

Valoración de estudiantes de ingeniería sobre su participación en un proyecto de investigación formativa interdisciplinario en dos asignaturas. 

Evaluation of engineering students on their participation in an interdisciplinary formative research project in two subjects.

Myrna Manco Caycho  [ORCID](#), Roger Manuel Jesús Silva Mares [ORCID](#), Eleazar Obed Torres Jiménez [ORCID](#)

Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú

Resumen

Frecuentemente se ha observado que, en las carreras de ingeniería, los estudiantes no logran articular adecuadamente las asignaturas de Estadística y de especialidad. Este hecho genera una importante carencia en los estudiantes al no aprovechar plenamente las múltiples herramientas que les brinda la estadística. Teniendo en mente esta realidad, en el semestre 2023-II se planteó un proyecto de investigación formativa interdisciplinario, a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la UNTELS que cursaban las asignaturas de Estadística Aplicada y Transferencia de Calor. El objetivo del presente artículo fue valorar la percepción de los estudiantes sobre su participación en este proyecto, buscando comprender a fondo su experiencia e identificar factores clave de similitud. Se encuestó a 28 estudiantes. El análisis de cluster permitió identificar tres grupos de estudiantes con patrones coherentes en sus percepciones y experiencias. El cluster 1 exhibió una “Valoración Interdisciplinaria Avanzada” respaldando la efectividad del proyecto y coincidiendo con investigaciones previas. El cluster 2 mostró una “Valoración Interdisciplinaria Moderada” sugiriendo beneficios, pero señalando la necesidad de explorar más a fondo el impacto de variables individuales. El cluster 3 identificado como “Valoración Interdisciplinaria en Inicio” reveló puntuaciones más bajas, destacando desafíos logísticos y de comunicación. El análisis factorial proporcionó dos componentes principales: “Enriquecimiento profesional y habilidades prácticas” y “Conocimientos previos”, estos hallazgos refuerzan la coherencia con el análisis general y proporcionan una perspectiva más profunda de las experiencias específicas de cada grupo de estudiantes en el proyecto.

Palabras Claves: Investigación formativa interdisciplinaria, cluster, análisis factorial

Abstract

It has frequently been observed that, in engineering degrees, students fail to adequately articulate the Statistics and specialty subjects. This fact generates a significant deficiency in students by not taking full advantage of the multiple tools that statistics offers them. Keeping this reality in mind, in the 2023-II semester, an interdisciplinary formative research project was proposed to students of the Mechanical and Electrical Engineering degree at UNTELS who were studying the subjects of Applied Statistics and Heat Transfer. The objective of this article was to assess the students' perception of their participation in this project, seeking to fully understand their experience and identify key factors of similarity. 28 students were surveyed. The cluster analysis allowed us to identify three groups of students with coherent patterns in their perceptions and experiences. Cluster 1 exhibited “Advanced Interdisciplinary Assessment” supporting the effectiveness of the project and coinciding with previous research. Cluster 2 showed “Moderate Interdisciplinary Assessment” suggesting benefits but pointing out the need to further explore the impact of individual variables. Cluster 3 identified as “Incipient Interdisciplinary Assessment” revealed lower scores, highlighting logistical and communication challenges. The factor analysis provided two main components: “Professional enrichment and practical skills” and “Background knowledge”; these findings reinforce the coherence with the general analysis and provide a deeper insight into the specific experiences of each group of students in the project.

Keywords: Interdisciplinary formative research, cluster, factor analysis

INTRODUCCIÓN

Frecuentemente los estudiantes universitarios (y particularmente los de ingeniería) no logran captar plenamente la importancia de las asignaturas de estadística incluidas en sus planes de estudio, porque no perciben una clara articulación de éstas, con los demás cursos de su especialidad. Para abordar esta problemática, se ha identificado que la inclusión de proyectos de investigación formativa puede ser una estrategia efectiva. La tendencia de la literatura respalda esta idea, destacando la importancia de proporcionar a los estudiantes una perspectiva práctica y aplicada de los conceptos estadísticos. En esa dirección, Noguez y Nerí (2019) presentan un modelo y metodologías que incorporan aprendizaje basado en investigación en estudiantes de pregrado en ingeniería. Rojas, Durango y Rentería (2020), indican que “los proyectos de aula se han convertido en una herramienta adecuada para fomentar la cultura investigativa” y ven la necesidad de integrar dichos proyectos a lo largo de todo el currículo para lograr un mayor impacto. Sánchez (2021) también desarrolló una experiencia de modelamiento matemático en el aula. Leandro y Brenes (2021) promueven la participación de los estudiantes en proyectos y acciones de investigación innovadoras. Serrano y Pérez (2022) implementaron una actividad para aprender haciendo, mediante una investigación en el ámbito de una determinada asignatura. Rivas, Loli y Quiroz (2020) investigaron en cuanto a la percepción de los estudiantes de enfermería sobre la investigación formativa en la carrera de pregrado; para valorar dicha percepción emplearon el estudio cuantitativo, descriptivo y de corte transversal. Chanchahuana, Carrasco, Escobedo y Diaz (2023) plantearon como objetivo de su investigación el “determinar la influencia de la indagación formativa en el desarrollo de las competencias investigativas de los estudiantes universitarios”, para lo cual sostienen que la investigación es un proceso transversal en los estudios de pregrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Perú. Emplearon la investigación aplicada con enfoque cuantitativo, finalmente realizaron evaluaciones pretest y postest, concluyendo que, la investigación formativa influye de manera significativa en el desarrollo de las competencias investigativas.

Prado (2023) señala que los estudiantes no cuentan con habilidades y competencias investigativas, y la enseñanza es de modo tradicional. Para superar dicha deficiencia se planteó como objetivo “realizar una reflexión analítica sobre la investigación formativa, considerando las estrategias de enseñanza para la investigación en las aulas universitarias”. Para el logro del objetivo, empleó en cuanto a la recolección de datos la técnica observacional, descriptiva y el análisis documental. Como mecanismo de búsqueda de información utilizó la revisión bibliográfica, arribando a los siguientes resultados: La investigación formativa es la posibilidad de desplegar un conjunto de acciones y procesos para incentivar en los estudiantes nuevas formas de estructuras de conocimiento de tal modo les permitan acercarse a la realidad con una actitud interpretativa. En cuanto a estrategias de enseñanza para la investigación formativa enfatiza en garantizar que en las diferentes asignaturas se encuentre de forma explícita la forma de cómo desarrollar las competencias investigativas en los estudiantes.

Considerando estos antecedentes, para el presente caso se formuló un proyecto de investigación formativa interdisciplinario para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur que cursaban simultáneamente en el semestre 2023-II, las asignaturas de Estadística Aplicada y Transferencia de Calor. El proyecto se centró en la implementación de un proceso de investigación interdisciplinario, abordando el diseño y armado de módulos de simulación de hornos con dimensiones y características similares. En la parte exterior de cada uno de los módulos se habilitó un área de registro de temperaturas (en la misma posición y de las mismas dimensiones) la cual, durante los experimentos, se cubrió, sucesivamente, con bloques de distintos materiales y espesores, manteniendo constantes las demás características. En el interior de los módulos, se instalaron fuentes eléctricas de calor con potencias térmicas conocidas y termocuplas para medir las temperaturas (ver Figura 1). Luego de estabilizar la temperatura interior de cada módulo, se procedió a la medición de la temperatura exterior, en el área de registro, mediante una cámara termográfica. La participación fue grupal, asignando a cada equipo, un material específico. Con los datos recopilados, cada grupo logró determinar la cantidad de calor disipada a la atmósfera a través del área de registro de temperatura y su variación según el espesor de la cubierta colocada sobre dicha área. En la evaluación de los resultados, los estudiantes aplicaron conceptos de diseño experimental de un factor correspondiente a la asignatura de Estadística Aplicada y, por otra parte, la ecuación de Fourier y conceptos de transferencia de calor por conducción, vinculados a la asignatura de Transferencia de Calor.

El objetivo del artículo fue presentar la valoración de los estudiantes sobre su participación en el mencionado proyecto de naturaleza formativa e interdisciplinaria, con la finalidad de proporcionar una comprensión profunda de su experiencia, identificando factores clave que afectan su percepción y participación.

Figura 1

Módulo de simulación de horno, aislado externamente con poliestireno expandido



1. Material y métodos

Se llevó a cabo una investigación cuantitativa de diseño no experimental a través de una encuesta aplicada a 28 estudiantes que estaban matriculados simultáneamente en las dos asignaturas. Todos estos estudiantes se consideran como la población objetivo, por lo que no se requirieron diseños muestrales. Se utilizó un cuestionario elaborado por los autores estructurado en cuatro secciones: Relación con la asignatura Estadística Aplicada (3 variables), relación con la asignatura Transferencia de Calor (3 variables), habilidades adquiridas (4 variables) y experiencia obtenida con el proyecto (3 variables). El cuestionario presenta un Alfa de Cronbach igual a 0,966 y se distribuyó de manera electrónica a todos los estudiantes del grupo mencionado, habiéndose fomentado la participación voluntaria para obtener respuestas honestas y sin sesgo.

Zavyalov, Saginova, Zavyalova (2017) señalan que los inicios del estudio y reconocimiento de las consecuencias de los cluster en la industria se llevaron a cabo en el siglo XIX, también, Turkina y Van Asshe (2018) enfatizan en el uso del cluster como actor clave para la competitividad de un país. De igual modo Pineda, Rodríguez y García (2020) estudiaron la dificultad del desarrollo productivo regional. Para superar dicha dificultad emplearon el uso de los clusters regionales, logrando como resultados importantes avances sobre conceptualización de los clusters, identificación del cluster como un tipo de aglomeración que facilita la difusión de conocimiento y transferencia tecnológica, capacidad del cluster como articulador de instituciones regionales y la configuración de los clusters para el desarrollo productivo regional. De similar modo, los investigadores especializados en la didáctica ven por conveniente considerar y detallar la necesidad de contar con un modelo de cluster educativo transdisciplinar, esto con la finalidad del logro del desarrollo de la investigación formativa en los estudiantes de la Educación Básica Regular, Barturén (2019). Según Rodríguez (2022) refiere que el incremento de la producción científica transforma la tarea de localizar rasgos particulares y patrones que caracterizan a los investigadores. Para poder alcanzar dicha tarea evaluaron los niveles de similaridad, la compatibilidad entre vectores y la distancia euclidiana de los investigadores. Para la mencionada evaluación emplearon algoritmos de agrupamiento con lo que obtuvieron las relaciones perceptuales entre los investigadores, expresando los grupos que se formaron a partir de conglomerados de observaciones en cada subcategoría y dominios de conocimientos de los casos estudiados. Así mismo, Buitrago (2016) emplea un análisis cluster para asignar a estudiantes a grupos específicos según su rendimiento en Matemática en periodos anteriores.

En base a los artículos citados, se ha procedido a identificar patrones y estructuras subyacentes en el conjunto de datos, se implementó un análisis de cluster jerárquico que dio lugar a un dendrograma basado en el método de Ward y la distancia euclidiana al cuadrado. El análisis de cluster es una técnica estadística que agrupa datos similares en conjuntos distintos, revelando patrones y relaciones inherentes. El método de Ward se emplea para minimizar la varianza dentro de los *clusters*, resultando en agrupaciones más coherentes y significativas. La distancia euclidiana al cuadrado mide la similitud entre observaciones, contribuyendo a la formación de cluster más robustos. Es importante destacar que, aunque el conjunto de datos es reducido, esta técnica proporciona información valiosa que será utilizada como punto de partida para diseñar futuras investigaciones.

Para explorar cómo las variables contribuyen a la formación de componentes, ofreciendo una comprensión más profunda de la estructura subyacente de los datos utilizamos el análisis factorial, la medida Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett, el método de extracción de componentes principales, el análisis de regresión con variables y la rotación varimax.

El análisis factorial es una técnica que busca identificar factores latentes subyacentes a partir de las relaciones entre las variables observadas. El KMO y la prueba de Bartlett evalúan la adecuación del modelo factorial, proporcionando una medida de la idoneidad de los datos para el análisis factorial. Una KMO alta sugiere que las variables están correlacionadas lo suficiente como para justificar el uso del análisis factorial. El método de extracción de componentes principales se utiliza para identificar y cuantificar los factores principales que explican la mayor variabilidad en los datos. Las puntuaciones factoriales para cada uno de los sujetos se obtienen sobre la base del método de regresión. La solución canónica inicial de los componentes principales es completamente arbitraria y, por lo tanto, debe ser modificada o rotada de manera que se logre una solución que sea interpretable y coherente con la teoría preexistente. La rotación varimax es una técnica que maximiza la varianza de los cuadrados de las cargas factoriales, simplificando así la interpretación de los factores extraídos. Para el procesamiento de datos se utilizó el software SPSS ver 25.

2. Resultados

Para identificar patrones generales de agrupación de estudiantes a partir de su valoración sobre el proyecto señalado se elaboró un dendrograma (Figura 2) e identificaron tres clusters. El cluster 1, integrado por 17 estudiantes (61%) el cual muestra una significativa valoración positiva respecto a su participación en el proyecto, el cluster 2, formado por 7 estudiantes (25%) que presenta una valoración moderada y, por último, el cluster 3 integrado por 4 estudiantes (14%) que presenta una valoración no desarrollada suficientemente.

Figura 2

Dendrograma que utiliza un enlace de Ward

3.1 Caracterización de los cluster sobre las variables generales

3.1.1 Relación con la asignatura Estadística Aplicada

Las medias en cada una de las variables incluidas en el análisis en los tres grupos se recogen en la Tabla 1. El cluster 1 muestra puntuaciones más elevadas en todas las variables, indicando que los estudiantes perciben una alta necesidad de conocimientos previos de Estadística Aplicada, encuentran una fuerte relación entre el proyecto y la teoría, y experimentan un desarrollo significativo en la capacidad analítica. Se destaca que este cluster presenta escasa variabilidad en las respuestas, sugiriendo consistencia en las percepciones de los estudiantes. El cluster 2 presenta puntuaciones moderadas, indicando una necesidad y relación moderada, y un desarrollo analítico a nivel intermedio. El cluster 3 tiene puntuaciones más bajas, señalando una baja necesidad y relación, así como un nivel inicial en habilidades analíticas, con mayor variabilidad en las respuestas.

Figura 2

Dendrograma que utiliza un enlace de Ward

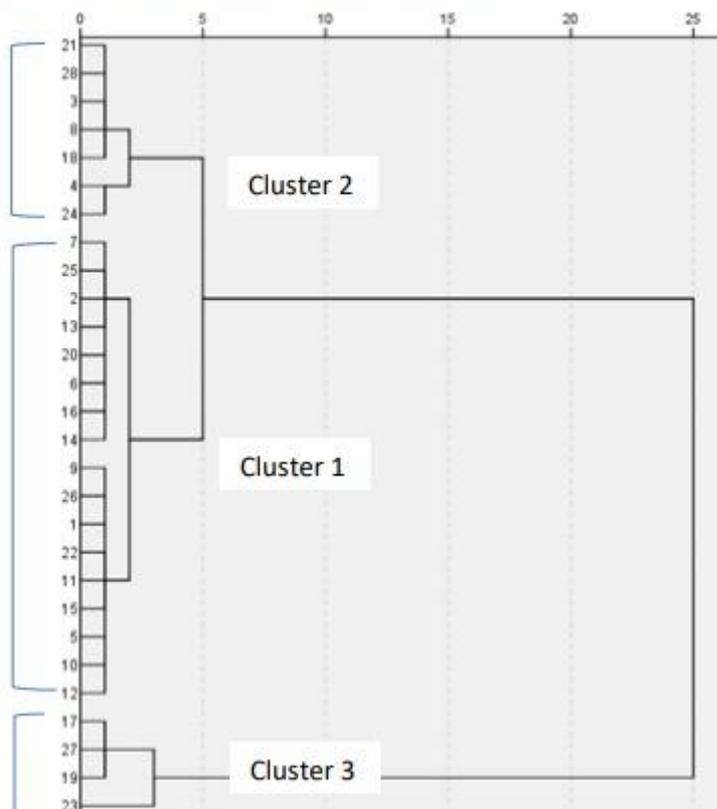


Tabla 1

Medias y desviación estándar de las variables asociadas a Relación con la asignatura Estadística Aplicada

Cluster (Método Ward)		Necesité de conocimientos previos de la asignatura Estadística Aplicada para ejecutar el proyecto	Encontré relación entre el proyecto y el contenido teórico de la asignatura Estadística Aplicada.	El proyecto me permitió desarrollar la capacidad de contrastar hipótesis de los promedios de "k" poblaciones, verificando el cumplimiento de los supuestos del modelo.
1	Media	3,24	3,53	3,65
	Desv. Sd.	,562	,514	,493
2	Media	3,14	2,71	2,43
	Desv. Sd.	,690	,488	,535
3	Media	2,00	1,00	1,50
	Desv. Sd.	1,155	,000	,577

3.1.2 Relación con la asignatura Transferencia de Calor

En el análisis de las variables relacionadas con la asignatura Transferencia de Calor (Tabla 2) en los mismos clusters identificados por el método de Ward, se observan patrones similares a los encontrados en las variables de Estadística Aplicada (Tabla 1). En el Cluster 1, los estudiantes muestran puntuaciones elevadas en todas las variables, indicando una alta necesidad de conocimientos previos, una fuerte relación con la teoría y un significativo entendimiento de los conceptos de transferencia de calor. Este grupo presenta también menor variabilidad en las respuestas, reflejando coherencia en las percepciones. En el Cluster 2, las puntuaciones son moderadas, sugiriendo una necesidad y relación intermedia, y un nivel razonable de comprensión de la transferencia de calor, con mayor variabilidad en las respuestas. Por último, el Cluster 3 muestra puntuaciones más bajas, señalando una baja necesidad y relación, así como

un nivel inicial en la comprensión de los conceptos, con mayor variabilidad en las respuestas. Estos resultados paralelos entre las asignaturas destacan la consistencia en las percepciones de los estudiantes, proporcionando una visión integral de su experiencia en proyectos transversales.

Tabla 2

Medias y desviación estándar de las variables asociadas a Relación con la asignatura Transferencia de Calor

Cluster (Método Ward)	Necesité de conocimientos previos de la asignatura Transferencia de calor para ejecutar el proyecto	Encontré relación entre el proyecto y el contenido teórico de la asignatura.	El proyecto me permitió comprender los conceptos básicos y las ecuaciones de la transferencia de calor utilizadas para el estudio de la transmisión de calor por conducción.
1 Media	3,29	3,59	3,65
Desv. Sd.	,470	,507	,493
2 Media	3,14	2,71	3,14
Desv. Sd.	,690	,756	,378
3 Media	1,75	1,00	1,25
Desv. Sd.	,957	,000	,500

3.1.3 Habilidades adquiridas

En el análisis de las habilidades adquiridas en los clusters identificados por el método de Ward (Tabla 3), se revelan patrones coherentes con las tendencias encontradas en las variables anteriores. En el Cluster 1, los estudiantes exhiben puntuaciones elevadas en todas las habilidades evaluadas, indicando un alto nivel de adquisición de habilidades relacionadas con la medición de temperaturas, la recolección de datos reales, la participación en la preparación de experimentos y el desarrollo de habilidades de trabajo en equipo. Este grupo también muestra menor variabilidad en las respuestas, sugiriendo uniformidad en la percepción de las habilidades adquiridas. El Cluster 2 presenta puntuaciones moderadas en estas habilidades, sugiriendo un nivel intermedio de adquisición y variabilidad moderada en las respuestas. En contraste, el Cluster 3 muestra puntuaciones más bajas, señalando una adquisición limitada de habilidades, con mayor variabilidad en las respuestas. Estos resultados consistentes en las tres áreas evaluadas brindan una visión comprehensiva de las experiencias y percepciones de los estudiantes en proyectos transversales, destacando la importancia de considerar estos aspectos para mejorar futuras iniciativas formativas.

Tabla 3

Medias y desviación estándar de las variables asociadas a Habilidades adquiridas

Cluster (Método Ward)	El proyecto me permitió conocer y manejar instrumentos de medición de temperatura.	El proyecto me permitió recolectar datos reales.	El proyecto me permitió participar en la preparación de un experimento relacionado a mi carrera profesional.	El proyecto me permitió desarrollar habilidades de trabajo en equipo.
1 Media	3,65	3,71	3,53	3,71
Desv. Sd.	,493	,470	,624	,470
2 Media	3,00	3,14	3,00	3,00
Desv. Sd.	,000	,378	,000	,000
3 Media	1,00	1,00	1,25	1,00
Desv. Sd.	,000	,000	,500	,000

3.1.4 Experiencia obtenida con el proyecto

En el análisis de la experiencia en el proyecto se observan patrones coherentes con los resultados anteriores de los clusters identificados mediante el método de Ward (Tabla 4). En el Cluster 1, los estudiantes muestran puntuaciones más elevadas en todas las variables, indicando que perciben las instrucciones como claras, expresan la opinión de que proyectos similares deberían implementarse en otros cursos y consideran la experiencia transversal como

enriquecedora para su formación profesional. Este grupo también exhibe menor variabilidad en las respuestas. En el Cluster 2, las puntuaciones son moderadas, sugiriendo una percepción intermedia en todas las variables, con variabilidad moderada en las respuestas. Por último, el Cluster 3 muestra puntuaciones más bajas, señalando una percepción más baja en todas las variables, con mayor variabilidad en las respuestas. Estos resultados paralelos resaltan la consistencia en las percepciones de los estudiantes a lo largo de diversas dimensiones del proyecto, contribuyendo a una comprensión holística de su experiencia formativa.

Tabla 4

Medias y desviación estándar de las variables asociadas a Experiencia en el Proyecto

Cluster (Método de Ward)	Las instrucciones para el diseño y armado del horno las encontré claras.	Considero que proyectos semejantes se deberían desarrollar en otros cursos.	La realización de este proyecto de manera transversal en dos asignaturas ha sido una experiencia enriquecedora para mi formación profesional.
1	Media	3,29	3,59
	Desv. Sd.	,588	,507
2	Media	2,86	2,86
	Desv. Sd.	,378	,378
3	Media	2,25	1,50
	Desv. Sd.	1,258	1,000

Las conclusiones sobre los clusters son más generales y describen cómo se agrupan los estudiantes, mientras que las conclusiones del análisis factorial con rotación varimax son más específicas y se centran en cómo las variables contribuyen a la formación de componentes.

3.2 Caracterización de los cluster sobre las componentes factoriales

3.2.1 Idoneidad para la realización del análisis factorial

Para verificar la adecuación de los datos al análisis factorial, se utilizó la Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la Prueba de Bartlett. La medida KMO = 0,821 sugiere que los datos tienen una adecuación de muestreo bastante buena para el análisis factorial (porque su valor está cercano a 1). La Prueba de Esfericidad de Bartlett evalúa la hipótesis nula de que la matriz de correlación es una matriz de identidad (indicando que no hay relación entre las variables). Un valor significativo ($p < 0,05$) sugiere que hay suficiente correlación en los datos para proceder con el análisis factorial. En este caso, el valor de p es aproximadamente cero, lo que indica que la matriz de correlación no es una matriz de identidad y que hay suficiente correlación para realizar un análisis factorial. En resumen, con los resultados de ambas pruebas, se puede establecer que los datos son adecuados para realizar un análisis factorial.

3.2.2 Comunalidades

Las comunalidades extraídas resultaron, en su mayoría, bastante altas (cercano a 1), el mínimo valor encontrado para “Las instrucciones para el diseño y armado del horno las encontré claras” fue 0,553 lo que sugiere que los factores extraídos explican bien la varianza en las variables originales. La tabla de Varianza Total Explicada proporciona información sobre la cantidad de varianza en los datos, originalmente medida por cada variable, que se explica mediante los componentes principales extraídos en el análisis factorial. Con un factor se explica el 52,116% de la varianza total en los datos. Este es un porcentaje sustancial, lo que indica que este componente es muy relevante para entender la estructura de los datos; el segundo componente explica un 27,566% adicional de la varianza, acumulando así un 79,681% junto con el primer componente. Ambos componentes juntos explican casi el 80% de la varianza total. Los siguientes componentes explican porcentajes adicionales de varianza, pero su contribución individual es tan baja que no son considerados relevantes para explicar la estructura de los datos.

3.2.3 Matriz de componentes rotados

En la matriz de componentes rotados (ver Tabla 5), las variables parecen agruparse de manera más clara y coherente en comparación con la matriz no rotada. Los componentes resultantes parecen capturar de manera más efectiva aspectos específicos relacionados con la formación profesional, la necesidad de conocimientos previos y la participación en actividades prácticas. Las componentes resultantes fueron:

Componente 1: Las características destacadas son: La realización del proyecto interdisciplinario en dos asignaturas es enriquecedora para la formación profesional, consideración de desarrollar proyectos similares en otros cursos, el proyecto me permitió desarrollar la capacidad de contrastar hipótesis de los promedios de "k" poblaciones verificando el cumplimiento de los supuestos del modelo, encontré relación entre el proyecto y el contenido teórico de la asignatura Transferencia de calor, las instrucciones para el diseño y armado del horno las encontré claras.

Componente 2: Las características destacadas son: Necesidad de conocimientos previos en Estadística Aplicada y de Transferencia de Calor para ejecutar el proyecto.

Con la finalidad de encapsular la esencia y el significado de cada componente se denominó al Componente 1: "Enriquecimiento Profesional y Habilidades Prácticas" y para la segunda componente: "Requisitos Previos en ambas asignaturas".

Tabla 5

Matriz de componentes rotados^a

Preguntas	Componente	
	1	2
La realización de este proyecto de manera transversal en dos asignaturas ha sido una experiencia enriquecedora para mi formación profesional.	,850	,303
Considero que proyectos semejantes se deberían desarrollar en otros cursos.	,830	,167
El proyecto me permitió desarrollar la capacidad de contrastar hipótesis de los promedios de "k" poblaciones, verificando el cumplimiento de los supuestos del modelo.	,820	,267
El proyecto me permitió recolectar datos reales.	,797	,454
El proyecto me permitió desarrollar habilidades de trabajo en equipo.	,785	,517
Encontré relación entre el proyecto y el contenido teórico de la asignatura Transferencia de Calor.	,781	,366
El proyecto me permitió conocer y manejar instrumentos de medición de temperatura.	,771	,468
El proyecto me permitió comprender los conceptos básicos y las ecuaciones de la transferencia de calor utilizadas para el estudio de la transmisión de calor por conducción.	,738	,572
Las instrucciones para el diseño y armado del horno las encontré claras.	,735	,112
Encontré relación entre el proyecto y el contenido teórico de la asignatura Estadística Aplicada.	,731	,540
El proyecto me permitió participar en la preparación de un experimento relacionado a mi carrera profesional.	,695	,598
Necesité de conocimientos previos de la Estadística Aplicada para ejecutar el proyecto	,154	,901
Necesité de conocimientos previos de la asignatura Transferencia de calor para ejecutar el proyecto	,329	,875

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.^a

a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

3.2.4 Matriz de transformación de componentes

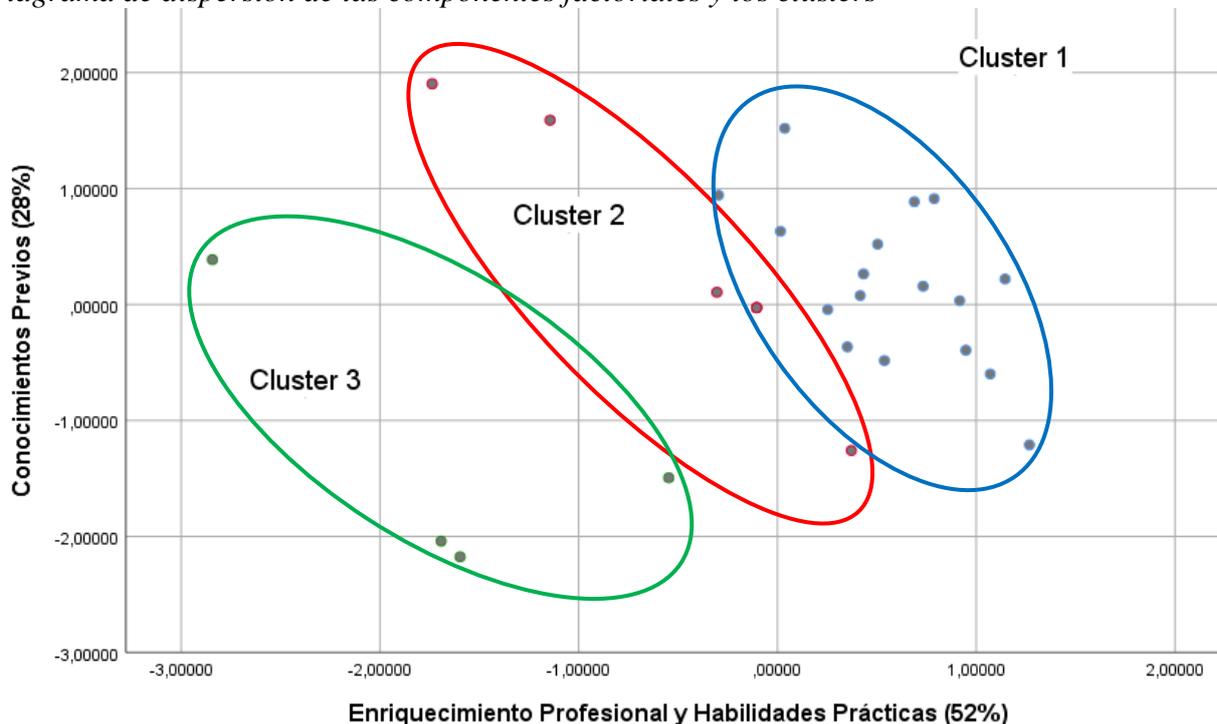
La Matriz de transformación de componentes indica que la contribución del Componente 1 original se mantiene bastante alta (0,834) en el Componente 1 después de la rotación, es decir que hay una fuerte asociación entre ese componente y las variables originales, y que hay una contribución significativa del Componente 2 original al Componente 1 después de la rotación (0,552), pero en términos relativos, es menor que la contribución del Componente 1 original. Así mismo, la contribución del Componente 2 original se mantiene bastante alta (0,834) en el Componente 2 después de la rotación y hay una contribución significativa del Componente 1

original al Componente 2 después de la rotación (-0,552), pero en términos relativos, es menor que la contribución del Componente 2 original.

En la Figura 3 se representa la distribución de los clusters en el espacio de los componentes principales.

Figura 3

Diagrama de dispersión de las componentes factoriales y los clusters



3. Discusión

En el análisis de cluster, los estudiantes fueron agrupados en tres categorías distintas. En cada bloque, los resultados fueron consistentes, revelando patrones similares en las percepciones y experiencias de los estudiantes.

El Cluster 1, identificado como "Valoración Interdisciplinaria Avanzada", obtuvo puntuaciones altas en todos los aspectos relacionados con la realización de un proyecto transversal en dos asignaturas, la experiencia fue enriquecedora para la formación profesional, y el participante promedio considera que proyectos similares deberían implementarse en otros cursos. Durante el proyecto, se desarrollaron habilidades analíticas. También se destacan la recolección de datos reales, el desarrollo de habilidades de trabajo en equipo, y la relación del proyecto con el contenido teórico de las asignaturas Transferencia de Calor y Estadística Aplicada. Además, se menciona el manejo de instrumentos de medición de temperatura, la comprensión de conceptos teóricos de las asignaturas concernientes al presente proyecto, y percibió claridad de las instrucciones para el diseño y armado del horno. Además, se destaca la participación en la preparación de un experimento relacionado con la carrera profesional, y se señala la necesidad de conocimientos previos en ambas asignaturas para ejecutar el proyecto con éxito.

Algunos de los estudiantes agrupados en el Cluster 1 expresaron comentarios positivos sobre el proyecto. El estudiante N° 11 destacó la disponibilidad de laboratorios y personal más preparado. El estudiante N° 16 señaló la claridad en el proyecto, resaltando el aprendizaje en medidas y cálculos estadísticos, y expresó el deseo de que experiencias similares se repitan en ciclos futuros. El estudiante N° 20 abogó por mejoras en los laboratorios para optimizar la dinámica de aprendizaje, especialmente en modalidad remota. El estudiante N° 1 elogió la ejecución del proyecto y el conocimiento adquirido. El estudiante N° 22 consideró el proyecto beneficioso y espera más iniciativas similares en diferentes cursos. El estudiante N° 14 destacó

la ayuda del proyecto para reducir la carga de trabajo. El estudiante N° 9 disfrutó llevar el curso con sus compañeros, mientras que el estudiante N° 7 lo describió como didáctico y aplicable a la vida real. Estos testimonios subrayan la efectividad y el impacto positivo del proyecto en la experiencia de aprendizaje de los estudiantes.

Los resultados obtenidos, son consistentes con los de Rojas et. al. (2020) ya que identificaron que un 58,3% de estudiantes sostienen que los proyectos de aula efectivamente aportan al desarrollo de competencias investigativas, enfatizando en la necesidad de su integración con todas las asignaturas, también con Sánchez (2021) dado que encontró interacción entre el conocimiento teórico y el conocimiento tecnológico, así como el reconocimiento del abordaje interdisciplinar para los problemas de ingeniería y la implementación de diseños experimentales. También es similar a la conclusión de Chanchahuana, Carrasco, Escobedo y Diaz (2023) en el sentido de que la investigación formativa influye de manera significativa en el desarrollo de las competencias investigativas. Sin embargo, Serrano y Pérez (2022) da un paso más adelante al haber logrado la divulgación de los resultados obtenidos por la mayoría de estudiantes.

El Cluster 2, denominado "Valoración Interdisciplinaria Moderada", presentó puntuaciones moderadas en todos los aspectos evaluados, en contraste con el cluster 1 que exhibió puntuaciones altas. Los comentarios de los estudiantes como el del estudiante N° 28, indican que la experiencia fue beneficiosa y útil para comprender las variables. Este breve comentario sugiere la necesidad de explorar más a fondo sobre cómo la experiencia impactó en la comprensión de las variables, si hubo desafíos específicos o si hay sugerencias para mejorar aspectos particulares del proyecto. Así mismo, la moderación en las puntuaciones nos lleva a que, en proyectos futuros, se deberá evaluar los niveles de participación, enfoque o la naturaleza de la contribución de cada estudiante en el proyecto. Esta evaluación destaca la diversidad de experiencias entre los clusters y proporciona una base para entender las distintas dinámicas de aprendizajes en el contexto de un proyecto interdisciplinario. La valoración moderada de los estudiantes de este cluster concuerda con los hallazgos de Rivas, Loli y Quiroz (2020) quienes encontraron que el 72% de los estudiantes tienen una percepción moderadamente favorable respecto a la integración de la investigación formativa en sus estudios. Además, el 62% de los estudiantes manifiesta una valoración medianamente favorable en relación a las habilidades investigativas alcanzadas, no obstante, existen discrepancias en cuanto al tamaño, ya que nuestro grupo representa sólo el 25% de los estudiantes.

El Cluster 3, designado como "Valoración Interdisciplinaria en Inicio", se distingue por obtener puntuaciones promedio más bajas que el cluster 2 en todos los aspectos evaluados, y la mayoría de estas puntuaciones se situaron alrededor del nivel más bajo posible. A pesar de ser un grupo pequeño, sus integrantes expresaron observaciones que proporcionan perspectivas valiosas sobre áreas específicas de mejora en el proyecto. Los comentarios del estudiante N° 19 y del estudiante N° 27 resaltan la necesidad de mejorar la coordinación entre profesores y encargados del laboratorio, así como la claridad y exactitud en las instrucciones del procedimiento para el armado del horno. Estas observaciones sugieren posibles desafíos en la ejecución del proyecto, señalando aspectos logísticos y de comunicación que podrían haber afectado la experiencia de aprendizaje del cluster 3 de manera más evidente que en los otros clusters. Al igual que en el cluster anterior, sería pertinente abordar estrategias de mejora y considerar cómo podrían contribuir a una implementación más efectiva del proyecto en futuras ediciones.

Estos resultados proporcionan una visión integral de las experiencias formativas de los estudiantes, destacando áreas de fortaleza y oportunidades de mejora en proyectos interdisciplinarios a dos asignaturas.

El análisis factorial ha permitido una interpretación más clara y distintiva de los factores. Los dos factores están condensando las 13 variables conservando el 80% de la información en dos dimensiones distintas de la experiencia del proyecto: uno centrado en el enriquecimiento profesional y habilidades prácticas, y otro en los requisitos previos de las asignaturas. La interpretación de los factores rotados proporciona una comprensión más refinada y detallada de las percepciones de los estudiantes en cada cluster. Estas conclusiones resumen cómo los cluster se relacionan con los factores rotados y proporcionan una perspectiva más profunda sobre las dimensiones específicas de la experiencia del proyecto que son importantes para cada grupo de estudiantes. Los clusters están bien diferenciados (Figura 3), el primer cluster exhibe un perfil destacado, albergando a aquellos estudiantes que experimentaron el mayor enriquecimiento profesional y desarrollo de habilidades prácticas, respaldado por un promedio de 0,58 en el componente asociado, además presenta las mejores bases de conocimientos previos, con un promedio de 0,18 en la correspondiente componente. En contraste, el segundo cluster 2 presenta medias moderadas en ambos componentes con promedio de -0,45 y 0,32 para enriquecimiento profesional y habilidades prácticas, y conocimientos previos, respectivamente. Este grupo representa a estudiantes que, si bien no alcanzan los niveles más altos de enriquecimiento y habilidades prácticas, mantienen un rendimiento equilibrado en ambas dimensiones. Por último, el cluster tres se distingue por tener las medias más pequeñas en comparación con los otros clusters, con promedios -1,67 y -1,33 para enriquecimiento profesional y habilidades prácticas, y conocimientos previos respectivamente. Este patrón refuerza la coherencia con el análisis general, indicando que este grupo de estudiantes experimenta niveles más bajos tanto en enriquecimiento profesional como en habilidades prácticas, y conocimientos previos menos sólidos.

4. Conclusiones

- A. El análisis cluster ha permitido identificar tres categorías distintas de estudiantes, cada una reflejando patrones coherentes en sus percepciones y experiencias. El cluster 1 denominado como "Valoración Interdisciplinaria Avanzada" exhibió altas puntuaciones promedio en todos los aspectos evaluados, indicando una sólida comprensión y aplicación de los conocimientos adquiridos en las dos asignaturas. Los comentarios positivos de los participantes respaldan la efectividad del proyecto, subrayando su impacto positivo en el aprendizaje y la formación profesional. Además, los hallazgos obtenidos, coinciden con investigaciones previas destacando la importancia de los proyectos de aula para el desarrollo de competencias investigativas y la interacción entre el conocimiento teórico y tecnológico en el ámbito de la ingeniería. El cluster 2 identificado como "Valoración Interdisciplinaria Moderada" reveló puntuaciones promedio en un nivel moderado en todos los aspectos evaluados, contrastando con el cluster 1 que presentó puntuaciones más elevadas. Los comentarios de los estudiantes sugieren que la experiencia fue beneficiosa y plantea la necesidad de una exploración más profunda sobre el impacto de la percepción de las variables. La moderación en las puntuaciones señala la importancia de evaluar la participación individual, el enfoque y la contribución de cada estudiante en proyectos futuros. El cluster 3 denominado como "Valoración Interdisciplinaria en Inicio" se distingue por obtener puntuaciones promedio más bajas que el cluster 2 en todos los aspectos evaluados, con la mayoría de estas puntuaciones ubicadas en niveles bajos. Aunque es un grupo pequeño, los comentarios de los estudiantes proporcionan perspectivas valiosas sobre desafíos logísticos y de comunicación que podrían haber afectado la experiencia de aprendizaje del cluster 3 de manera más evidente que en los otros clusters. Estas observaciones destacan la importancia de abordar estrategias de mejora para una implementación más

efectiva del proyecto en futuras ediciones, considerando la optimización de la coordinación y la claridad en las instrucciones como elementos clave.

- B. El análisis factorial ha proporcionado una interpretación más clara y distintiva de los factores, condensando las 13 variables en dos componentes principales de la experiencia del proyecto. Componente 1 denominado "Enriquecimiento Profesional y Habilidades Prácticas" y componente 2 identificado como "Conocimientos Previos". Los factores rotados han permitido una comprensión refinada de las percepciones de los estudiantes en cada cluster, es así que el cluster 1 exhibe un perfil destacado, albergando a estudiantes con el mayor enriquecimiento profesional y desarrollo de habilidades prácticas, respaldado por sólidos conocimientos previos, en contraste, el cluster 2 presenta medias moderadas en ambas componentes, representando a estudiantes equilibrados en enriquecimiento y habilidades prácticas, así como en conocimientos previos. Finalmente, el cluster 3 muestra las medias más bajas, indicando niveles más bajos de enriquecimiento profesional, habilidades prácticas y conocimientos previos. Estos hallazgos refuerzan la coherencia con el análisis general y proporcionan una visión más profunda de las experiencias específicas de cada grupo de estudiantes en el proyecto.
- C. La significativa aceptación al enfoque de proyecto de investigación formativa interdisciplinario permitió verificar que una proporción importante de estudiantes logró percibir que era posible una integración efectiva de conocimientos teóricos de la Estadística con un curso de especialidad de ingeniería, manifestando además el deseo que se extienda a una mayor cantidad de asignaturas por los beneficios percibidos. Si bien cada sección de estudiantes tiene sus características propias, el conocimiento previo de una base de tres grupos resulta particularmente valioso para la planificación de los proyectos en los próximos semestres porque se conocen sus fortalezas y desafíos que enfrenta cada uno de ellos.

Agradecimiento

Los autores agradecen a los estudiantes que participaron en el proyecto y que voluntariamente respondieron el cuestionario.

Referencias bibliográficas

- Barturén, J. J. (2019). Modelo de clúster educativo transdisciplinar, para el desarrollo de la investigación formativa en la ebr. *Zhoecoen*, 11(1), 11–23.
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/tzh/article/view/1028>.
- Buitrago Arria, D. S. (2016). Una aplicación del análisis cluster a la formación de grupos en la materia de matemáticas en una institución de educación personalizada en Bogotá. *Fundación universitaria Los Libertadores. Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, vol. 18, núm. 36, pp. 41-67, 2018.
<https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/725/BuitragoArriaDanielSebasti%c3%a1n.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Chancahuana, M. E. (2023). Investigación formativa en el desarrollo de competencias investigativas en estudiantes universitarios. *Revistas Científicas y Humanísticas de la Universidad del Zulia*. Vol.29.4. pp. 402-414. ISSN: 1315-9518 • ISSN-E: 2477-943.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs/article/view/41264>
- Leandro-Sandí, A. C. y Brenes-Granados, J. (2021). Cartografía curricular para la incorporación de la investigación en el plan de estudios de Ingeniería Industrial. DOI: <http://dx.doi.org/10.22458/caes.v12i1.3468> Volumen 12, Número 1 30 de mayo de

- 2021 pp. 250 – 271
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/revistacalidad/article/view/3468>
- Noguez, J. y Nerí, L. (2019) International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM) (2019) 13:1283–1295 <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00570-x>
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12008-019-00570-x.pdf>
- Pineda, D. L., Rodríguez, E. G. & García, D. A. (2020). Clústeres regionales como estrategia para superar desventajas competitivas. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 11(1), 49–62. <https://doi.org/10.19053/20278306.v11.n1.2020.11682>
- Prado, J.I., (2023). Investigación formativa como estrategia de enseñanza-aprendizaje. *Revista Internacional de Humanidades*. Pp.2-9.
<https://doi.org/10.37467/revhuman.v12.4659>
- Rivas, L.H., Loli, P. y Quiroz V. (2020). Perception of nursing students on formative research in undergraduate. *Rev Cuba Enf.* 2020;36(3):1-15. ISSN 8640319.
- Rodríguez, G. (2022). Cluster algorithm method for profile analysis of scientific researchers. *Revista e-Ciencias de la Información*, vol. 12, núm. 2, pp. 160-184.
<https://doi.org/10.15517/eci.v12i2.50456>.
- Rojas, I. D., Durango, J. A. y Rentería, J. A. (2020). Investigación formativa como estrategia pedagógica: caso de estudio Ingeniería Industrial de la I.U Pascual Bravo. *Estudios Pedagógicos*. XLVI, N° 1:319-338,2020. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07052020000100319&script=sci_arttext
- Sánchez, J. M. (2021) Conocer reflexivo construido por estudiantes de ingeniería en un proceso de investigación formativa basado en la modelación matemática. Universidad Pedagógica Nacional, Facultad de Ciencia y Tecnología Departamento de Matemáticas Maestría en Docencia de la Matemática. Bogotá.
<http://upnblib.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/17192/CONOCER%20REFLEXIVO%20CONSTRUI%cc%81DO%20POR%20ESTUDIANTES%20DE%20INGENIERI%cc%81A%20EN%20UN%20PROCESO%20DE%20INVESTIGACION%cc%81N%20FORMATIVA%20BASADO%20EN%20LA%20MODELACION%cc%81N%20MATEMA%cc%81TICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Serrano, M. F. & Pérez, D. D. (2022) Aprendizaje basado en investigación: estudio de caso de Proyecto Dirigido en Ingeniería Civil. *Revista Educación en Ingeniería*, 17 (34), pp. 1-7, marzo–julio, 2022. Bogotá. ISSN 1900-8260 DOI 10.26507/rei.v17n34.1220.
<https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/1220/1039>
- Turkina, E., & Van Assche, A. (2018). Global connectedness and local innovation in industrial clusters. *Journal of International Business Studies*, 49 (6), 706-728. doi: 10.1057/s41267-018-0153-9
- Zavyalov, D., Saginova, O., y Zavyalova. N. (2017). The concept of managing the agro-industrial cluster development. *Journal of Environmental Management and Tourism* 8(7):1427-1441. DOI:10.14505/jemt.v8.7(23).12.