

Diseño e implementación de la metodología de lecciones BOPPPS aplicado a la asignatura de Investigación de Operaciones I, del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander.

Ana Sofía Cárdenas Parra

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero(a) Industrial

Director

Javier Eduardo Arias Osorio

Magister en Administración

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

A mis padres, Ana y Carlos, por creer siempre en mí, a mi hermano Jhan, por inspirarme a elegir esta carrera. Y a mis mascotas, por su compañía incondicional en cada momento.

Sofía Cárdenas.

Agradecimientos

Este proyecto no habría sido posible sin el invaluable apoyo de las personas que me han acompañado en cada paso de este proceso académico.

En primer lugar, agradezco al profesor Javier Arias, mi director de proyecto, por confiar en mí y por brindarme su tiempo y dedicación, por permitir que este trabajo se materialice en sus clases.

Su guía y disposición fueron esenciales para la implementación de este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander, mi alma mater, que no solo me ha brindado una formación profesional de calidad, sino también experiencias que me han permitido crecer personalmente.

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por estar siempre a mi lado en cada reto que enfrenté durante esta travesía.

A Karen, la primera amiga que hice en la carrera, cuyo apoyo inquebrantable desde el inicio ha sido fundamental para llegar hasta aquí.

A Julián, mi compañero de vida, por creer en mí en los momentos de duda, y por darme la confianza y el aliento necesarios para seguir adelante.

A mis amigos de toda la vida, Sol, Edgar y Amanda por su incondicionalidad.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
Cumplimiento de los objetivos	14
1. Especificaciones del proyecto.....	15
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Justificación del proyecto	15
2. Objetivos.....	17
2.1. Objetivo General.....	17
2.2. Objetivos Específicos.....	17
3. Actividades y resultados	18
4. Informe del diagnóstico inicial	19
5. Marco de Referencia	25
5.1. Marco de Antecedentes.....	25
5.2. Marco Teórico	27
6. Metodología	30
6.1. Diseño de la Metodología BOPPPS.....	30
6.1.1. Identificación de la temática.....	30
6.1.2. Selección del software de diseño.....	31
6.1.3. Diseño del material de apoyo	31

7.	Implementación de La Metodología BOPPPS.....	33
7.1.	Introducción	36
7.2.	Objetivos de aprendizaje.....	37
7.3.	Evaluación previa.....	38
7.4.	Aprendizaje participativo.....	39
7.5.	Evaluación posterior	39
7.6.	Resumen.....	40
8.	Resultados.....	40
8.1.	Resultados preliminares	41
8.2.	Resultados del análisis descriptivo	46
8.2.1.	Resultados de la fase de introducción y objetivos de aprendizaje.....	49
8.2.2.	Resultados de la fase de evaluación previa	51
8.2.3.	Resultados del foro participativo.....	53
8.2.4.	Resultados de la evaluación posterior	54
8.2.5.	Resultados de la etapa de resumen	56
8.3.	Resultados del análisis inferencial	59
8.3.1.	Análisis inferencial de la hipótesis 1	59
8.3.2.	Análisis inferencial de la hipótesis 2	60
8.4.	Resultados del análisis cualitativo	61
9.	Conclusiones.....	64

10. Recomendaciones	66
Referencias bibliográficas.....	67

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Cumplimiento de los objetivos	14
Tabla 2 Actividades y resultados.....	18
Tabla 3 Cronograma de actividades Moodle	33
Tabla 4 Indicadores iniciales.....	47
Tabla 5 Resultados de los indicadores iniciales.....	48
Tabla 6 Rúbrica proyecto final del ítem 1.....	56
Tabla 7 Rúbrica proyecto final del ítem 1.....	57
Tabla 8 Rúbrica proyecto final del ítem 3.....	58
Tabla 9 Tabla de contingencia hipótesis 1	60
Tabla 10 Tabla de contingencia hipótesis 2	60

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Horas de trabajo individual	21
Figura 2 Percepción del nivel de dificultad de la asignatura de Investigación de Operaciones I.	22
Figura 3 Causas principales por las que el estudiante considera compleja la asignatura de Investigación de Operaciones I.....	23
Figura 4 Paleta de colores	32
Figura 5 Metodología en moodle.....	35
Figura 6 Escenario del video introductorio.....	37
Figura 7 Video de objetivos de aprendizaje	38
Figura 8 Retroalimentación por pregunta	39
Figura 9 Dendrograma (5 cluster).....	43
Figura 10 Distribución estudiantes por cluster	44
Figura 11 Nube de palabras pregunta ¿Cuáles son las principales razones por las que no ha participado activamente en las actividades propuestas en Moodle (visualización de videos, quices con bonificación y foro)?	45
Figura 12 Porcentaje de estudiantes que visualizaron los videos	50
Figura 13 Resultados de los estudiantes que el video introductorio los motivó a aprender	50
Figura 14 Estudiantes que comprendieron los objetivos de aprendizaje	51
Figura 15 Ejemplo de los errores cometidos.....	52
Figura 16 Resultados de la utilidad de la evaluación previa.....	53
Figura 17 Estudiantes por sede	54
Figura 18 Respuesta incorrecta del quiz de programación lineal	55

Figura 19 Resultados de la percepción de importancia de la retroalimentación..... 56

Figura 20 Nube de palabras de las respuestas..... 62

Figura 21 Porcentaje por categorías..... 64

Lista de Apéndices

(Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS)

Apéndice A. Encuesta del diagnóstico inicial.

Apéndice B. Pruebas chi-cuadrado.

Apéndice C. Video introductorio.

Apéndice D. Video de objetivos de aprendizaje.

Apéndice E. Banco de preguntas de quiz de conocimientos previos.

Apéndice F. Banco de preguntas de quiz de programación lineal.

Apéndice G. Proyecto final.

Apéndice H. Código k-modes.

Apéndice I. Encuesta de participación.

Apéndice J. Encuesta de resultados.

Resumen

Título: Diseño e implementación de la metodología de lecciones BOPPPS aplicado a la asignatura de Investigación de Operaciones I, del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander*

Autor: Ana Sofía Cárdenas Parra**

Palabras Clave: BOPPPS, Investigación de Operaciones, moodle, aprendizaje.

Descripción: El presente proyecto se enfoca en el diseño e implementación de la metodología BOPPPS (Bridge-in, Objective, Pre-test, Participatory Learning, Post-test, Summary) a través de la plataforma moodle en la asignatura de Investigación de Operaciones I ofertada por el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander, con el propósito de mejorar el aprendizaje de los estudiantes. La metodología BOPPPS se elige para abordar estas dificultades, donde se siguen 6 fases: introducción, objetivos, evaluación previa, aprendizaje participativo, posevaluación y resumen. La introducción se aborda con la visualización de videos preliminares de la temática a través de la plataforma moodle con el propósito de generar interés y motivar a los estudiantes, seguido de la definición de los objetivos de aprendizaje. Se realiza una evaluación preliminar para identificar falencias en conocimientos previos requeridos en la asignatura. La fase de participación se aborda a través de un foro en moodle. Posteriormente, se lleva a cabo una evaluación posterior para determinar el progreso de los estudiantes en la asignatura, contrastando los resultados con la evaluación preliminar. Finalmente, se ofrece una sesión de resumen en moodle que se promueve mediante un proyecto de investigación para aplicar los conocimientos adquiridos en un contexto real de operaciones.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios industriales y Empresariales.
Director: Javier Eduardo Arias Osorio. Magister en Administración.

Abstract

Title: Design and Implementation of the BOPPPS Lesson Methodology Applied to the Operations Research I subject offered by the Industrial Engineering Program at the Universidad Industrial de Santander*

Author: Ana Sofía Cárdenas Parra**

Keywords: BOPPPS, Operations Research, moodle, learning

Description: This project focuses on designing and implementing the BOPPPS methodology (Bridge-in, Objective, Pre-test, Participatory Learning, Post-test, Summary) using the moodle platform in the Operations Research I subject offered by the Industrial Engineering program at the Universidad Industrial de Santander. The aim is to improve student learning. The BOPPPS methodology is chosen to address these challenges, following six phases: introduction, objectives, pre-test, participatory learning, post-test, and summary. The introduction involves watching preliminary videos on moodle to generate interest and motivate students, followed by defining learning objectives. A preliminary assessment identifies gaps in prerequisite knowledge. The participatory learning phase is conducted via a moodle platform. A post-test then determines student progress, comparing results with the preliminary assessment. Finally, a summary session on moodle is promoted through a research project to apply the acquired knowledge in a real-world operations context.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios industriales y Empresariales.
Director: Javier Eduardo Arias Osorio. Magister en Administración.

Introducción

El presente trabajo tiene como propósito diseñar e implementar la metodología de lecciones BOPPPS a través de la plataforma moodle, para la asignatura de Investigación de Operaciones I, con el fin de fortalecer el aprendizaje de los estudiantes, esta metodología se pretende aplicar a los estudiantes de Investigación de operaciones I del semestre 2024-2.

La asignatura de Investigación de Operaciones I se presenta como un desafío para muchos estudiantes, quienes enfrentan dificultades debido a la complejidad de los temas abordados, las falencias en conocimientos previos de cálculo y álgebra, requeridos en Investigación de Operaciones I y la falta de compromiso por parte del estudiante. El diagnóstico realizado reveló que gran parte de los estudiantes dedican menos tiempo del sugerido al estudio individual, y perciben la asignatura como difícil. El análisis inferencial realizado, evidencia que aquellos con conocimientos previos en cálculo y álgebra tienen mayores probabilidades de aprender. Asimismo, se destaca que, aunque los estudiantes consideren haber aprendido de forma significativa, no necesariamente se sienten capaces de plantear modelos matemáticos, siendo este uno de los indicadores de aprendizaje claves en la asignatura. En este contexto, se plantea el presente proyecto, que busca fomentar el aprendizaje de la asignatura de Investigación de Operaciones I, mediante la implementación de la metodología BOPPPS, apoyándose del aula virtual de aprendizaje moodle y de material visual auditivo, fomentando el uso de las TIC.

Cumplimiento de los objetivos

Tabla 1*Cumplimiento de los objetivos*

Objetivos	Capítulo
Efectuar un diagnóstico del aprendizaje alcanzado por los estudiantes que aprobaron la materia de Investigación de Operaciones I.	3
Realizar una revisión bibliográfica de naturaleza narrativa sobre la implementación de la metodología BOPPPS.	4
Diseñar e implementar la metodología de lecciones BOPPPS en la asignatura de Investigación de Operaciones.	5
Recopilar y analizar los resultados de aprendizaje alcanzado por los estudiantes con la implementación de la metodología BOPPPS.	6

1. Especificaciones del proyecto

1.1. Planteamiento del problema

La asignatura de Investigación de Operaciones resulta ser una de las más complejas para los estudiantes de ingeniería industrial debido a que requiere de conocimientos previos. Según la investigación de Maciejewski et al. (2017), el enfoque tradicional del plan de estudios de Ingeniería presenta limitaciones debido a la separación temporal y contextual entre diferentes cursos, lo que dificulta a los estudiantes establecer conexiones entre conceptos fundamentales y problemas del mundo real. Solo el 60% de los estudiantes que recién cursaron la asignatura de Investigación de Operaciones I se sienten capaces de representar una situación empresarial a través de un modelo matemático, siendo este uno de los principales indicadores de aprendizaje. Los inconvenientes ocasionados por la falta de conocimientos previos se pretenden superar con el componente de evaluación previa del modelo BOPPPS.

1.2. Justificación del proyecto

El Ingeniero Industrial puede ser visto como el agente gestor del mejoramiento de la productividad. Sus esfuerzos se dirigen a implementar el mejor proceso de producción, a través del diseño de sistemas integrados que involucran los aspectos más importantes de una empresa tales como: los empleados, los materiales utilizados, la información, los equipos incluyendo las nuevas tecnologías, y por supuesto la energía disponible (IIE, 2009, p.1).

De acuerdo con la definición de ingeniería industrial por parte del instituto de ingenieros industriales es evidente la importancia de la Investigación de Operaciones en la ingeniería industrial dado que los métodos de Investigación de Operaciones se pueden encontrar en todo tipo

de organización industrial, desde la fabricación hasta la distribución, el transporte y otros tipos de logística y servicios, por lo que debe ser una competencia primordial en el perfil de un ingeniero industrial. Sin embargo, es indispensable realizar cambios en la asignatura de Investigación de Operaciones para trabajar en las limitaciones presentadas a causa de los conocimientos previos, por esto, se propone la implementación del modelo BOPPPS, desarrollado por Wiggins y McTighe, que abarca elementos clave como Introducción, Objetivo, Evaluación previa, Aprendizaje participativo, Evaluación posterior y Resumen. Este modelo fue evaluado por Jing (2023), quien encontró que la estrategia de enseñanza BOPPPS mejora el aprendizaje autónomo y la participación de los estudiantes. Además, se pretende incentivar el uso de Moodle para fomentar el uso de las TIC, ya que Montero y Zarta (2020) afirman que el uso de las TIC en la enseñanza de materias que incluyen Investigación de Operaciones ayuda significativamente a los estudiantes a comprender el concepto y en el presente caso, el 49,1% de los estudiantes encuestados señaló que ocasionalmente se hacía uso de paquetes computacionales y TIC'S en la asignatura de Investigación de Operaciones I.

Por consiguiente, se propone este modelo para fomentar el aprendizaje, siendo un aporte en la pertinencia práctica, pues se pretende superar las limitaciones ocasionadas por los conocimientos previos, pues solo el 60% de los estudiantes que recién cursaron la asignatura de Investigación de Operaciones I, se sienten capaces de representar una situación empresarial a través de un modelo matemático, siendo este uno de los principales indicadores de aprendizaje. Con un nivel de confianza del 95% se encontró que, los estudiantes que tienen conocimientos previos en cálculo y álgebra tienen un 92% de probabilidad de adquirir conocimientos en Investigación de Operaciones I.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Diseñar e implementar la metodología de lecciones BOPPPS a través de la plataforma MOODLE para la asignatura de Investigación de Operaciones I con el fin de fortalecer el aprendizaje de los estudiantes.

2.2. Objetivos Específicos

Efectuar un diagnóstico del aprendizaje alcanzado por los estudiantes que aprobaron la materia de Investigación de Operaciones I.

Realizar una revisión bibliográfica de naturaleza narrativa sobre la implementación de la metodología BOPPPS.

Diseñar e implementar la metodología de lecciones BOPPPS en la asignatura de Investigación de Operaciones.

Recopilar y analizar los resultados de aprendizaje alcanzado por los estudiantes con la implementación de la metodología BOPPPS.

3. Actividades y resultados

Tabla 2

Actividades y resultados

Objetivo	Actividades	Resultados
Efectuar un diagnóstico del aprendizaje alcanzado por los estudiantes que aprobaron la materia de Investigación de Operaciones I.	Identificar competencias a evaluar de un estudiante que ha aprobado recientemente el curso de Investigación de Operaciones I. Elaborar un instrumento para recolección de datos. Diligenciamiento del instrumento por parte de los estudiantes de ingeniería industrial quienes aprobaron el curso de Investigación de Operaciones I. Análisis estadístico de resultados.	Informe de los resultados del diagnóstico de aprendizaje alcanzado por los estudiantes que aprobaron la asignatura de Investigación de Operaciones I.
Realizar una revisión bibliográfica de naturaleza narrativa sobre la implementación de la metodología BOPPPS.	Definir especificaciones del material bibliográfico (periodo de tiempo, ecuación de búsqueda y base de datos). Recopilar el material bibliográfico que se adecue a las especificaciones identificadas Elaborar un informe con los hallazgos principales del material bibliográfico.	Informe de la revisión de literatura.
Diseñar e implementar la metodología de lecciones BOPPPS en la asignatura de Investigación de Operaciones.	Identificar la temática en la que se va a implementar la metodología. Diseñar y adecuar la metodología BOPPPS en la temática identificada. Implementar la metodología en el curso de Investigación de Operaciones I.	Material audiovisual para apoyar la implementación de la metodología BOPPPS. Informe con la descripción detallada de la implementación de la metodología BOPPPS en la asignatura de Investigación de Operaciones I.
Recopilar y analizar los resultados de aprendizaje alcanzado por los	Elaborar un instrumento para recolección de los resultados.	Libro con las fases del proyecto documentadas.

estudiantes con la implementación de la metodología BOPPPS.	Recolección y análisis de los resultados obtenidos.
---	---

4. Informe del diagnóstico inicial

Inicialmente, antes de realizar el análisis cuantitativo se realizó una investigación de naturaleza exploratoria de observación y 5 entrevistas no estructuradas en las horas de tutoría de Investigación de Operaciones I para conocer la percepción de los estudiantes sobre la asignatura de Investigación de Operaciones I y evaluar de manera indirecta los indicadores de aprendizaje, enunciados en el plan del curso, los cuales fueron seleccionados para evaluar las competencias que debía tener un estudiante que aprobó el curso de Investigación de Operaciones I, en el análisis cualitativo se encontró que los estudiantes que recién estaban cursando la asignatura, no tenían un método adecuado de estudio pues no entendían gran parte del curso de Investigación de Operaciones I, incluso no tenían conocimientos sólidos en cálculo ni álgebra, por lo que, interpretar y desarrollar uno de los problemas trabajados en clase les resultaba complicado. Los estudiantes entrevistados mencionaron que la preocupación por reprobar Investigación de Operaciones I, se aliviaba a finales del curso, pues no se volvía a evaluar modelamiento matemático, sino el desarrollo manual de las heurísticas, ya que, modelamiento matemático no les quedaba tan claro como las demás temáticas, así mismo, mencionaron que, conceptos básicos aprendidos en cálculo y álgebra no los recordaban, pues se aprendieron hace más de 2 años, en esta etapa del diagnóstico se plantearon las siguientes hipótesis:

H1: Un estudiante que cursó Investigación de operaciones I después de 6 semestre, tiene menores probabilidades de aprender.

H2: Un estudiante con conocimientos previos en cálculo y álgebra tiene más probabilidades de aprender Investigación de Operaciones I, que un estudiante que no tiene estos conocimientos.

H3: La mayoría de los estudiantes que cursan Investigación de Operaciones 1 no son capaces de representar una situación empresarial a través de un modelo matemático.

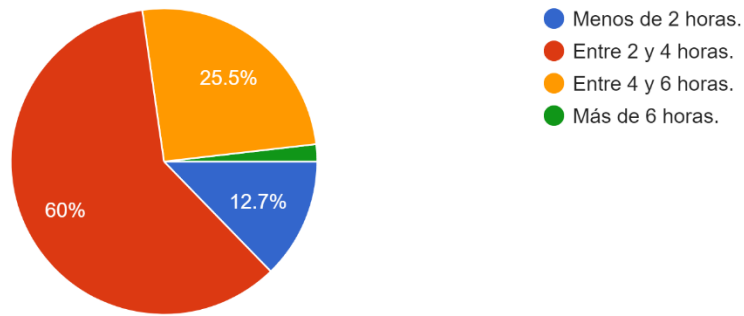
Teniendo en cuenta las hipótesis planteadas por los resultados obtenidos en la etapa anterior, se aplica un muestreo no probabilístico, por conveniencia, dirigido a los estudiantes matriculados en Investigación de Operaciones II con la finalidad de evaluar dichas hipótesis cuantitativamente y evaluar nuevamente el indicador de aprendizaje relacionado con modelamiento matemático, la encuesta se dirigió a este segmento porque son estudiantes que recién aprobaron el curso de Investigación de Operaciones I, esto para reducir el sesgo del diagnóstico, pues son quienes recuerdan mejor su experiencia en el curso a diferencia de un estudiante que curso la asignatura hace más de 2 semestres, en total se recolectaron 57 respuestas, de las que se analizaron 55, ya que, 2 de los encuestados mencionaron haber cursado la asignatura de Investigación de Operaciones I hace más de 2 semestres. La encuesta se encuentra en el Apéndice A

Conforme con el análisis descriptivo de los datos, como se muestra en la Figura 1, el 72,7% de los estudiantes le dedicaban 4 horas o menos, semanalmente de trabajo individual a la asignatura, siendo 6 horas semanales de trabajo individual, sugeridas en el programa. Este resultado respalda uno de los resultados de la parte cualitativa, pues se muestra que no existe un adecuado plan de estudio individual en la mayoría de los estudiantes.

Figura 1*Horas de trabajo individual*

3. ¿Cuántas horas a la semana le dedicaba al estudio fuera de clase de la asignatura de Investigación de Operaciones I?

55 respuestas



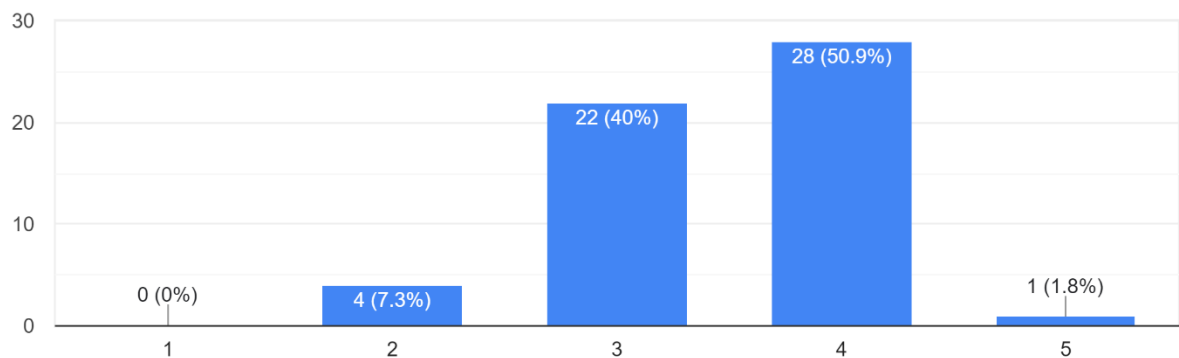
Con relación a la percepción de los estudiantes sobre la complejidad de la asignatura de Investigación de Operaciones I, como se puede evidenciar en la Figura 2 donde se les pidió a los estudiantes encuestados que posicionaran la asignatura de Investigación de Operaciones I de acuerdo a su nivel de complejidad, en una escala de 1 a 5, donde 1 es muy fácil y 5 muy difícil, se puede evidenciar que, el 50, 9% de los estudiantes ubicaron a la asignatura de Investigación de Operaciones I en la categoría 4 y el 40% en la categoría 3, estos resultados reflejan que, Investigación de Operaciones I es percibida por la mayoría de estudiantes como una asignatura compleja.

Figura 2*Percepción del nivel de dificultad de la asignatura de Investigación de Operaciones I*

6. ¿Cómo calificaría el nivel de dificultad de la asignatura de Investigación de Operaciones I?

Califique de 1 a 5, siendo 1 muy fácil y 5 muy difícil.

55 respuestas

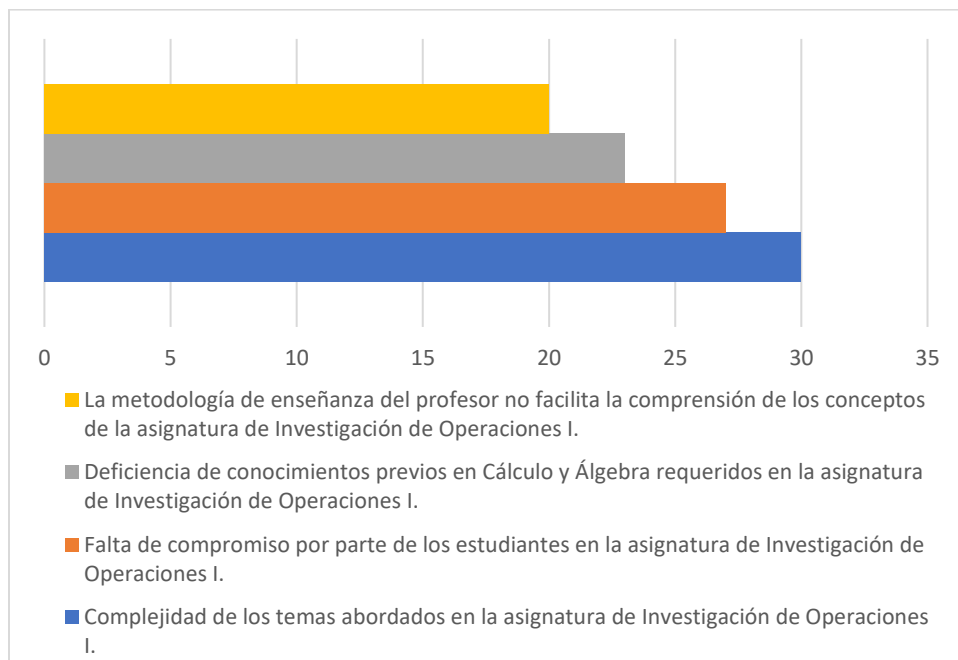


La complejidad de la asignatura de Investigación de Operaciones I inicialmente se tenía como una de las hipótesis, por lo que, se les preguntó a los estudiantes encuestados que seleccionaran las posibles causas por las que ellos o los demás estudiantes perciben la asignatura de Investigación de Operaciones compleja, se halló que el 87% de los estudiantes encuestados consideran que, la asignatura de Investigación de Operaciones I resulta difícil, debido a las siguientes razones: complejidad de los temas abordados en la asignatura de Investigación de Operaciones I; falta de compromiso por parte de los estudiantes en la asignatura de Investigación de Operaciones I; deficiencia de conocimientos previos en Cálculo y Álgebra requeridos en la asignatura de Investigación de Operaciones I y la metodología de enseñanza del profesor no facilita la comprensión de los conceptos de la asignatura de Investigación de Operaciones I. En la Figura 3, se muestra en orden jerárquico las causas por las que Investigación de Operaciones I resulta compleja para los estudiantes, dentro de las causas seleccionadas, se encuentran problemáticas que se pueden abordar con la metodología BOPPPS apoyándose del aula virtual moodle, pues se

pretende superar las falencias en conocimientos previos, mejorar la metodología de enseñanza, y así mismo, incentivar al estudiante a aprender, para que no le resulte compleja la asignatura de Investigación de Operaciones I.

Figura 3

Causas principales por las que el estudiante considera compleja la asignatura de Investigación de Operaciones I



Conforme con el análisis inferencial, se realizó la prueba de chi-cuadrado pues es una herramienta estadística que permite evaluar si hay una conexión entre diferentes variables categóricas. Esta prueba compara las frecuencias observadas en los datos con las frecuencias esperadas bajo la hipótesis nula de independencia. Si la diferencia entre ambas frecuencias es suficientemente grande, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe una asociación estadísticamente significativa. El estadístico de prueba se distribuye aproximadamente como una chi-cuadrado, lo que permite determinar la probabilidad de obtener los datos observados si la

hipótesis nula fuera cierta (Field, 2018). En el presente proyecto se realizaron 3 pruebas de Ji cuadrado con un nivel de confianza del 95%, para determinar si existía alguna relación entre las variables: semestre en el que el estudiante cursó la asignatura de Investigación de Operaciones I con la variable del aprendizaje del estudiante, con el propósito de determinar si un estudiante que había cursado la asignatura de Investigación de Operaciones I después de 6 semestre se había visto afectado su conocimiento adquirido, sin embargo, el estudio realizado rechazó la hipótesis 1, pues se evidenció que el semestre en que se cursa la asignatura de Investigación de Operaciones I no influye sobre el aprendizaje del estudiante.

Del mismo modo, se puso a prueba la hipótesis 2, que enuncia la relación de las variables de conocimientos previos en cálculo y álgebra con la de conocimientos adquiridos, en efecto se acepta esta hipótesis, pues un estudiante que tenía conocimientos previos en cálculo y álgebra requeridos en la asignatura de Investigación de Operaciones I, tuvo mayores probabilidades en adquirir conocimientos, siendo del 92% la probabilidad de que un estudiante con conocimientos previos aprenda en la asignatura de Investigación de Operaciones I.

Por último, con el objetivo de evaluar la hipótesis 3, se buscó si existía relación entre la variable de la capacidad para representar situaciones reales de condiciones empresariales a través de modelos matemáticos, con la variable de conocimientos adquiridos, se encontró que, un estudiante que considera que aprendió de forma significativa en la asignatura de Investigación de Operaciones I, no necesariamente puede plantear un modelo matemático, en este hallazgo se refleja que, el estudiante aprendió las demás temáticas abordadas en el curso, pero solo el 60% considera que es capaz de representar una situación empresarial a través de un modelo matemático, siendo este uno de los 4 indicadores de aprendizaje en la asignatura. El resultado del procedimiento de las pruebas Chi cuadrado se encuentra en el apéndice B.

5. Marco de Referencia

La búsqueda del marco de antecedentes se llevó a cabo en el repositorio de la Universidad Industrial de Santander y en la plataforma Unired, aplicando filtros para publicaciones a partir del año 2019, centradas en la modalidad de prácticas docentes y su aplicación en asignaturas de ingeniería. Para el marco teórico, se utilizó la base de datos Scopus, empleando la ecuación de búsqueda: "BOPPPS" AND "teaching methodology" AND "Operations Research" AND "MOODLE".

5.1. Marco de Antecedentes

Los trabajos de Pérez y Agamez (2023) y Guerrero (2024) se centró en el desarrollo de herramientas de aprendizaje basadas en tecnologías de información y comunicación (TIC) para mejorar el aprendizaje de asignaturas de la carrera de ingeniería. Pérez y Agamez se enfocaron en el diseño de una herramienta para mejorar la práctica del reactor electroquímico en el Laboratorio de Procesos II, en su metodología siguieron 3 etapas, la primera etapa, la cual tuvo el nombre de preliminares, inició por recopilar información sobre reactores electroquímicos, así como los fundamentos necesarios para el desarrollo de la práctica, y seguidamente diseñaron e implementaron una evaluación de conocimientos previos dirigido a los estudiantes para evaluar los conocimientos que debe de tener un estudiante que está próximo a realizar la práctica de reactor, esta fase de la primera etapa guarda relación con la metodología BOPPPS, debido a que, en el proceso también se considera evaluar los conocimientos previos del estudiante, requeridos en la asignatura de Investigación de Operaciones I; la segunda etapa, la cual fue llamada como diseño del manual, se realizó una revisión del manual del laboratorio del reactor existente, con el propósito de encontrar falencias y corregirlas; la tercera, y última etapa, consistió en diseñar la herramienta

virtual, en esta etapa, se seleccionó el software que mejor se ajustara según sus requerimientos, para seguidamente, desarrollar el material e incorporarlo en moodle

, la etapa dio cierre con la recolección y análisis de los resultados de una encuesta de satisfacción, dirigida a los estudiantes que probaron dicha herramienta. Por otro lado, Guerrero, buscó mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Hidráulica de Canales de la Escuela de Ingeniería Civil. Conforme con su metodología, se siguieron 3 etapas, en primer lugar, se realizó la revisión de literatura y se identificaron las necesidades y mejoras del material del curso de Hidráulica de Canales; la segunda etapa, estuvo comprendida por el diseño de objetos de enseñanza-aprendizaje, donde se adaptaron ejercicios, por último; la tercera etapa consistió en desarrollar los objetos de enseñanza-aprendizaje recién diseñados, esta etapa culmina con la recolección de resultados. Ambos trabajos resultan similares al presente proyecto, pues se elaboró material visual y auditivo, y seguidamente se implementó en la plataforma moodle, siendo aspectos clave que se relacionan con una de las etapas de la metodología BOPPPS. Una contribución importante para el presente proyecto es la herramienta que se empleó para la elaboración del Objeto virtual de aprendizaje (OVA) en ambos proyectos, la cual fue Genially, debido a que, es un software en línea de uso libre, que permite la creación de elementos audio visuales de forma sencilla. Los resultados obtenidos en ambos proyectos indicaron la posibilidad de fortalecer las competencias de los estudiantes, lo que sugiere el mejoramiento del rendimiento estudiantil en la asignatura que se intervino.

Díaz y Gutiérrez (2019) se enfocaron en sistematizar las estrategias utilizadas por los docentes del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Santander (UNDES) en los procesos de docencia, investigación y extensión. La metodología seguida en el proyecto se compuso de 3 etapas, donde la primera etapa, fue la identificación de estrategias, en esta etapa, se

creó el instrumento de entrevistas no estructuradas y se aplicaron con el propósito de recolectar las estrategias empleadas por los docentes en Ingeniería Industrial. La segunda etapa, se caracterizaron dichas estrategias, en esta parte, se sistematizó la información, para ser evaluada y analizada. Por último, en la tercera etapa, se validó la información, donde se realizó una socialización y reflexión de los resultados. Entre los aspectos evaluados, se encontró un componente crucial: los conocimientos previos. Dentro de las estrategias empleadas para fortalecer estos conocimientos en los estudiantes, se destacan las preguntas contextualizadas con el tema a tratar y las actividades de conexión. La relevancia de este estudio para el presente proyecto radica en que, ambos se desarrollan en el mismo programa académico. Además, su contribución está vinculada a las estrategias que los docentes implementan para fortalecer los conocimientos previos, un aspecto central dentro de la metodología BOPPPS, donde se busca evaluar el nivel de conocimientos previos del estudiante, y adaptar las sesiones de clase según las necesidades del grupo, en el curso de Investigación de Operaciones I, es necesario que el estudiante domine la temática de cálculo y álgebra, tal como funciones, planteamiento de ecuaciones, conceptos como variable, parámetros, y razonamiento matemático.

5.2. Marco Teórico

En la educación moderna, la enseñanza comúnmente está guiada por una teoría de enseñanza BOPPPS que es la abreviatura de Introducción, Objetivos, Evaluación previa, Aprendizaje participativo, Posevaluación y Resumen. Fue introducido por primera vez en Canadá por Douglas Kerr de la Universidad de Columbia Británica y ha sido desarrollado recientemente en la educación en China (Yang et al. 2019).

La introducción es la fase inicial de la metodología, se utiliza una presentación en la clase para atraer la atención de los estudiantes, generar una fuerte motivación y generar interés para

profundizar en el aprendizaje del contenido, seguidamente está el objetivo de aprendizaje y tiene la función de orientar, para que los estudiantes puedan comprender claramente el contenido de una lección y sus resultados de aprendizaje (Cui, 2019). La fase de preevaluación revisa los conceptos previos que los estudiantes ya tienen sobre el curso y determina el punto de partida del aprendizaje, mientras que el aprendizaje participativo, la cuarta fase hace hincapié en la interacción entre estudiantes y compañeros y/o profesores, lo que estimula entusiasmo e interés de los estudiantes y un aprendizaje activo (Cui, 2019). La evaluación posterior permite que los profesores y los estudiantes entiendan el grado en que han cumplido con los objetivos de aprendizaje y la última fase, que es resumen brinda a los alumnos la oportunidad de recapitular sobre lo que han aprendido (Lou et al. 2014). Las seis fases forman un paso de enseñanza coherente, sistemático y operativo. El núcleo del modelo está en la forma de centrarse en el estudiante y participar en la interacción para lograr el objetivo de enseñanza (Shang y Liu, 2018).

MOODLE (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), en español Entorno de Aprendizaje Dinámico Modular Orientado a Objeto, es un sistema diseñado para la creación y administración de cursos virtuales caracterizado por ser software libre (Pérez Díaz y Aguilar Colorado, 2020). Al explorar el entorno de la plataforma se observa sistemáticamente el orden cronológico con el que cuenta para garantizar un trabajo eficiente, por tanto, es favorable trabajar en el gestor de aprendizaje MOODLE (Valenzuela Zambrano y Pérez Villalobos, 2013). De este modo, MOODLE resulta ser una herramienta valiosa para el apoyo de aplicaciones de modelos de aprendizaje. En el presente proyecto, de acuerdo al modelo BOPPPS el diseño de las fases de introducción, objetivos de aprendizaje y evaluación previa, es necesario llevar a cabo un diseño de calentamiento, donde se diseñan algunos contenidos que pueden despertar la motivación y la atención de los estudiantes en el aprendizaje, y permitirles entrar directamente en la etapa de

preparación, en el aula virtual moodle, se publican los objetivos de aprendizaje, así mismo, videos introductorios y otros recursos didácticos, para que los estudiantes puedan saber qué aprenderán y dominarán, qué tipo de habilidades alcanzarán y qué tipo de formación tendrán. Una vez que los estudiantes hayan completado la "orientación" correspondiente, completarán algunos ejercicios, donde se evalúen conocimientos previos y realizarán la prueba previa correspondiente, para facilitar que el docente comprenda la situación de aprendizaje de los estudiantes en esta etapa y ajuste la enseñanza (Investigación sobre la enseñanza semipresencial de informática básica y de aplicaciones, 2020).

La Investigación de Operaciones constituye una serie de técnicas matemáticas de optimización, donde se deben tener en cuenta tres tipos de conocimiento: el procedimental (analizar un sistema, seleccionar y formular un modelo, ejecutar un algoritmo, implementar la solución, validar), el declarativo (conocer la historia de la Investigación de Operaciones, definiciones básicas, propiedades, conceptos, relaciones, principios, teoremas), y el condicional (cuándo y por qué analizar sistemas, cuándo y por qué utilizar programación lineal u otra técnica) (Navazio et al., 1998); y para lograr un aprendizaje profundo, según este autor, se requiere del desarrollo de técnicas de aprendizaje activo, que promuevan la creación de oportunidades que potencien los tres tipos de conocimiento. El aprendizaje activo es una de las metodologías que diferentes autores proponen, desde hace casi 3 décadas atrás, para mejorar el proceso de aprendizaje de la Investigación de Operaciones. El aprendizaje activo también motiva a cambiar el nivel de responsabilidad del docente, generándole más espacios de interacción al estudiante, y, por ende, incrementa su participación como rol activo en la educación (Cochran, 2009).

La Investigación de Operaciones es la aplicación, por grupos interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas a fin

de que se produzcan las soluciones que mejor sirvan a los objetivos de toda organización (Moore et al., 1969). Los modelos permiten evaluar posibles escenarios y focalizar el análisis en determinados aspectos de forma ágil y directa, constituyendo así una herramienta crítica para el soporte a la toma de decisiones (Jacobs y Chase, 2009). Los procedimientos de Investigación de Operaciones agregan valor al esquema colaborativo de las cadenas de suministro y hacen más competitivo el sector involucrado. Por lo que, un ingeniero industrial requiere tener conocimientos sólidos en la Investigación de Operaciones, de este modo, contribuir en el crecimiento y competitividad de las organizaciones.

6. Metodología

6.1. Diseño de la Metodología BOPPPS

6.1.1. Identificación de la temática

Se seleccionó la programación lineal como tema para la implementación de la metodología BOPPPS, con un enfoque en el planteamiento de problemas de programación lineal. Esta elección se basa en los resultados del diagnóstico realizado, el cual reveló que solo el 60% de los estudiantes que cursaron el curso de Investigación de Operaciones I durante los semestres del año 2023 se considera capaz de representar una situación empresarial mediante un modelo matemático. Se cree que esto se debe a que los estudiantes no interpretan correctamente los problemas de modelamiento matemático, basando su método de solución en la identificación de similitudes e imitación de procedimientos, en lugar de adquirir una comprensión profunda de los conceptos matemáticos.

La elección de la programación lineal también se justifica por su amplia aplicabilidad en diversos campos y su papel fundamental en la toma de decisiones óptimas. Como lo afirma (Hillier

y Lieberman 2010), La programación lineal es un instrumento clave para encontrar las mejores soluciones a problemas complejos. Esta técnica permite modelar y resolver una gran variedad de problemas reales, desde la planificación de la producción hasta la gestión de la cadena de suministro.

6.1.2. Selección del software de diseño

El material visual y auditivo fue creado utilizando diversas herramientas especializadas. Para el desarrollo del video introductorio, se empleó *CoSpaces Edu*, un software elegido por su interfaz sencilla, intuitiva y accesible en línea. La generación de la voz se realizó a través de la plataforma de inteligencia artificial *Narakeet*, que ofrece opciones para seleccionar el acento, idioma y género de la voz, permitiendo así una personalización acorde a las necesidades del proyecto. La edición de los videos se llevó a cabo en *CapCut*, un software gratuito que se destaca por su simplicidad y por ofrecer una amplia gama de herramientas de edición, ideales para crear contenido visualmente atractivo. Finalmente, la creación de imágenes y gráficos se realizó en *Canva*, una plataforma reconocida por su facilidad de uso y su variedad de plantillas, lo que permitió diseñar elementos visuales de alta calidad para complementar el material.

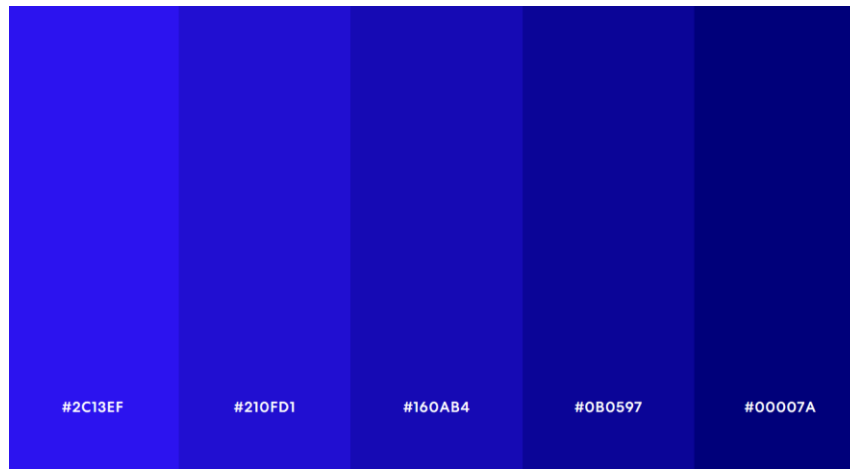
6.1.3. Diseño del material de apoyo

En primer lugar, se seleccionó la paleta de colores que se muestra en la Figura 4 para el desarrollo del material visual, asegurando una coherencia estética en todos los elementos gráficos subidos en la plataforma moodle. Como lo señala Heller (2016), "los colores tienen un profundo impacto en nuestras emociones y percepciones" (p. 25). Por ello, se ha optado por una paleta de tonos azules, asociados comúnmente con la calma, la confianza y la concentración. Estudios como los de Mehta y Zhu (2009) sugieren que el color azul puede mejorar la realización de tareas cognitivas que requieren atención sostenida, lo que favorece la retención de información. Además,

Hartmann y Siegrist (2008) encontraron que el color azul puede reducir la ansiedad y mejorar el estado de ánimo, creando un ambiente de aprendizaje más relajado y propicio para la concentración.

Figura 4

Paleta de colores



La elaboración de los videos introductorios inició con la selección de problemas empresariales que aborda la Investigación de Operaciones I, el escogido fue un problema de producción pues es uno de los que mayor relevancia y aplicabilidad tienen en el contexto empresarial. Seguido de esto, se montó el escenario y el guion. La importancia del video resulta de su naturaleza emotiva que busca captar el interés de los estudiantes al mostrarles cómo las herramientas y técnicas que aprenderán en el curso pueden ser aplicadas en situaciones reales.

El material evaluativo fue diseñado en función de las necesidades específicas del grupo, pues tras un diagnóstico inicial se identificó una deficiencia en los conocimientos previos. Este quiz de conocimientos previos tenía como objetivo medir el nivel de conocimientos en habilidades adquiridas en cursos pasados,

La evaluación final se basó en los resultados obtenidos en la evaluación previa, permitiendo medir el progreso de los estudiantes en la programación lineal.

7. Implementación de La Metodología BOPPPS

La implementación de la metodología BOPPPS se adaptó con la programación de las clases del curso, como se observa en la Tabla 3, en el caso del video introductorio y los objetivos de aprendizaje se programaron al inicio del curso, pues se realizaron en simultaneo con la realización de la tarea que consistía en averiguar la definición y aplicaciones de la Investigación de Operaciones I. Seguido de la actividad se programó el quiz de conocimientos previos, donde obtenían bonificación sobre el taller de clase 1, este quiz se cerraba antes de la clase en la que se presentó la temática de programación lineal. Durante esa semana se abrió el foro participativo en moodle, donde los estudiantes podían compartir sus dudas antes de realizar el quiz de programación lineal, con el que obtenían bonificación sobre el taller de clase 5. Por último, respecto a la metodología, se programó el proyecto opcional con opción de reemplazo del taller de clase 3.

Finalmente, se realizó una encuesta a los estudiantes con el objetivo de recabar sus opiniones y realizar un análisis final de los resultados obtenidos.

Tabla 3

Cronograma de actividades Moodle

Fecha	Programación clases	Actividades metodología BOPPPS
-------	---------------------	--------------------------------

12 de agosto	Generalidades del curso Investigación de Operaciones I (Tarea: Averiguar sobre qué es y para qué la IO en ingeniería industrial).	Visualización de videos introductorios y objetivos de aprendizaje de Investigación de Operaciones I
14 de agosto	Unidad 1. Mapa de conceptos sobre investigación de operaciones. Discusión sobre usos de IO en ingeniería industrial.	
Festivo		Presentación del quiz de conocimientos previos en Moodle (bonificación sobre el Taller de Clase 1)
21 de agosto	Unidad 1. Modelamiento de problemas de PL	Apertura del foro participativo en Moodle
26 de agosto	Unidad 1. Modelamiento de problemas de PLE Modelo Producción e Inventarios con varios productos, varias plantas y varios periodos	
28 de agosto	Unidad 2. Solución de modelos de PL usando Método gráfico	
2 de septiembre	Unidad 2. Solución de modelos de PL usando Método gráfico Unidad 2. Casos de Región factible.	Presentación del quiz de programación lineal en Moodle (bonificación sobre el taller 5).
4 de septiembre	Unidad 2. Análisis de sensibilidad Taller en clase 1. Modelamiento matemático	Realización proyecto opcional (Opción de reemplazo del taller de clase 3)
9 de septiembre	Método simplex – Ejemplo gráfico	

11 de septiembre	Tercera Jornada de Reflexión. No hay clase	Envío de encuesta de resultados y diligenciamiento por parte de los estudiantes
16 de septiembre	Método simplex – Casos especiales	Análisis de resultados y entrega del libro

Las actividades programadas se realizaron con bonificaciones para incentivar la participación de los estudiantes y fomentar un mayor compromiso con el curso. Diversos estudios en psicología educativa han sugerido que los refuerzos positivos, como las bonificaciones, pueden aumentar la motivación intrínseca y extrínseca de los estudiantes, impulsándolos a dedicar más tiempo y esfuerzo a las tareas académicas. Ryan y Deci (2000) han indicado que los refuerzos positivos, como las bonificaciones, pueden aumentar la motivación intrínseca y extrínseca de los estudiantes, impulsándolos a dedicar más tiempo y esfuerzo a las tareas académicas. Al ofrecer incentivos, se busca no solo mejorar el rendimiento académico, sino también cultivar hábitos de estudio efectivos y una actitud más positiva hacia el aprendizaje.

El proyecto se desarrolló utilizando la versión 3.5 de moodle, aunque la universidad se encontraba en proceso de transición hacia una versión más reciente. No obstante, el acceso proporcionado a la plataforma fue a través de la versión anterior.

En la Figura 5, se aprecia el orden que se trabajó en moodle con el apoyo del material visual.

Figura 5

Metodología en moodle

Práctica en Docencia- Investigación de operaciones I 2024-2

The screenshot shows a course interface with a navigation bar at the top containing the following items: 'Introducción y objetivos', 'Evaluación previa', 'Foro participativo', 'Evaluación posterior', 'Proyecto', 'Resultados', and a green plus icon. Below the navigation bar is a large blue banner with the text 'Bienvenidos a INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES I' in white. The banner also features icons of a lightbulb, a gear, a hand holding a tablet with code, and a signature. To the right of the banner is an 'Editar' button. Below the banner are three course sections, each with an 'Editar' button and a lock icon:

- Avisos**: Editar
- INTRODUCCIÓN AL CURSO**: Editar. Description: Bienvenidos al curso de Investigación de Operaciones I. Este curso es esencial para aprender y aplicar técnicas de optimización que ayudan a resolver problemas complejos en la ingeniería industrial.
- OBJETIVOS DE APRENDIZAJE**: Editar. Description: En el curso de Investigación de Operaciones I, desarrollarán habilidades esenciales para resolver problemas complejos en la ingeniería industrial.

7.1. Introducción

Como complemento a la introducción teórica de la Investigación de Operaciones I, se diseñó un video introductorio (detallado en el Apéndice C) con una duración aproximada de 1 minuto. Este recurso audiovisual presenta un caso práctico de programación lineal: la optimización de la producción de jugos de naranja en una fábrica. En el video, se mostraba una fábrica que produce dos tipos de jugos de naranja: Jugo A y Jugo B. Cada uno requiere una cierta cantidad de naranjas, y el objetivo es maximizar las ganancias, considerando la cantidad limitada de naranjas disponibles por parte del proveedor. La elección de este ejemplo se justifica por su carácter intuitivo y su capacidad para conectar los conceptos teóricos con situaciones reales de la industria.

Diversos estudios han respaldado la eficacia de los videos como herramientas didácticas. Según Mayer (2009), los videos pueden facilitar el aprendizaje al permitir la presentación de información de manera visual y auditiva, lo que favorece la comprensión y el recuerdo de los conceptos. En este sentido, el video diseñado para este curso busca aprovechar las ventajas de este formato para motivar a los estudiantes y promover un aprendizaje más activo y significativo.

Al presentar un problema concreto y relevante para la industria, se busca que los estudiantes comprendan que la Investigación de Operaciones no es una disciplina teórica abstracta, sino una herramienta esencial para la toma de decisiones en diversas áreas. Además, al mostrar un ejemplo visual y dinámico, se facilita la comprensión de los conceptos y se despierta el interés de los estudiantes por profundizar en la materia.

Figura 6

Escenario del video introductorio



7.2. Objetivos de aprendizaje

Los objetivos de aprendizaje se presentan de manera similar a como se hizo en el video introductorio, se puede visualizar en el Apéndice D. En este video, se describen detalladamente los objetivos de aprendizaje de la asignatura y se resalta la importancia de cada uno de ellos. Además, el video fue diseñado con un enfoque emotivo, buscando conectar con los estudiantes y motivarlos en su proceso educativo.

Figura 7

Video de objetivos de aprendizaje

**7.3. Evaluación previa**

La evaluación previa tuvo como objetivo identificar las falencias generales del grupo, subrayando la importancia de proporcionar retroalimentación detallada por cada pregunta. La evaluación constaba de 5 preguntas, cada una con un valor de 1 punto, organizadas en cinco tipos diferentes. La primera sección evaluaba el planteamiento de ecuaciones, las segunda y tercera secciones se centraban en la interpretación del problema, la cuarta combinaba la interpretación con el planteamiento de ecuaciones, y la última sección buscaba determinar si los estudiantes podían identificar los conceptos de variable y parámetro.

Las preguntas se seleccionaban aleatoriamente de cada categoría de preguntas cuantitativas, mientras que la quinta pregunta teórica era la misma para todos los estudiantes. Esto resultó en un total de 108 tipos diferentes de evaluaciones. Se consideró aprobado al estudiante que obtuviera una calificación igual o superior a 4.0.

El estudiante podía revisar su calificación y recibir retroalimentación específica para cada pregunta al finalizar un intento, tal como se muestra en la Figura 8. Esta retroalimentación no solo

le permitió conocer la respuesta correcta, sino también entender el razonamiento detrás de cada solución, lo que es fundamental para corregir errores y afianzar el aprendizaje. Así mismo, con el objetivo de incentivar la participación los estudiantes que participaran en la presentación del quiz de conocimientos previos obtenían bonificación sobre el primer taller de clase. El banco de preguntas se puede encontrar en el Apéndice E.

Figura 8

Retroalimentación por pregunta

Seleccione una:

a. Restricción: $l \cdot w + 2(h \cdot w) + 2(l \cdot h) \geq 16$

b. Restricción: $l \cdot w + 2(h \cdot w) + 2(l \cdot h) > 16$ Cerca, pero no. Aunque la estructura matemática es correcta, esta opción usa una desigualdad incorrecta (mayor a) en lugar de la que se requiere (menor o igual a).

c. Restricción: $2(l \cdot w) + 4(h \cdot w) + 2(l \cdot h) > 16$

d. Restricción: $l \cdot w + h \cdot w + l \cdot h = 16$

Respuesta incorrecta.

La respuesta correcta es: Restricción: $l \cdot w + 2(h \cdot w) + 2(l \cdot h) \geq 16$

Además, no existía un problema significativo de fraude, ya que cada estudiante tenía la oportunidad de realizar hasta 3 intentos para alcanzar una calificación de 4.0 o más. Dado que las preguntas se seleccionaban aleatoriamente y había 108 tipos diferentes de evaluaciones, las probabilidades de que un estudiante obtuviera el mismo cuestionario en más de un intento eran menores al 1%. Esto sugería una evaluación justa y enfocada en el aprendizaje.

7.4. Aprendizaje participativo

El aprendizaje participativo se fomentó con la creación de un foro participativo en moodle, donde los estudiantes podían subir sus preguntas o respuestas de ejercicios. Brindando un espacio de trabajo colaborativo.

7.5. Evaluación posterior

El diseño de la evaluación posterior estuvo basado en los resultados obtenidos en la evaluación de conocimientos previos, donde se identificó que el 17% de los estudiantes mostraban

dificultades en la resolución de inecuaciones, específicamente en la correcta utilización de los signos de desigualdad. Para dar seguimiento a estos estudiantes, se elaboró un banco de 11 preguntas que abordaba esta temática entre otras competencias evaluativas, por lo que, se tenía un total de 303 quices diferentes. En cada evaluación, se seleccionaban aleatoriamente cuatro preguntas de este banco. Los estudiantes contaban con un solo intento para responder y recibían retroalimentación inmediata, lo que permitía identificar errores. El banco de preguntas se puede encontrar en el Apéndice F.

7.6. Resumen

En la fase de resumen, se integró la retroalimentación con la presentación de las evaluaciones, permitiendo a los estudiantes recibir comentarios detallados por pregunta al finalizar cada evaluación. Es importante destacar que, en la metodología de clase previamente utilizada, los estudiantes solo recibían retroalimentación si la solicitaban.

La segunda parte de esta fase incluyó un resumen de lo aprendido en programación lineal aplicada que se materializó en un proyecto aplicativo opcional, permitiendo a los estudiantes consolidar y aplicar sus conocimientos en un contexto práctico. El objetivo principal de este proyecto era desarrollar las habilidades de los estudiantes en la formulación de problemas de optimización en un entorno real. Los estudiantes debían identificar problemas reales que pudieran ser modelados matemáticamente, definir las variables y parámetros, así como las restricciones y la función objetivo que reflejara las condiciones y metas del problema. El proyecto final se puede encontrar en el Apéndice G.

8. Resultados

8.1. Resultados preliminares

Inicialmente, se realizó un análisis de los arquetipos de estudiantes en el curso con el propósito de robustecer el análisis de resultados. Este análisis se llevó a cabo utilizando el algoritmo de K-Modes pues está diseñado específicamente para datos categóricos, ya que, usa la moda en lugar de la media para definir los centros de los clústeres. El algoritmo se ejecutó en Google Colab. Se consideraron varias categorías, incluyendo el número de materias reprobadas, si el estudiante había reprobado la asignatura de Investigación de Operaciones I y su nivel de participación en las primeras actividades propuestas en Moodle (visualización de los videos de introducción y objetivos de aprendizaje, quiz de conocimientos previos y foro participativo). El objetivo de este análisis era identificar patrones y características comunes entre los estudiantes, lo que permitiría una mejor comprensión de sus comportamientos.

El código siguió 3 pasos. Primero, se transformaron las variables categóricas en variables dummy. Estas variables dummy son representaciones binarias (0 o 1) de las categorías originales. Esta transformación facilita la comparación entre los valores de diferentes categorías mediante el uso de distancias basadas en coincidencias.

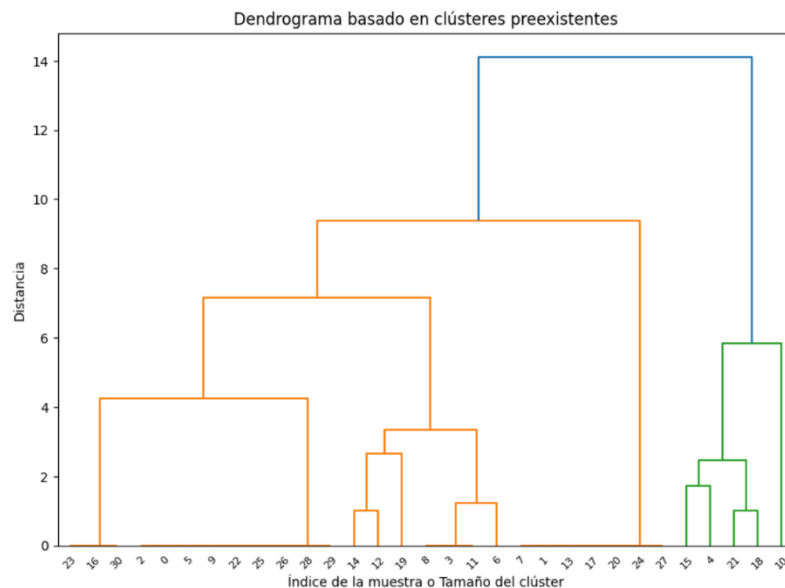
Luego, se probó con diferentes números de clústeres para encontrar la mejor estructura de agrupamiento. El algoritmo K-Modes se ajustó para cada número de cluster y luego se evaluaron los resultados utilizando la métrica de cohesión y separación conocida como la puntuación Silhouette, su estructura se puede visualizar en la Ecuación 1. Donde $a(i)$ es la distancia promedio entre el punto i y todos los demás puntos en el mismo clúster. $b(i)$ es la distancia promedio entre el punto i y los puntos en el clúster más cercano. La puntuación Silhouette varía entre -1 y 1, donde un valor cercano a 1 indica que los puntos están bien agrupados, y un valor cercano a -1 indica que los puntos están mal asignados a los clústeres.

Ecuación 1*Fórmula de Silhouette*

$$S(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))}$$

Finalmente, se determinó que el número óptimo eran 5 clústeres, obteniendo una puntuación Silhouette de 0.8117, lo que indica una adecuada cohesión dentro de los clústeres y una buena separación entre ellos. Esta puntuación sugiere que los grupos generados presentan una estructura clara, con una baja superposición entre los clústeres. En el Apéndice H se incluye el código utilizado para realizar este análisis.

En la Figura 9 se muestra la agrupación de los estudiantes en los diferentes cluster. El cluster 0 son estudiantes que no han reprobado materias y han participado activamente en la metodología. El cluster 1 son estudiantes que reprobaron de 1 a 9 materias, entre esas no han reprobado Investigación de Operaciones I y no han participado activamente en la metodología. El cluster 2 son estudiantes que han reprobado de 2 a 5 materias, entre esas Investigación de Operaciones I, pero no han participado activamente en la metodología. El cluster 3 son estudiantes que, reprobado 1 materia, pero no ha sido Investigación de Operaciones I, sin embargo, han participado en las actividades propuestas. Finalmente, el cluster 4 son estudiantes que no han reprobado materias, pero no han participado en la metodología

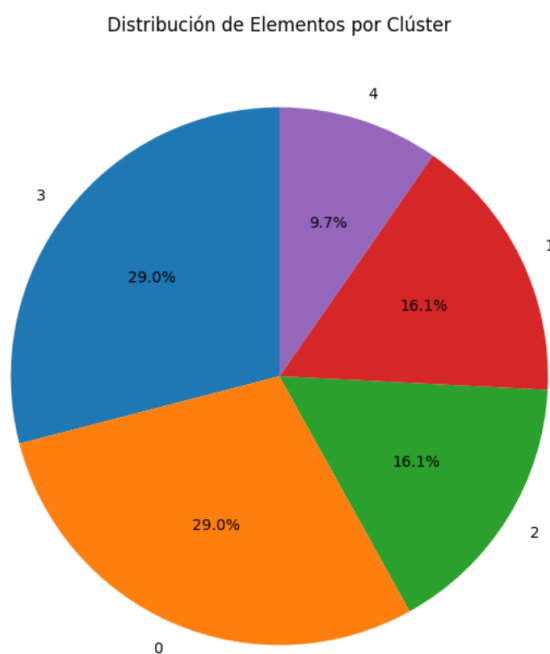
Figura 9*Dendrograma (5 cluster)*

Los nombres por cada cluster conforme a sus categorías son los siguientes: Estudiantes excelentes, estudiantes desmotivados, estudiantes desinteresados, estudiantes dedicados y estudiantes retadores para los cluster 0, 1, 2, 3 y 4, respectivamente. La pérdida de materias puede estar estrechamente relacionada con un menor compromiso en clase, ya que los estudiantes que enfrentan dificultades académicas podrían experimentar una disminución en su motivación y participación. Según estudios, los estudiantes que repiten materias tienden a desarrollar una actitud negativa hacia el aprendizaje, lo que puede llevar a una menor participación en clase y a un ciclo de bajo rendimiento académico (Finn y Zimmer, 2012; Christenson et al., 2012). Esto podría explicar la razón por la que los estudiantes de los clústeres 0 y 4 muestran una falta de participación, mientras que aquellos en el clúster 2, que no han perdido materias, demuestran un mayor compromiso en clase.

En la Figura 10 se presenta la distribución de los estudiantes por cada clúster. Los clústeres 0 y 3 agrupan aproximadamente el 60% de los estudiantes del curso, quienes han participado activamente en las actividades implementadas durante la metodología.

Figura 10

Distribución estudiantes por cluster



Posterior al análisis de arquetipos, se implementó una encuesta con preguntas abiertas para identificar las principales barreras que impedían la participación estudiantil en las actividades propuestas en la plataforma Moodle. El diseño de la encuesta se centró en preguntas abiertas que permitieran a los estudiantes expresar libremente sus experiencias y dificultades. Esta encuesta se puede encontrar en el Apéndice I.

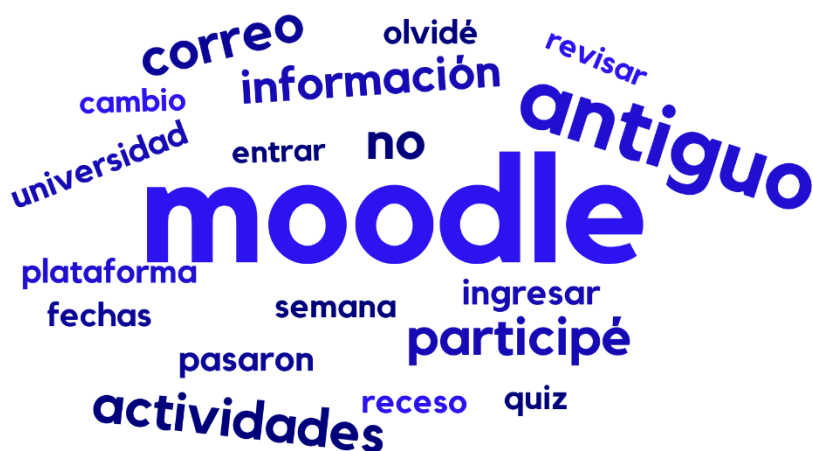
Una de las preguntas clave fue: "¿Cuáles son las principales razones por las cuales no ha participado en las actividades propuestas en la plataforma Moodle?". Los resultados obtenidos se

visualizaron en la Figura 11 en una nube de palabras, donde los términos "Moodle" y "antiguo" destacaron como los más recurrentes.

El análisis de los resultados reveló que la diferencia de versión de Moodle era la principal barrera para la participación estudiantil. La interfaz antigua generaba confusión y desinterés, pues los demás cursos de los estudiantes se encontraban matriculados en la versión nueva de moodle. Por esta razón, los estudiantes olvidaban ingresar a la versión anterior. Asimismo, los estudiantes señalaron que con frecuencia olvidaban revisar sus correos electrónicos, principal canal de comunicación para informarles sobre el cronograma de actividades en Moodle.

Figura 11

Nube de palabras pregunta ¿Cuáles son las principales razones por las que no ha participado activamente en las actividades propuestas en Moodle (visualización de videos, quices con bonificación y foro)?



Una segunda pregunta se centró específicamente en la participación en el foro educativo, revelando que el 80% de los estudiantes no se sentían cómodos utilizando esta herramienta. Al indagar sobre posibles alternativas, la totalidad de los encuestados indicó su preferencia por

mantener el formato actual, es decir, no participar en discusiones virtuales. Este hallazgo sugiere una resistencia significativa hacia la participación en foros, lo cual podría atribuirse a diversos factores, como falta de familiaridad con este tipo de interacción, inseguridad en la expresión de ideas en un entorno virtual o simplemente una preferencia por otros métodos de aprendizaje.

Es importante destacar que, debido a las limitaciones técnicas impuestas por la universidad, que solo proporcionó acceso a la versión anterior de Moodle para el curso en cuestión, no fue posible implementar soluciones inmediatas para abordar esta problemática. Sin embargo, estos resultados resaltan la necesidad de considerar la estandarización de las herramientas tecnológicas utilizadas en los procesos de enseñanza-aprendizaje, a fin de facilitar la adaptación de los estudiantes y mejorar su experiencia educativa.

8.2. Resultados del análisis descriptivo

De acuerdo con los resultados obtenidos, se realizó un análisis introductorio. En la Tabla 4 se presentan los indicadores generales medidos con el propósito de evaluar la implementación de la metodología. Estos indicadores están relacionados con el rendimiento y las competencias de los estudiantes en la asignatura de Investigación de Operaciones I. Por lo tanto, se evaluaron aspectos clave como la capacidad para plantear modelos matemáticos, el tiempo dedicado al trabajo individual, los conocimientos previos en cálculo y álgebra, y el uso de paquetes computacionales y TIC. Los indicadores buscaron comparar los resultados obtenidos en el diagnóstico inicial con los resultados posteriores a la implementación de la metodología, utilizando como medios de verificación diagnósticos iniciales y encuestas de resultados. La encuesta elaborada para la recolección de datos se encuentra en el Apéndice J.

Tabla 4*Indicadores iniciales*

Nombre indicador	Diagnóstico inicial	Medios de verificación	Resultados que se espera obtener
Estudiantes capaces de plantear correctamente un modelo matemático.	El 60% de los estudiantes son capaces de plantear correctamente un modelo matemático.	Diagnóstico inicial v/s Prueba de conocimientos	El 80% de los estudiantes sean capaces de plantear correctamente un modelo matemático.
Trabajo individual semanal en Investigación de Operaciones I.	El 72,7% de los estudiantes le dedica 4 horas o menos a la semana de trabajo individual a la asignatura.	Diagnóstico inicial v/s Encuesta de resultados	El 45% de los estudiantes le dediquen 6 horas semanales de trabajo individual a Investigación de Operaciones I.
Mejora en conocimientos previos de cálculo y álgebra.	El 18,2% de los estudiantes no cuentan con conocimientos previos en cálculo y álgebra en el momento de cursar la asignatura.	Diagnóstico inicial v/s Pruebas previas.	El 10% de los estudiantes que presente falencias en cálculo y álgebra mejore sus conocimientos previos.
Uso de paquetes computacionales y TIC'S.	El 49,1% de los estudiantes han usado paquetes computacionales y TIC'S en la asignatura.	Diagnóstico inicial v/s Encuesta de resultados	El 80% de los estudiantes hagan uso de paquetes computacionales y TIC'S en la asignatura.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la evaluación de los indicadores iniciales, incluyendo el indicador, los resultados del diagnóstico inicial, los resultados esperados y los obtenidos. El objetivo de comparar el diagnóstico inicial, que recoge la percepción de los estudiantes que cursaron la asignatura en 2023, con la percepción de los estudiantes actuales

durante la implementación de la metodología, es identificar cómo han variado las opiniones entre ambos grupos. Cabe destacar que, al tratarse de grupos de personas diferentes, las percepciones no pueden considerarse directamente comparables o vinculadas, pero sí permiten observar tendencias o cambios en la valoración de la asignatura.

Tabla 5

Resultados de los indicadores iniciales

Nombre indicador	Situación actual	Resultados esperados	Resultados obtenidos
Estudiantes capaces de plantear correctamente un modelo matemático.	El 60% de los estudiantes son capaces de plantear correctamente un modelo matemático.	El 80% de los estudiantes sean capaces de plantear correctamente un modelo matemático.	El 86,66% de los estudiantes que presentaron el quiz son capaces de plantear correctamente un modelo matemático.
Trabajo individual semanal en Investigación de Operaciones I.	El 27,27% de los estudiantes le dedican más de 4 horas a la semana de trabajo individual a la asignatura.	El 45% de los estudiantes le dedican más de 4 horas de trabajo individual a Investigación de Operaciones I.	El 20% de los estudiantes le dedicó más de 4 horas semanales de trabajo individual a Investigación de Operaciones I.
Mejora en conocimientos previos de cálculo y álgebra.	El 18,2% de los estudiantes no cuentan con conocimientos previos en cálculo y álgebra en el momento de cursar la asignatura.	El 10% de los estudiantes que presente falencias en cálculo y álgebra mejore sus conocimientos previos.	El 66,66% de los estudiantes que presentaron falencias en conocimientos previos desarrollaron sus habilidades.

Uso de paquetes computacionales y TIC'S.	El 49,1% de los estudiantes han usado paquetes computacionales y TIC'S en la asignatura.	El 80% de los estudiantes hagan uso de paquetes computacionales y TIC'S en la asignatura.	El 90% de los estudiantes hizo uso de paquetes computacionales y TIC'S en la asignatura.
--	--	---	--

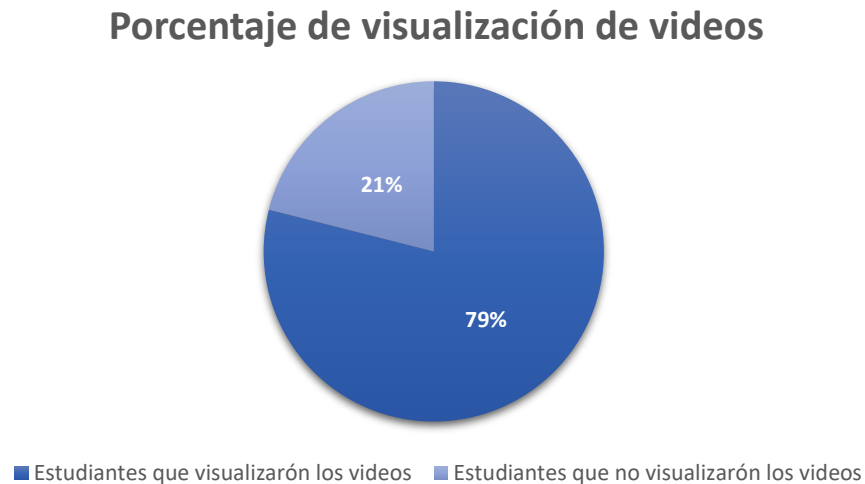
Seguido de este análisis introductorio se procedió con un análisis descriptivo para cada una de las etapas de la metodología BOPPPS con el propósito de identificar el impacto y la efectividad de cada etapa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Realizar un análisis por separado permite comprender de manera más detallada la contribución por cada etapa.

8.2.1. Resultados de la fase de introducción y objetivos de aprendizaje

Las actividades vinculadas al módulo de introducción y objetivos, se realizó en un mismo espacio con la visualización de los videos introductorios y los objetivos de aprendizaje. En la Figura 12 se puede visualizar el porcentaje de los estudiantes que visualizaron los videos, donde el 79% de los estudiantes que participaron completaron exitosamente la actividad. Este video les brindaba a los estudiantes una introducción y guía para la realización de su primera tarea que consistía en consultar la definición de la Investigación de Operaciones.

Figura 12

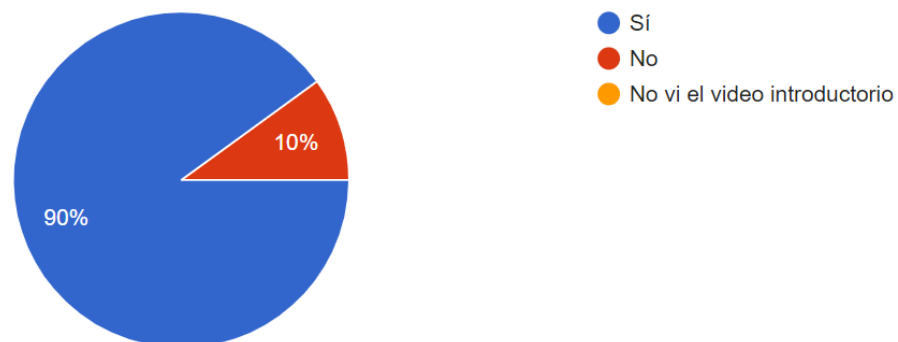
Porcentaje de estudiantes que visualizaron los videos



En la Figura 13 se presenta el porcentaje de estudiantes que consideraron emotivo el video introductorio, donde el 90% de los encuestados compartieron esta opinión. Este resultado sugiere que el contenido del video logró generar una respuesta emocional positiva en la mayoría de los estudiantes, lo cual podría haber contribuido a captar su atención e interés desde el inicio de la clase.

Figura 13

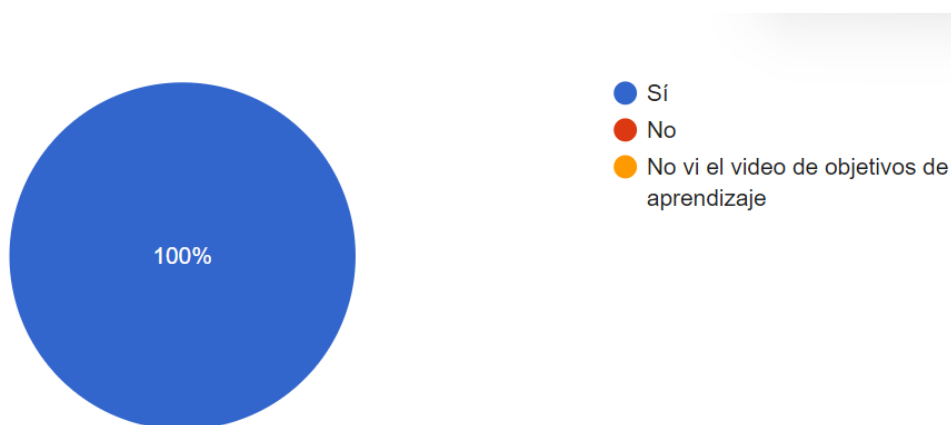
Resultados de los estudiantes que el video introductorio los motivó a aprender



De igual manera, se les preguntó a los estudiantes si comprendieron los objetivos de aprendizaje presentados en el video. Los resultados mostraron que el 100% de los estudiantes afirmó haber comprendido claramente las habilidades que se espera que desarrollen al cursar la asignatura. Este resultado sugiere que el video fue una herramienta efectiva para comunicar los objetivos de manera clara.

Figura 14

Estudiantes que comprendieron los objetivos de aprendizaje



8.2.2. Resultados de la fase de evaluación previa

Los resultados de la evaluación previa mostraron un rendimiento sobresaliente, con el 100% de los estudiantes alcanzando la nota mínima aprobatoria (4.0). Sin embargo, el análisis detallado revela aspectos relevantes. El tiempo promedio empleado en la evaluación fue de 15,54 minutos, con una desviación estándar significativa (11,35 minutos), lo que sugiere una heterogeneidad en los estilos de aprendizaje y en la dificultad percibida.

Los resultados identificaron que el 16.66% de los estudiantes requirieron más de un intento para completar la evaluación, en este punto se destaca la importancia de la retroalimentación inmediata para la corrección de errores. La Figura 15 ilustra un ejemplo común de error

relacionado con la interpretación de desigualdades, donde los estudiantes confundían "menor a" con "menor o igual a".

Figura 15

Ejemplo de los errores cometidos

Un servicio de entrega de paquetes requiere que las dimensiones de una caja rectangular sea tal que la longitud (l) más la mitad del ancho (w) más el doble de la altura (h) sea menor a 108 cm y no esté por debajo de 90 cm. Determine la restricción que represente la condición.

Seleccione una:

- a. Restricción: $90 < l + w/2 + 2h \leq 108$
- b. Restricción: $90 \leq l + w/2 + 2h \leq 108$ No del todo. Aunque esta opción también está cerca, el límite superior debe ser estrictamente menor a 108 cm, no igual o menor, lo cual es crucial para cumplir con la condición.
- c. Restricción: $l + 2w + h/2 = 108$
- d. Restricción: $90 \leq l + w/2 + 2h < 108$

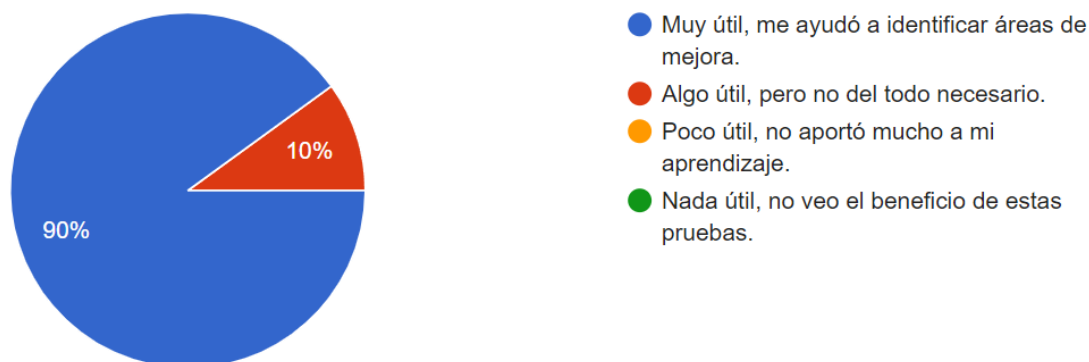
Respuesta incorrecta.
La respuesta correcta es: Restricción: $90 \leq l + w/2 + 2h < 108$

La retroalimentación por pregunta y respuesta jugó un papel clave en el desarrollo de estas habilidades, ya que el 66,66% de los estudiantes que presentaron errores lograron corregirlos inmediatamente en el siguiente intento. Sin embargo, el 33,33% restante cometió nuevamente errores asociados a la interpretación del problema. Estos errores pueden explicarse por el tiempo empleado en un segundo o tercer intento, ya que en promedio disminuían 6 minutos en el tiempo requerido para la presentación del quiz.

En la Figura 16 se ilustra el porcentaje de estudiantes que consideraron útil la aplicación de la evaluación previa, cuyo propósito era medir los conocimientos iniciales de los estudiantes antes de abordar los contenidos de la asignatura. Los resultados indican que el 90% de los estudiantes valoraron esta evaluación como útil, destacando su relevancia para identificar sus áreas de mejora desde el principio. El otro 10% la consideró "algo útil", aunque no del todo necesaria, lo que sugiere que algunos estudiantes podrían haber percibido la evaluación como un complemento, pero no como un elemento indispensable para su proceso de aprendizaje.

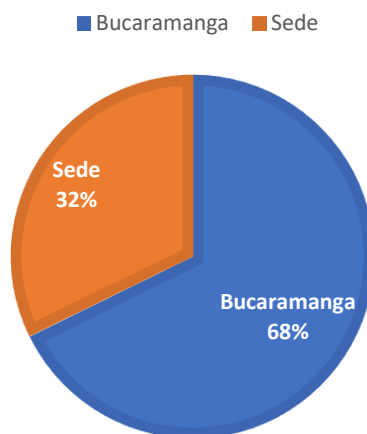
Figura 16

Resultados de la utilidad de la evaluación previa

**8.2.3. Resultados del foro participativo**

El foro no alcanzó la participación esperada, a pesar de las estrategias implementadas para fomentarlo. Una encuesta dirigida a los estudiantes sugirió que la principal razón para esta baja participación fue la incomodidad con la discusión virtual. A pesar de que se les brindó la oportunidad de proponer cambios, la mayoría reafirmó su oposición a participar.

Esta situación puede atribuirse a diversos factores. Como señalan Garrison, Anderson y Archer (2000), la construcción del conocimiento en entornos virtuales requiere de una interacción social significativa. La falta de interacción presencial al inicio del semestre, especialmente en una asignatura de sexto semestre con estudiantes de diferentes sedes, en la Figura 17 se representa el porcentaje de estudiantes provenientes de sedes regionales y la sede de Bucaramanga. La carencia de interacción social puede dificultar el desarrollo de relaciones interpersonales y la creación de un ambiente de confianza necesario para la participación en foros.

Figura 17*Estudiantes por sede***ESTUDIANTES POR SEDE**

Así mismo, según Tu y colegas (2003), el desconocimiento previo entre los miembros de un grupo puede obstaculizar la colaboración en línea. La falta de relaciones interpersonales establecidas puede generar sentimientos de inseguridad y reducir la disposición a participar en discusiones virtuales.

8.2.4. Resultados de la evaluación posterior

El promedio de las notas de la evaluación posterior estuvo en 4,53 con una desviación estandar de 1,1255. El tiempo promedio de presentación del quiz fue de 17,67, con una desviación estandar alta de 12,87 minutos. Estos resultados se vieron afectados porque hubo estudiantes que requirieron de 30 a 52 minutos para la presentación de los quices.

Entre los errores cometidos, destaca el de la Figura 18, donde se les presenta un problema de minimización, sin embargo, algunos estudiantes lo percibieron como un problema de maximización. Este tipo de error, común en la resolución de problemas matemáticos, subraya la importancia de la retroalimentación. Como señalan Hattie y Timperley (2007), la retroalimentación

efectiva puede guiar a los estudiantes a identificar las causas de sus errores y a desarrollar estrategias para corregirlos. En este caso, la retroalimentación puede ayudar a los estudiantes a comprender las diferencias entre problemas de maximización y minimización.

Figura 18

Respuesta incorrecta del quiz de programación lineal

Lolita S.A. comercializa frutas en los principales supermercados del país, lamentablemente está presentando pérdidas, debido a una mala planificación de los pedidos a los proveedores. Usted es el encargado este mes de determinar los pedidos a realizar por proveedor. En la siguiente tabla se muestran los paquetes ofrecidos por los proveedores, el costo de envío y la demanda mínima a satisfacer.

	Toneladas de naranja por paquete	Toneladas de fresas por paquete	Toneladas de manzanas por paquete	Costo de envío ($\frac{\text{pesos}}{\text{paquete}}$)
Proveedor 1 (p_1)	2	3	1	\$50.000
Proveedor 2 (p_2)	1	2	1	\$45.000
Proveedor 3 (p_3)	1	1	4	\$38.000
Demanda mínima	40	20	35	

¿Es correcta la siguiente función objetivo?

$$\text{Max } z = 50.000 p_1 + 45.000 p_2 + 38.000 p_3$$

Seleccione una:

Verdadero ✘

Falso

Un poco desviado. La función objetivo que se presentó es incorrecta porque está orientada a maximizar el costo total de los envíos, lo cual no tiene sentido en el contexto de este problema. El objetivo debería ser minimizar el costo total para reducir las pérdidas de la empresa.
La respuesta correcta es 'Falso'

En la Figura 19 se presentan los resultados de la percepción de los estudiantes respecto a la retroalimentación en la prueba de conocimientos de programación lineal. Los resultados muestran que el 100% de los estudiantes consideró la retroalimentación como un elemento muy importante, ya que les permitió identificar sus errores y comprender mejor las áreas en las que debían mejorar.

Figura 19

Resultados de la percepción de importancia de la retroalimentación

**8.2.5. Resultados de la etapa de resumen**

La rúbrica que se manejó para la calificación del proyecto final por el ítem 1 fue la que aparece en la Tabla 6, donde se le solicitaba al estudiante describir el problema, evitando plantear ecuaciones que impidieran obtener soluciones factibles. Este enfoque buscaba fomentar una comprensión profunda de los problemas de optimización y la importancia de formularlos de manera realista.

Tabla 6

Rúbrica proyecto final del ítem 1

Puntaje	Ítem 1			Puntuación máxima
	0	0,5	1	
a. Describe la situación.	No describe la situación.	Describe la situación, pero no tiene solución factible	Describe la situación.	1

En la evaluación del ítem 2, se empleó la rúbrica presentada en la Tabla 7, la cual se centró en la correcta definición de variables y parámetros. Este aspecto es fundamental en la aplicación

de la Investigación de Operaciones, ya que una clara identificación de estos elementos es esencial para construir modelos matemáticos precisos y eficientes.

La rúbrica de la Tabla 7 establece una escala de puntuación que permite evaluar de manera detallada la capacidad de los estudiantes para identificar y definir correctamente las variables y parámetros de un problema específico. Los niveles de puntuación van desde la ausencia total de definición hasta una definición completa y precisa de todos los elementos del modelo.

Tabla 7

Rúbrica proyecto final del ítem 2

Puntaje	Ítem 2					Puntuación máxima
	0	0,5	1	1,25	1,5	
b. Defina las variables y los parámetros a utilizar	No define las variables ni los parámetros a utilizar.	Define menos de la mitad de las variables y parámetros a utilizar	Define más de la mitad de las variables y parámetros a utilizar	Define todas las variables, pero hay imprecisiones o errores menores.	Define todos los parámetros y variables a utilizar	1,5

Al exigir una definición clara y concisa de variables y parámetros, se busca que los estudiantes desarrollen habilidades analíticas y de modelado, fundamentales para abordar problemas complejos. Además, esta práctica promueve un pensamiento estructurado y sistemático, esencial para la resolución efectiva de problemas.

Por último, el ítem 3, evaluado mediante la rúbrica de la Tabla 8, constituyó la sección de mayor puntaje del proyecto. En esta parte, se exigía a los estudiantes plantear al menos cinco restricciones y explicarlas brevemente. Esta exigencia buscaba evaluar no solo la capacidad de los estudiantes para identificar y formular restricciones, sino también su habilidad para comprender y comunicar el significado de cada una en el contexto del problema planteado. La complejidad de

este ítem refleja la importancia de las restricciones en la construcción de modelos de optimización precisos y realistas.

Tabla 8

Rúbrica proyecto final del ítem 3

Puntaje	Ítem 3						Puntuación máxima
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	
c. Plantee las restricciones (explique brevemente cada una) y la función objetivo del problema	No plantea restricciones ni función objetivo.	Plantea solo una restricción de forma correcta y la función objetivo incorrecta.	Plantea de 2 a 3 restricciones correctas y la función objetivo correcta.	Plantea 4 restricciones de forma correcta.	Plantea las restricciones de forma correcta pero no da una explicación por cada una	Plantea las restricciones de forma correcta y las explica brevemente	2,5

El proyecto final de entrega voluntaria, como culminación de la metodología BOPPPS, ha permitido a los estudiantes consolidar los conocimientos adquiridos y aplicarlos a un problema real. En total, el 16% de los estudiantes enviaron el proyecto final, con un promedio de notas de 4,05. Un error común fue que el problema no poseía soluciones factibles, ya que la restricción de la demanda se contradecía con alguna restricción de capacidad.

En cuanto al análisis grupal se identificó que quienes realizaron el proyecto final fueron estudiantes que participaron en las actividades anteriores y no presentaba dificultades, por otro lado, hubo un grupo de estudiantes que presentaron errores de interpretación en las actividades realizadas anteriormente y realizaron el proyecto final. Esto refleja el compromiso de quienes dominan la temática aparentemente y quienes desean aprender.

En el caso de los estudiantes que presentaban una buena comprensión del tema y entregaron el proyecto final mostraron una mayor motivación intrínseca hacia la materia, reflejada por su participación y su deseo de profundizar en los temas abordados. Esta motivación intrínseca se puede asociar con mejores resultados académicos y una mayor persistencia en tareas desafiantes (Deci y Ryan, 2000). Por otro lado, aquellos estudiantes que presentaron dificultades podrían haber estado motivados principalmente por factores extrínsecos, como la obtención de una calificación, lo que podría haber afectado su compromiso con el proyecto y su desempeño final.

8.3. Resultados del análisis inferencial

Los resultados descriptivos permitieron plantear las siguientes hipótesis

H1: Los estudiantes que ingresaron a primer semestre antes del año 2022 son quienes no participaron en las actividades propuestas en el presente proyecto.

H2: Los estudiantes provenientes de sedes regionales son quienes no participaron en las actividades propuestas en el presente proyecto.

8.3.1. Análisis inferencial de la hipótesis 1

La primera hipótesis planteaba que la variable denominada año de ingreso a la universidad y la variable de participación se encontraban relacionadas. Se optó por la prueba Fisher ya que los datos no cumplían con el supuesto de la prueba chi cuadrado asociado a las frecuencias esperadas, este supuesto indica que las frecuencias esperadas deben ser mayores a 5, La prueba Fisher se realizó en phyton.

La prueba exacta de Fisher es una prueba no paramétrica utilizada para evaluar la asociación entre dos variables categóricas cuando las frecuencias esperadas en una tabla de contingencia son pequeñas (Agresti, 2018). Esta prueba es especialmente útil cuando se trabaja con muestras pequeñas o cuando los datos no siguen una distribución normal.

En la Tabla 9 se observa la tabla de contingencia donde están las frecuencias según las diferentes categorías. La categoría ANTES hace referencia a los años de ingreso a la universidad anteriores al 2022.

Tabla 9

Tabla de contingencia hipótesis 1

		Año		
		ANTES	2022	TOTAL
Participó	SI	10	9	19
	NO	10	2	12
	TOTAL	20	11	31

La prueba se llevó a cabo con un nivel de significancia del 0,05, el valor p obtenido fue 0,1284 por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula pues no se tiene suficiente evidencia para que exista una relación entre la variable año de ingreso a la universidad y la variable de participación. Es decir, no existe relación entre la participación de los estudiantes con el año en el que los estudiantes ingresaron a la universidad.

8.3.2. Análisis inferencial de la hipótesis 2

En la segunda hipótesis planteaba que la variable denominada sede de procedencia y participación se encontraban relacionadas. Del mismo modo, se utilizó la prueba Fisher.

Tabla 10

Tabla de contingencia hipótesis 2

		Sede		TOTAL
		Bucaramanga	Regional	
Participó	SI	18	2	20
	NO	3	8	11
	TOTAL	21	10	31

Conforme con el valor p (0.00073) se procede a rechazar la hipótesis nula. Es decir, los estudiantes que provenían de las sedes regionales no participaron en las actividades propuestas en la metodología BOPPPS. Esta diferencia en la participación podría estar relacionada con la falta de redes sociales preexistentes entre los estudiantes de las sedes regionales, quienes, al incorporarse a la sede de Bucaramanga hasta 5 semestre se encuentran en un entorno socialmente nuevo. Como señalan Tinto (1993), las relaciones sociales de los estudiantes influyen significativamente en su integración académica y social, y la falta de estas redes puede generar sentimientos de aislamiento y disminuir la participación en actividades extracurriculares.

El estudio realizado sugiere una relación entre la sede de procedencia de los estudiantes y su participación en las actividades propuestas en la metodología BOPPPS. Específicamente, se cree que los estudiantes provenientes de sedes regionales tienen una menor probabilidad de participar en comparación con aquellos de la sede central.

La menor participación de los estudiantes de sedes regionales se pudo dar debido a la dificultad de adaptación al nuevo entorno universitario. Astin (1993) indica que la distancia física de la universidad puede disminuir la sensación de pertenencia y compromiso de los estudiantes, lo que a su vez puede afectar su participación en actividades académicas y sociales.

8.4. Resultados del análisis cualitativo

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis cualitativo sobre la implementación de la metodología BOPPPS en la asignatura de Investigación de Operaciones, específicamente en el tema de programación lineal. El propósito de este análisis es comprender cómo la metodología aplicada influyó en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

La pregunta formulada para este análisis fue: ¿Cómo se sintió con la metodología utilizada en Moodle para apoyar la enseñanza de programación lineal? Esta pregunta fue diseñada con el

La satisfacción general con la metodología está conformada por los estudiantes que expresaron una opinión positiva sobre la metodología utilizada en Moodle, resaltando que se sintieron conformes y cómodos con el enfoque. Esto se alinea con los hallazgos de Wang et al. (2024), quienes encontraron que la implementación del modelo BOPPPS combinado con el aprendizaje basado en casos mejoró significativamente la satisfacción de los estudiantes con la metodología utilizada.

La categoría denominada contenido y comprensión del aprendizaje se conforma por aquellos estudiantes que destacaron la claridad y la estructura del contenido, lo cual ayudó en su proceso de aprendizaje. Del mismo modo, Li et al. (2023) también observaron que el modelo BOPPPS mejoró la comprensión y la retención del contenido entre los estudiantes, destacando la importancia de una estructura clara y bien organizada en el proceso de enseñanza.

El grupo de autonomía se conforma por los estudiantes que expresaron que la metodología les permitió aprender a su propio ritmo y sin presión sobre las calificaciones. Este hallazgo se alineó con los resultados de la investigación de Pei et al. (2023), quienes reportaron que el modelo BOPPPS fomentó la autonomía y la autoeficacia en los estudiantes, permitiéndoles gestionar su propio aprendizaje de manera más efectiva.

En la Figura 20 se refleja los porcentajes del grupo por cada una de las categorías identificadas. Donde el 60% corresponde a la categoría de satisfacción general, el 30% al contenido y comprensión del aprendizaje y el 10% a la autonomía en el proceso de aprendizaje.

Figura 21

Porcentaje por categorías

Porcentaje por Categorías

El análisis muestra una tendencia positiva hacia la metodología utilizada. Las menciones de satisfacción y autonomía pueden ser indicadores de éxito, mientras que la comprensión del contenido también parece haber sido efectiva. Este análisis cualitativo sugiere que la metodología fue bien recibida y que podría continuar utilizándose con ciertas mejoras.

9. Conclusiones

El objetivo inicial de la fase introductoria fue cumplido, ya que el 90% de los estudiantes consideraron emotivo el video introductorio. Así mismo, los objetivos de aprendizaje fueron comprendidos por todos los estudiantes que visualizaron el video.

La retroalimentación inmediata por respuesta resultó ser una herramienta eficaz para superar las deficiencias en los conocimientos previos, ya que el 66,66% de los estudiantes que cometieron errores en la prueba inicial lograron corregirlos en su segundo o tercer intento. Este

tipo de retroalimentación es clave para la corrección rápida de errores, permitiendo a los estudiantes identificar sus áreas de mejora y, por ende, reforzar su aprendizaje de manera efectiva.

El proyecto final facilitó la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en un entorno real, lo que consolidó las competencias de los estudiantes en la formulación y resolución de problemas.

los resultados preliminares proporcionan una base para analizar mejor el desempeño del grupo y ajustar la metodología aplicada según las características y necesidades de este.

La metodología BOPPPS puede resultar ser una herramienta eficaz para asignaturas que requieren conocimientos previos, ya que sus fases están orientadas a motivar al estudiante, identificar sus falencias, ayudarle a superarlas y cerrar la temática con un proyecto aplicativo.

La implementación de la metodología BOPPPS en la plataforma Moodle resultó ser efectiva, ya que la estructura de la plataforma permitió llevar a cabo cada una de sus etapas de manera integral. Moodle facilitó la planificación, ejecución y seguimiento de las actividades, desde la presentación de objetivos hasta la evaluación final, proporcionando un entorno organizado y accesible para los estudiantes.

BOPPPS motiva a los estudiantes a aprender una vez deciden participar en las actividades. Se observó que aquellos estudiantes con falencias continuaron participando en las demás actividades correspondientes a las etapas de la metodología mostrando un interés sostenido.

El foro participativo no recibió la participación esperada. Según los resultados, esto podría deberse a la falta de relaciones sociales dentro del grupo.

La implementación de la metodología BOPPPS impulsó un mayor uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) entre los estudiantes. Al integrar actividades interactivas dentro de la estructura pedagógica con el apoyo de moodle.

10. Recomendaciones

Dado que los resultados preliminares sugieren una deficiencia en las relaciones sociales entre los estudiantes, se podría realizar un análisis más detallado de las dinámicas grupales. Se recomienda diseñar actividades específicas que promuevan la interacción y el trabajo colaborativo, con el fin de fortalecer los vínculos sociales y mejorar el sentido de comunidad dentro del grupo. Esto podría aumentar la participación en actividades colectivas, como los foros participativos.

Para superar la baja participación observada en un entorno completamente virtual, se sugiere adoptar un enfoque híbrido que combine sesiones presenciales y en línea. Los resultados de la encuesta indicaron que algunos estudiantes no se sentían cómodos en un entorno exclusivamente virtual, lo que podría haber afectado su disposición a participar.

Para incentivar una mayor participación en las actividades de la metodología BOPPPS, se recomienda que estas se integren como parte esencial y evaluable de la asignatura, en lugar de presentarse como tareas opcionales o bonificaciones. Esto podría aumentar la motivación de los estudiantes al percibir las actividades como componentes centrales de su proceso de aprendizaje, lo que a su vez favorecería una mayor participación y compromiso.

Referencias bibliográficas

- Agresti, A. (2018). *Statistical methods for the social sciences* (6th ed.). Pearson.
- Arias, S. L., y Figueroa, B. S. (2023). *Desarrollo de un objeto de aprendizaje mediante el uso de TIC para la práctica Reactor [Tesis de licenciatura, Universidad Industrial de Santander]*. Repositorio institucional.
- Astin, A. W. (1993). *What matters in college? Four critical years revisited*. Jossey-Bass.
- Cochran, J. J. (2009). *Pedagogy in Operations Research: Where has the discipline been, where is it now, and where should it go? Orion (Johannesburg), 25(2)*. <https://doi.org/10.5784/25-2-80>
- Christenson, S. L., Reschly, A. L., y Wylie, C. (Eds.). (2012). *Handbook of Research on Student Engagement*. Springer.
- Cui, H. (2019). *Application and Exploration of BOPPPS Model in Oral Chinese Teaching as a Foreign Language*. *International Education Studies*, Vol. 12, No.12, pp. 123.
- Deci, E. L., y Ryan, R. M. (2000). *The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior*. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227-268.
- Diaz Sepulveda, E. P., y Gutiérrez Sharon, D. (2019). *Sistematización de Estrategias Aplicadas por los Docentes del Programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de Santander (UDES), en los Procesos de Docencia, Investigación y Extensión [Tesis de licenciatura, Universidad de Santander]*. Repositorio institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12749/11502>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage Publications.

Figuerola, S. L. (2023). *Desarrollo de un objeto de aprendizaje mediante el uso de TIC para la práctica Reactor [Tesis de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander]*.

Repositorio institucional.

Finn, J. D., y Zimmer, K. S. (2012). Student Engagement: What Is It? Why Does It Matter?. In S. L. Christenson, A. L. Reschly, y C. Wylie (Eds.), *Handbook of Research on Student Engagement* (pp. 97-131). Springer.

Garrison, R., Anderson, T., y Archer, W. (2000). Critical inquiry in a text-based environment: Computer conferencing in higher education. *The Internet and higher education*, 2(2), 87-105.

Guerrero Pérez, A. V. (2024). *Práctica en docencia para el desarrollo de recursos que contribuyan al mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje en la asignatura Hidráulica de Canales de la Escuela de Ingeniería Civil [Tesis de licenciatura, Universidad Industrial de Santander]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/15744>

Hartmann, E., y Siegrist, J. (2008). The impact of color on mood and performance. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 77-88.

Hattie, J., y Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of educational research*, 77(1), 81-112.

Heller, E. (2016). *Psicología del color: Cómo actúan los colores sobre nosotros*. Paidós.

Hillier, F. S., y Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. McGraw-Hill.

IIE (Institute of Industrial Engineers), 2009. IIE Website. Recuperado el 15 de mayo de 2015 de <http://www.iienet2.org/>

Investigación sobre la enseñanza semipresencial de informática básica y de aplicaciones. (2020, 1 diciembre). IEEE Conference Publication | IEEE Xplore.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9418954/references#references>

Jacobs, R., y Chase, R. (2009). Administración de Operaciones. *Producción y Cadena de Suministros (12 ed.)*. Mc Graw Hill.

Jing, Y. (2023). Constructing an ideal class to facilitate high learning engagement, performance, and affective commitments: a new blended learning model. *Asia Pacific Journal of Education*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/02188791.2023.2251706>

Li, P., Lan, X., Ren, L., Xie, X., Xie, H., y Liu, S. (2023). Research and practice of the BOPPPS teaching model based on the OBE concept in clinical basic laboratory experiment teaching. *BMC Medical Education*. <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04822-z>

Lou, S., Dzan, W., Lee, C., y Chung, C. (2014). Learning effectiveness of applying TRIZ-Integrated BOPPPS. *The International journal of engineering education*, Vol. 30, No. 5, pp. 1303-1312.

Maciejewski, A. A., Chen, T. W., Byrne, Z. S., De Miranda, M. A., McMeeking, L. B. S., Notaroš, B. M., Pezeshki, A., Roy, S., Leland, A. M., Reese, M. D., Rosales, A. H., Siller, T. J., Toftness, R. F., y Notaros, O. (2017). A holistic approach to transforming undergraduate electrical engineering education. *IEEE Access*, 5, 8148-8161. <https://doi.org/10.1109/access.2017.2690221>

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning*. Cambridge University Press.

- Mehta, R., y Zhu, R. (2009). Effects of color on cognitive tasks: A study of blue versus red backgrounds. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(3), 693-703.
- Montero, E. L. P., y Zarta, J. B. R. (2020). Operations Research: From Strategy to Meaningful Learning. *Tecciencia*, 14(26), 9-14. <https://doi.org/10.18180/tecciencia.2019.26.2>
- Moore, P., Ackoff, R. L., y Sasieni, M. (1969). Fundamentals of Operations Research. *OR (London)*, 20(1), 131. <https://doi.org/10.2307/3008543>
- Navazio, L., Romanin-Jacur, G., Baruah, S., y Murphy, F. H. (1998). Teaching Operations Research: Lessons from Cognitive Psychology. *Interfaces (Providence)*, 28(2), 104-110. <https://doi.org/10.1287/inte.28.2.104>
- Pei, L., Lan, X., Ren, L., Xie, X., Xie, H., y Liu, S. (2023). Development and effectiveness of a BOPPPS teaching model-based workshop. *BMC Medical Education*. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05282-9>
- Pérez Arias, S. L., y Agamez Figueroa, B. S. (2023). *Desarrollo de un objeto de aprendizaje mediante el uso de TICs para la práctica Reactor Electroquímico en la asignatura Laboratorio de Procesos II [Tesis de licenciatura, Universidad Industrial de Santander]*. Repositorio institucional. Obtenido de <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/12611>
- Pérez Díaz, M. M., y Aguilar Colorado, B. L. (2020). Estudio para realizar la acción tutorial a través de un sistema de gestión de aprendizaje en Moodle para el nivel de secundaria. *MLS Educational Research*, Vol. 4(No. 1), pp. 1-18.
- Ryan, R. M., y Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68-78.

Shang, F., y Liu, C. (2018). Blended learning in medical physiology improves nursing students' study efficiency. *Advances In Physiology Education*, Vol. 42, No. 4, pp. 711-717.

Tinto, V. (1993). *Leaving college: Rethinking the causes and cures of student attrition*. University of Chicago Press.

Tu, C.-H., Liang, S.-C., y Liu, T.-C. (2003). The relationships between students' perceptions of online learning communities and their learning satisfaction. *British Journal of Educational Technology*, 34(3), 275-286.

Valenzuela Zambrano, B., y Pérez Villalobos, M. V. (2013). Aprendizaje autorregulado a través de la plataforma virtual Moodle Educación y Educadores, Vol. 16(No. 1), pp. 66-79.

Wang, Y., Chen, Y., Wang, L., Wang, W., Kong, X., y Li, X. (2024). Assessment of the effectiveness of the BOPPPS model combined with case-based learning on nursing residency education for newly recruited nurses in China: a mixed methods study. *BMC Medical Education*. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05202-x>

Yang, Y., You, J., Wu, J., Hu, C., y Shao, L. (2019). The effect of microteaching combined with the BOPPPS model on dental materials education for predoctoral dental students. *Journal of Dental Education*, 83(5), 567–574. <https://doi.org/10.21815/jde.019.068>