(bc) \cos B,$ | $c^2 = a^2 + b^2 - 2(ac) \cos B$ |
| a) $b^2 = a^2 + c^2 - 2(ac) \cos A,$ | $c^2 = a^2 + b^2 - 2(ac) \cos C$ |

9. Al descomponer en factores primos el número 225 se obtiene:

- a) $3^2 \cdot 5^2$ b) $7^1 \cdot 9^1$ c) $2^2 \cdot 3^1 \cdot 7^1$ d) $3^2 \cdot 5^1$

10. El número 11025 es un cuadrado perfecto, encontrar su raíz:

- a) 225 b) 143 c) 105 d) 205

Apéndice B. Encuesta Autoeficacia matemática

Encuesta de Matemáticas

Contestar esta encuesta será de gran ayuda para mejorar y adaptar nuestros cursos de matemáticas a las necesidades de los estudiantes. Tus respuestas no serán relacionadas con tu nombre en ningún momento, y sólo la Ing. Nilitza Itacema González García tendrá acceso a tus respuestas para su análisis.

Parte I: Indica el nivel de confianza en tus habilidades para resolver correctamente los siguientes ejercicios ("NO" tienes que resolverlos para contestar esta encuesta). Tu nivel de confianza puede ir desde 1 = "totalmente seguro de que NO puedo hacerlo" hasta 10 = "totalmente seguro de que SI puedo hacerlo"

1	Calcular los impuestos que tendrías que pagar en un año de trabajo dependiendo de tu ingreso anual (30% de ISR).	
2	Calcular cuánto interés ganarás con tu cuenta de ahorros en 6 meses, y analizar cómo ese interés es calculado.	
3	Estimar el costo total de tu mandado en tu cabeza conforme tomas los artículos.	
4	Calcular cuánto ahorrarías si hay un 15% de descuento en un artículo que deseas comprar.	

Parte II: Indica tu nivel de confianza para aprobar las siguientes materias con un 85 o más de calificación final. Tu nivel de confianza puede ir desde 1 = "totalmente seguro de que NO puedo hacerlo" hasta 10 = "totalmente seguro de que SI puedo hacerlo"

5	Cálculo Diferencial	
7	Álgebra Lineal	

6	Cálculo Integral	
8	Cálculo Vectorial	

Parte III: Indica tu nivel de confianza en tus habilidades para realizar correctamente las siguientes actividades. Tu nivel de confianza puede ir desde 1 = "totalmente seguro de que NO puedo hacerlo" hasta 10 = "totalmente seguro de que SI puedo hacerlo"

9	En cierto triángulo, el lado más corto es de 6 pulgadas, el lado más largo es el doble de largo que el más corto, y el tercer lado es 3.4 pulgadas más corto que el lado más largo. ¿Cuál es la suma de los tres lados en pulgadas?	
10	Formular el problema que debe resolverse para encontrar el número que se pide en la expresión "seis menos que el doble de $4\frac{5}{6}$ ".	
11	En cierto mapa, $\frac{7}{8}$ de pulgada representan 200 millas. ¿Qué tan separadas están dos ciudades cuya distancia de separación en el mapa es de $3\frac{1}{2}$ pulgadas?	
12	Resuelve $3\frac{3}{4} - \frac{1}{2} =$	

Parte IV: Información General

13. Sexo: Femenino Masculino 14. No. de Control: _____ 15. Edad _____

16. Especialidad (ITD) _____ 17. Estas repitiendo este curso: Si No

Apéndice C. Código en RStudio usado para los métodos estadísticos

```
### Regresión Lineal Multivaribale
```

```
model_multi <- lm(Auto_Prome ~ Auto_Materias + Auto_Actividades + Ansi_Examen +  
Ansi_Actividades + Q54_Sexo + Ansi_Prome, data=BASE)
```

```
summary(model_multi)
```

```
model_multi_corre <- lm(Auto_Prome ~ Auto_Problemas * Auto_Materias +  
Auto_Actividades + Ansi_Examen * Ansi_Actividades + Q54_Sexo + Ansi_Prome,  
data=BASE)
```

```
summary(model_multi_corre)
```

###Regresión logística Binomial

```
modelAuto_Ansi <- glm(Q54_Sexo ~ Auto_Problemas + Auto_Materias +  
Auto_Actividades + Ansi_Examen + Ansi_Actividades, family="binomial",  
data=BASE)
```

```
summary(modelAuto_Ansi)
```

```
modelAuto <- glm(Q54_Sexo ~ Auto_Problemas + Auto_Materias +  
Auto_Actividades + Auto_Prome, family="binomial", data=BASE)
```

```
summary(modelAuto)
```

```
modelAnsi <- glm(Q54_Sexo ~ Ansi_Examen + Ansi_Actividades + Ansi_Prome,  
family="binomial", data=BASE)
```

```
summary(modelAnsi)
```

```
model_binomial <- glm(QBELO ~ Q18_1 + Q18_2 + Q18_3 + Q18_5 + Q21_1,  
family="binomial", data=SEXO)
```

```
summary(model_binomial)
```

```
table(SEXO$Q27)
```

MANOVA

```
Mano_Model_Auto_Anisi <- manova (cbind(Auto_Problemas , Auto_Materias ,  
Auto_Actividades , Anisi_Examen , Anisi_Actividades , Auto_Prome , Anisi_Prome)  
~ as.factor(Q54_Sexo), data=BASE)  
summary(Mano_Model_Auto_Anisi)  
summary(Mano_Model_Auto_Anisi, test='Pillai', intercept = TRUE)  
summary.aov(Mano_Model_Auto_Anisi)
```

MANCOVA

```
Mano_Model_Auto_Anisi <- mancova (cbind(Auto_Problemas , Auto_Materias ,  
Auto_Actividades , Anisi_Examen , Anisi_Actividades , Auto_Prome , Anisi_Prome)  
~ as.factor(Q54_Sexo), data=BASE)  
summary(Mano_Model_Auto_Anisi)  
summary(Mano_Model_Auto_Anisi, test='Pillai', intercept = TRUE)  
summary.aov(Mano_Model_Auto_Anisi)
```