

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN EDUCACIÓN”**

**TEMA:**

Gestión de talleres formativos para fortalecer competencias analíticas en la interpretación de datos en el Laboratorio de Física Mecánica de la ESPOL

**AUTOR:**

JONATHAN JAVIER VELA FAJARDO

Guayaquil - Ecuador

2025

## RESUMEN

Los estudiantes del Laboratorio de Física Mecánica en ESPOL muestran deficiencias en el desarrollo de sus habilidades analíticas para interpretar datos experimentales. Esto se debe a que las prácticas actuales se enfocan en la aplicación mecánica de procesos y tienen una conexión débil entre la teoría, la argumentación y la experimentación. Esta tesis propone una intervención educativa a través de talleres formativos que combinan modelado, gráficos, y el tratamiento de datos e incertidumbres. Estos talleres fueron diseñados para complementar las prácticas de laboratorio y fomentar un aprendizaje activo y reflexivo. Para el análisis, se utilizó un enfoque cuantitativo con un diseño cuasi-experimental de grupos no equivalentes. Los resultados se compararon usando evaluaciones estandarizadas y estudios estadísticos que incluyeron el cálculo del tamaño del efecto, comparaciones de medias/medianas y modelos de regresión para controlar por variables académicas y factores relacionados con la enseñanza. Los hallazgos revelan un progreso estadísticamente significativo en el grupo experimental, con mejoras en el rendimiento y en la calidad de la justificación de sus conclusiones, lo cual es consistente con tamaños del efecto de medianos a grandes. La discusión resalta que la estructura de los talleres—que combina procedimientos de medición con criterios de validez, incertidumbre y precisión—ayuda a transferir el modelo matemático a la toma de decisiones experimentales. Esto proporciona una vía reproducible para fortalecer la capacidad crítica en contextos de laboratorio. Se recomienda que los talleres se apliquen de manera continua y que se evalúe su sostenibilidad en diferentes entornos de laboratorio.

**Palabras claves:** Competencias analíticas; Interpretación de datos; Talleres formativos; Educación en laboratorios de física.

## ABSTRACT

In the Mechanical Physics Laboratory at ESPOL, gaps have been identified in the development of analytical competencies for interpreting experimental data, which are evidenced in practices focused on the mechanical application of processes and a weak articulation among theory, argumentation, and experimentation. This thesis proposes an educational intervention through formative workshops that combine modeling, graphing, and the treatment of data and uncertainties. These workshops were designed as a complement to laboratory practices with the aim of fostering active and reflective learning. The analysis employed a quantitative approach and a quasi-experimental design with non-equivalent groups. Results were compared using standardized evaluations and statistical studies that included effect size calculation, mean/median comparisons, and regression models to control for academic covariates and teaching-related factors. The findings show statistically significant progress in the experimental group, including improvements in performance and in the quality of the justification of conclusions, which are consistent with medium-to-large effect sizes. The discussion emphasizes that the scaffolding of the workshops—combining measurement procedures with criteria of validity, uncertainty, and precision—helps transfer the mathematical model into experimental decision-making, providing a reproducible path to reinforce critical capacity in laboratory contexts. It is recommended that the workshops be applied continuously and that their sustainability be evaluated in different laboratory settings.

**Keywords:** Analytical competencies; Data interpretation; Formative workshops; Physics laboratory education

## **DEDICATORIA**

A Jehová mi Dios.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi esposa Stefany Pineda por su amor, paciencia y ayuda. A Katherine Camacho y a Josué Mosquera por su compromiso con la educación, tanto de sus compañeros como de sus estudiantes. A todo el equipo de laboratorio de física mecánica de la ESPOL, por su colaboración. Y finalmente a mi familia Pablo Vela, María Fajardo, Irene Vela y Daniel Vela sin su colaboración en mi educación nada de esto sería posible.

## Declaración Expresa

---

Yo Jonathan Javier Vela Fajardo acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 12 de septiembre del 2025.

Autor

## EVALUADORES

---

TUTOR

---

EVALUADOR

---

PRESIDENTE

## ABREVIATURAS O SIGLAS

<b>AA</b>	<i>Análisis de Aprendizaje</i> (Learning Analytics).
<b>ABP</b>	<i>Aprendizaje Basado en Problemas</i> (Problem-Based Learning, PBL).
<b>ANOVA</b>	<i>Analysis of Variance</i> (Análisis de Varianza).
<b>d de Cohen</b>	<i>Cohen's d</i> (Estadístico de tamaño del efecto).
<b>ESPOL</b>	<i>Escuela Superior Politécnica del Litoral</i> .
<b>MOOC</b>	<i>Massive Open Online Course</i> (Curso Online Masivo y Abierto).
<b>PAO</b>	<i>Período Académico Ordinario</i> (Ordinary Academic Term).
<b>PIA</b>	<i>Programa Investigación-Acción</i> (Action-Research Program).
<b>TCT</b>	<i>Teoría Clásica de los Tests</i> (Classical Test Theory, CTT).

## TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Descripción del problema .....	3
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivos específicos .....	5
1.4. Hipótesis .....	6
1.5. Alcance .....	6
CAPÍTULO 2 .....	7
2. MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. Competencias desarrolladas en el laboratorio de Física Mecánica .....	7
2.2. Competencias analíticas en la educación superior .....	9
2.3. Actividades Pedagógicas para el Desarrollo de Competencias Analíticas 13	
2.4. Talleres formativos en el contexto universitario .....	16
CAPÍTULO 3 .....	19
3. METODOLOGÍA .....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	19
3.2. Contexto de la investigación .....	19
3.3. Población y muestra .....	20
3.4. Procedimiento .....	21
3.5. Fiabilidad de la evaluación .....	26
3.6. Validación a través de índices de discriminación y dificultad .....	26
3.7. Consideraciones éticas .....	27
CAPÍTULO 4 .....	28
4. RESULTADOS .....	28
4.1. Verificación de supuestos y elección de pruebas .....	28
4.1.1. Resultados .....	28
4.1.2. Interpretación .....	29
4.2. Análisis general entre grupos .....	29
4.2.1. Homogeneidad total .....	30
4.2.2. Efecto del taller .....	30
4.2.3. Verificación de la ganancia atribuida a los talleres .....	31

4.2.4.	Cuantificación del tamaño del efecto .....	31
4.2.5.	Síntesis .....	32
4.3.	Análisis por paralelo.....	32
4.3.1.	Homogeneidad por paralelos.....	33
4.3.2.	Efecto del taller por paralelos .....	33
4.3.3.	Verificación de la ganancia atribuida a los talleres .....	34
4.3.4.	Cuantificación del tamaño del efecto .....	34
4.3.5.	Síntesis.....	34
4.4.	Análisis por pareja de profesores .....	35
4.4.1.	Homogeneidad por grupos teóricos-prácticos .....	36
4.4.2.	Efecto del taller por grupos teóricos-prácticos.....	37
4.4.3.	Verificación de la ganancia atribuida a los talleres .....	37
4.4.4.	Verificación de ganancia por grupo con curso no homogéneo .....	38
4.4.5.	Cuantificación del tamaño del efecto .....	38
4.4.6.	Síntesis.....	39
4.5.	Análisis por docente de laboratorio.....	40
4.5.1.	Homogeneidad por profesor de laboratorio .....	40
4.5.2.	Efecto del taller por profesor de laboratorio .....	40
4.5.3.	Verificación de la ganancia atribuida a los talleres .....	41
4.5.4.	Verificación de ganancia en docente D con curso no homogéneo ..	41
4.5.5.	Cuantificación del tamaño del efecto .....	42
4.5.1.	Síntesis.....	43
4.6.	Impacto de variables adicionales en el rendimiento de laboratorio.....	44
4.6.1.	Influencia del promedio teórico y del profesor de laboratorio en la nota de examen, modelo completo .....	44
4.6.1.1.	Análisis de resultados .....	44
4.6.1.2.	Síntesis .....	45
4.6.2.	Influencia del promedio teórico y del profesor de laboratorio en la nota de examen, modelo reducido.....	46
4.6.2.1.	Resultados del modelo de regresión.....	46
4.6.2.2.	Resultados del ANOVA.....	47
4.6.2.3.	Análisis gráfico de interacción.....	47
4.6.2.4.	Síntesis .....	48
4.6.3.	Interacción entre promedio teórico y grupo de intervención .....	48
4.6.3.1.	Análisis.....	48
4.6.3.2.	Síntesis .....	49
4.6.4.	Influencia del promedio teórico y variabilidad entre docentes .....	49

4.6.4.1.	Análisis de resultados .....	50
4.6.4.2.	Síntesis .....	52
4.6.5.	Varianza explicada: talleres, promedio teórico y profesor .....	52
4.6.5.1.	Análisis.....	52
4.6.5.2.	Síntesis .....	53
4.6.6.	Impacto de la homogeneidad de la prueba en los resultados.....	53
4.6.6.1.	Análisis.....	54
4.6.6.2.	Síntesis .....	54
4.6.7.	Influencia de la condición de igualdad y de la versión del examen..	55
4.6.7.1.	Análisis.....	55
4.6.7.2.	Síntesis .....	56
4.7.	Comportamiento diferencial de los ítems entre grupos de estudio .....	56
4.7.1.	Análisis .....	57
4.7.2.	Síntesis.....	59
4.8.	Evidencia de lección general .....	60
4.8.1.	Tema de desarrollo de sujeto control.....	60
4.8.1.1.	Análisis.....	60
4.8.2.	Tema de desarrollo de sujeto experimental .....	61
4.8.2.1.	Análisis.....	61
CAPÍTULO 5.....		63
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
5.1.	Conclusiones .....	63
5.1.1.	Objetivo General.....	63
5.1.2.	Objetivo específico 1 .....	64
5.1.3.	Objetivo específico 2 .....	64
5.1.4.	Objetivo específico 3 .....	65
5.1.5.	Objetivo específico 4 .....	65
5.2.	Resultados esperados .....	66
5.3.	Recomendaciones .....	67
5.3.1.	Para la ESPOL y el Laboratorio de Física Mecánica.....	67
5.3.2.	Proyección hacia otros contextos académicos .....	68
5.3.3.	Investigaciones futuras .....	68
6.	REFERENCIAS.....	70
7.	APÉNDICES Y ANEXOS.....	73
	Apéndice A: Código de R para análisis de resultados.....	73
	Apéndice B: Talleres aplicados .....	95

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 3.1 Resumen visual del proceso de enseñanza en el grupo control y experimental.....	23
Figura 3.2 Estudiantes realizando el taller 1 .....	23
Figura 3.3 Estudiantes realizando el taller 2 .....	24
Figura 3.4 Estudiantes realizando el taller 3 .....	24
Figura 4.1 Prueba de normalidad de la nota de lección .....	28
Figura 4.2 Pruebas de normalidad de varianzas de la nota de lección .....	29
Figura 4.3 Prueba total de homogeneidad de notas de teoría .....	30
Figura 4.4 Promedio de lección de laboratorio por grupo .....	30
Figura 4.5 Prueba para validación de ganancia significativa total.....	31
Figura 4.6 Prueba para cuantificar efecto total.....	31
Figura 4.7 Distribución de notas de lección .....	32
Figura 4.8 Prueba de homogeneidad por paralelos de notas de teoría .....	33
Figura 4.9 Promedio de lección por paralelo y grupo .....	33
Figura 4.10 Prueba para validación de ganancia significativa por grupo .....	34
Figura 4.11 Prueba para cuantificar efecto por paralelo .....	34
Figura 4.12 Prueba de homogeneidad de notas de teoría por pareja de profesores .....	36
Figura 4.13 Promedio de lección por pareja de profesores y grupo.....	37
Figura 4.14 Prueba para validación de ganancia significativa por pareja de profesores .....	37
Figura 4.15 Prueba para validación de ganancia significativa por parejas no homogéneas .....	38
Figura 4.16 Prueba para cuantificar efecto por pareja de profesores .....	38
Figura 4.17 Prueba de homogeneidad de notas de teoría por docente de laboratorio .....	40
Figura 4.18 Promedio por docente y grupo.....	41
Figura 4.19 Prueba para validación de ganancia significativa por docente de laboratorio .....	41
Figura 4.20 Prueba para validación de ganancia significativa para docente D .....	42
Figura 4.21 Prueba para cuantificar efecto por docente de laboratorio.....	42
Figura 4.22 Tabla de análisis de varianza del modelo de regresión .....	44
Figura 4.23 Estimación de coeficientes del modelo de regresión .....	45
Figura 4.24 Coeficientes estimados del modelo reducido.....	46
Figura 4.25 Análisis de varianza de modelo reducido.....	47
Figura 4.26 Relación entre promedio del teórico y nota de la lección general por profesor.....	47
Figura 4.27 Coeficientes estimados del modelo de regresión con interacción entre promedio teórico y grupo .....	48
Figura 4.28 Interacción entre promedio del teórico y grupo .....	49
Figura 4.29 Coeficientes estimados del modelo reducido en el grupo control .....	50
Figura 4.30 Coeficientes estimados del modelo reducido en el grupo experimental.....	50

Figura 4.31 Relación entre promedio del teórico y lección de laboratorio por profesor.....	51
Figura 4.32 Modelos anidados.....	52
Figura 4.33 Resultados de la prueba de Wilcoxon por paralelo, considerando igualdad o diferencia de versión de examen.....	54
Figura 4.34 Resumen de diferencias entre grupos según igualdad de versión de examen (Eigual).....	54
Figura 4.35 Coeficientes estimados del modelo de regresión con interacción Grupo × Eigua.....	55
Figura 4.36 Coeficientes estimados del modelo de regresión con factores Grupo, Eigual, Profesor y Versión de examen.....	56
Figura 4.37 Índice de dificultad vs discriminación (Versión 2).....	57
Figura 4.38 Índice de dificultad vs discriminación (Versión 3).....	58
Figura 4.39 Figura 4.38 Índice de dificultad vs discriminación (Versión 4).....	59
Figura 4.40 Evidencia de lección grupo control.....	60
Figura 4.41 Evidencia de lección grupo experimental.....	61

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1 Instrumento de evaluación .....	25
Tabla 4.1 Resumen de supuestos.....	29
Tabla 4.2 Resumen de análisis por paralelo .....	35
Tabla 4.3 Distribución de pareja de profesores.....	36
Tabla 4.4 Resumen de análisis por pareja de profesores .....	39
Tabla 4.5 Resumen de análisis por docente de laboratorio .....	43
Tabla 4.6 Varianza explicada .....	53

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La física como ciencia fundamental, requiere un grado elevado de comprensión conceptual y abstracta por parte de los estudiantes. Esto exige a los docentes, desde etapas tempranas de la educación superior, transmitir los principios físicos, no solo de forma efectiva y clara, sino también fortalecer las competencias analíticas que permitan a los estudiantes utilizar sus conocimientos de manera práctica y eficiente.

Según las cifras del Sistema Integral de Información de la Educación Superior, el registro de matrículas experimenta un crecimiento anual de 4.82% para universidades y escuelas politécnicas, solo la Escuela Superior Politécnica del litoral (ESPOL), tiene un registro de matrículas de 10,273 estudiantes en el 2023 Secretaria de Educación Superior & Dirección Nacional de Gestión de la Información, 2024. Quienes eligen a la ESPOL por su prestigio, están convencidos de que su esfuerzo se verá reflejado en la adquisición de herramientas y habilidades que necesitan para el mercado laboral cambiante que se presenta en el país, el cual no solo necesita de personal con conocimientos profundos, estructurados y especializados, sino también aplicados, dinámicos e interconectados.

Por otra parte, Lee et al. (2019) indican que existe una correlación significativa entre el desarrollo de competencias analíticas y el rendimiento académico. Esto deja en claro la importancia de fortalecer estas habilidades desde etapas tempranas en la formación universitaria. Al fortalecerlas, además de ayudar a la mejora en el rendimiento académico, también contribuye prematuramente a sus necesidades como trabajador, lo que no solo es un beneficio a corto plazo para el estudiante, sino que se traduce en un beneficio para la matriz productiva del nacional.

Considerando esta necesidad, la ESPOL en el 2016 implementó el Proyecto Investigación-Acción (PIA) en la materia de Física mecánica, el cual se basa en la

metodología investigación-acción. De acuerdo con Pérez-Van-Leenden (2019), quien revisó 50 artículos científicos acerca de esta metodología, cuando los docentes-investigadores se proponen cambiar su práctica desde la base del conocimiento y la reflexión crítica, lo realizan para y con los estudiantes, teniendo como objetivo la mejora continua del proceso enseñanza-aprendizaje. Por lo tanto, este estudio respalda la metodología investigación-acción como una estrategia transformadora en la práctica docente en el contexto universitario.

En esta metodología es imprescindible la autoevaluación del desempeño del docente, porque permite ser más crítico y propicia la mejora de sus prácticas. Además, es necesario identificar cuales actividades son más productivas para que los estudiantes alcancen los objetivos de aprendizajes propuestos por la materia y garanticen que las estrategias implementadas sean efectivas (Zambrano Salinas et al., 2022).

Además, Wilcox & Lewandowski (2017) señalan que al participar de manera activa en el laboratorio se mejora la comprensión teórica mediante la experiencia práctica, lo cual hace que estudiar física sea más relevante al combinarse ambas perspectivas. Además, una investigación de la Universidad de Helsinki subraya lo eficaz que es poner en práctica talleres que no solo traten desafíos conceptuales, sino también técnicos, lo cual permite una vinculación entre la teoría y su aplicación en el laboratorio (Kontro et al., 2018).

En consecuencia, los antecedentes mencionados evidencian la relevancia de implementar talleres formativos en el laboratorio de física mecánica. El objetivo principal de estos talleres va más allá de mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, si no que busca perfeccionar las competencias analíticas en sus primeros pasos de la vida universitaria. Esto les proporcionará herramientas más eficaces para el resto de su carrera educativa y laboral.

En este escenario, la investigación actual sugiere una intervención particular con el fin de potenciar las habilidades analíticas a través de seminarios de formación, lo que ayuda a optimizar los métodos de enseñanza y aprendizaje en el Laboratorio de Física Mecánica de ESPOL.

## **1.2. Descripción del problema**

En un estudio realizado en la ESPOL, se evidenció que el porcentaje de aprobación en la asignatura de Física Mecánica disminuyó del 54% en el I PAO 2017 al 43% en el II PAO 2019. El docente investigador sostiene que este descenso es debido al alto nivel de preconcepciones erróneas que llevaba esa cohorte comparada con la del I PAO 2019 (Zambrano Salinas et al., 2022).

Según Barzola Sarmiento (2019), uno de los factores que influyen en el éxito académico en el primer semestre de carreras de ingeniería, está correlacionado con la nota obtenida en física en el curso de nivelación de la ESPOL. Esto significa que, a mayor calificación, mayor es la probabilidad de aprobar todas sus materias en el primer semestre. Conociendo esto, la mejora en el área de física mecánica se hace aún más imperativa debido a que las competencias analíticas que se desarrollan al estudiar física son relevantes para la mejora del pensamiento crítico, capacidad de resolver problemas y su reflexión metacognitiva.

Sin embargo, el hecho de que los estudiantes puedan resolver problemas complejos no siempre implica que comprendan los conceptos de forma apropiada (Morphew & Mestre, 2018). Esto se puede atribuir a la capacidad limitada de aprendizaje autodirigido que tienen los estudiantes, lo cual se ha evidenciado en que los estudiantes tienden a depender únicamente de los recursos educativos suministrados por el profesor, mostrando muy poca revisión bibliográfica y un uso muy limitado de fuentes alternas de información (Malavé Carrera et al., 2016).

Por otra parte, la metodología tradicional de los laboratorios en ESPOL, fomenta un enfoque de “Manual de ensamblaje”, en donde quienes participan de la práctica solo se limitan a seguir los pasos indicados por el docente, o en el caso de la ESPOL, por la plataforma Massive Open Online Course (MOOC), en la que se suministran videografías de cada práctica sin involucrarse activamente en el análisis. Según lo expuesto por Matilainen et al. (2017), este enfoque de manual priva el pensamiento libre e independiente y no promueve la comprensión completa de los procedimientos analíticos, lo cual es necesario para poder abordar problemas más complejos.

Debido a que el diseño actual del laboratorio no promueve la interpretación crítica de datos, se justifica una intervención basada en talleres que articulen teoría y experimentación. Estos talleres se deben centrar en mejorar la comprensión conceptual, así como en desarrollar habilidades prácticas que permitan aplicar sus conocimientos teóricos en otros fenómenos físicos no contemplados directamente en las clases cotidianas en los laboratorios.

La principal inquietud del profesorado de la ESPOL es la desarticulación metodológica entre el contenido teórico de la asignatura Física Mecánica y las actividades que se desarrollan en el laboratorio. Actualmente, el diseño de las prácticas experimentales limita la actividad del estudiante a la ejecución mecánica de pasos y a la recolección pasiva de datos, sin necesidad de establecer una conexión reflexiva con los conceptos de física que se han introducido en el componente teórico de la materia. Por consiguiente, los mecanismos de evaluación, centrados en el informe, evidencian una falta de análisis crítico de resultados y de conclusiones sustanciales, lo que subraya la necesidad de revisar el diseño de las actividades y los mecanismos de reflexión para promover la interpretación crítica y la articulación efectiva entre los objetivos teóricos y prácticos de la materia.

Este desfase no solo tiene un impacto en el desempeño académico inmediato, sino que también afecta la adquisición de habilidades como la capacidad de analizar, justificar y comunicar hallazgos experimentales con rigurosidad, que son esenciales para el futuro profesional del estudiante de ingeniería.

Enfocarse en este problema resulta fundamental debido a que, como docentes, no solo se busca que los estudiantes dominen el contenido, sino más bien el desarrollo de un pensamiento crítico e independiente. Por lo cual, la metodología del laboratorio que se emplea en la ESPOL, al solo enfocarse en la toma repetitiva de datos y un procesamiento mecánico, no permite promover la reflexión ni el entendimiento profundo de los fenómenos físicos inmiscuidos en la práctica, tal como es el objetivo del docente. Es por esto, que se hace necesaria la revisión y la mejora del enfoque de los laboratorios en la ESPOL, para asegurar una comprensión completa de los conceptos vistos tanto en la parte teórica como en la práctica.

Conforme al modelo educativo de la ESPOL, esta problemática está directamente relacionada con el Resultado de Aprendizaje Institucional RA6. Este resultado determina que los alumnos tienen que adquirir la capacidad para llevar a cabo experimentos adecuados, examinar e interpretar datos y aplicar criterios ingenieriles para obtener conclusiones (Centro de Investigaciones y Servicios Educativos, 2020).

Esta investigación tiene como objetivo ayudar a lograr este resultado, mediante la puesta en marcha de talleres formativos que mejoren la integración entre teoría y práctica, impulsen el desarrollo de conclusiones rigurosas y estimulen que las decisiones se fundamenten. Así, la investigación está en consonancia con el compromiso institucional de la ESPOL de mejorar constantemente la calidad educativa, fomentando experiencias de aprendizaje más coherentes y analíticas que sean también más activas y pertinentes con los retos actuales en términos de formación científica.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Implementar talleres formativos basados en el enfoque de Aprendizaje Investigación-Acción en el Laboratorio de Física Mecánica de la ESPOL, para el fortalecimiento de las competencias analíticas en la interpretación de datos de los estudiantes.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Mostrar las deficiencias actuales en el desarrollo de competencias analíticas en interpretación de datos de los estudiantes en el Laboratorio de Física Mecánica de la ESPOL, mediante el análisis de los resultados académicos previos.
- Diseñar talleres formativos basados en el enfoque de Aprendizaje Investigación-Acción.
- Aplicar los talleres formativos en el contexto del Laboratorio de Física Mecánica, para el fortalecimiento de las competencias en interpretación de datos.
- Analizar el impacto de los talleres de formación en la mejora de la habilidad analítica de datos del alumnado, utilizando un diseño cuasi-experimental comparativo entre grupos experimentales y de control. Para este análisis se emplearán métodos estadísticos como ANOVA y tests no paramétricos como Wilcoxon/Mann-Whitney, basándose en los resultados obtenidos durante la evaluación final del curso.

#### **1.4. Hipótesis**

Existe una diferencia significativa entre la implementación de talleres formativos en el laboratorio de física mecánica y el desarrollo de competencias analíticas en la interpretación de datos en los estudiantes de la ESPOL.

#### **1.5. Alcance**

El proyecto se llevará a cabo en el Laboratorio de Física Mecánica de la ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral), ubicado en Guayaquil, Ecuador. Está dirigido específicamente a estudiantes de primer semestre de las carreras de ingeniería que cursan la asignatura de Física Mecánica.

El horizonte temporal del estudio abarca desde 2024 hasta 2025. Durante este período, se recopilarán y organizarán los datos del grupo de control entre los meses de julio y septiembre de 2024. Posteriormente, se diseñarán tres talleres formativos que serán implementados en el grupo experimental. La evaluación del desarrollo de las competencias analíticas se realizará mediante el examen final de laboratorio, seguido de un análisis comparativo y el procesamiento estadístico de los datos (pruebas t-student, ANOVA). Finalmente, se elaborará un informe final que incluirá los hallazgos, conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

Entre las limitaciones tenemos:

- El alcance se restringe a estudiantes de la ESPOL, por lo que los resultados no serán extrapolables a otras instituciones sin estudios complementarios.
- No se controlarán variables externas como el acceso a recursos tecnológicos fuera del laboratorio o el apoyo extracurricular.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Competencias desarrolladas en el laboratorio de Física Mecánica

El laboratorio de Física Mecánica, al ofrecer un ambiente donde se pueden aplicar los conceptos teóricos aprendidos, juega un rol esencial en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Mediante las actividades prácticas, los alumnos obtienen experiencia en la identificación de fenómenos físicos, el manejo de herramientas de medición y la recopilación de datos. Estas tareas no solo fortalecen su entendimiento de los fundamentos teóricos, sino que también facilitan el desarrollo de competencias imprescindibles para el estudio de las ciencias en general.

En el contexto del desarrollo profesional y organizacional, las competencias se entienden como el conjunto de actitudes, habilidades y conocimientos necesarios para realizar un trabajo específico, además de la habilidad para movilizar y utilizar estos recursos en situaciones particulares con la finalidad de conseguir un resultado concreto (Yañiz & Villardón, 2006). Estas competencias incluyen elementos cognitivos, procedimentales y actitudinales en el laboratorio de física, los cuales están vinculados con la capacidad para analizar fenómenos, tomar decisiones fundamentadas en evidencias y reflexionar críticamente sobre los datos obtenidos a través de experimentos.

A continuación, se analizan investigaciones que detallan competencias particulares adquiridas en el laboratorio de física mecánica, como la exactitud experimental y el trabajo en equipo. Se pone un énfasis especial en las habilidades analíticas para la interpretación de datos, que serán el núcleo de este proyecto.

Desde una perspectiva teórica, estas habilidades son fundamentales para el desarrollo del pensamiento científico. Los marcos que tienen un impacto en la educación científica enfatizan que la interpretación y el análisis crítico de datos, además de la formulación de argumentos sustentados en evidencia, son prácticas esenciales para entender y

desarrollar la ciencia (National Research Council, 2012). Además, Osborne, (2014) sostiene que las prácticas científicas son fundamentales para comprender cómo se elabora el conocimiento científico. Asimismo, enfatiza que el procedimiento de contrastar teorías con pruebas empíricas es esencial y reiterativo para que la ciencia progrese de manera confiable.

La investigación de Ordoñez Urbano et al. (2023) desarrolló en los estudiantes las competencias en la precisión y exactitud experimental incorporando laboratorios remotos complementarios en la formación de ingenieros. El objetivo de la metodología usada se basó en fusionar el aprendizaje presencial y el virtual, a través de un marco educativo adaptable en el que la tecnología es esencial para facilitar el proceso del aprendizaje.

No obstante, el estudio menciona como una posible limitación metodológica importante que en contextos remotos el docente ofrece menos retroalimentación inmediata. Esto podría tener un impacto adverso en la interpretación de los datos si los alumnos no tienen todavía la autonomía necesaria requerida. Esta ausencia de acompañamiento puede provocar errores que no se detecten y aprendizajes que sean incompletos. Por ello, a pesar de que los laboratorios a distancia tienen un gran potencial, es necesario integrarlos con recursos de orientación docentes para prevenir vacíos conceptuales.

Por otro lado, la investigación de Omar & Plumb (2023) resalta la relevancia de fortalecer las competencias en el trabajo colaborativo. Estas habilidades no solo promueven el aprendizaje efectivo de los alumnos, sino que también contribuyen a desarrollar destrezas apreciadas en un mundo laboral competitivo. Este enfoque es particularmente significativo en las prácticas de laboratorios, ya que brinda a los alumnos la posibilidad de interactuar y cooperar, lo que conduce a un incremento en la eficacia del aprendizaje.

Pese a las ventajas claras del trabajo colaborativo en el laboratorio, hay críticas por parte del autor respecto a su implementación. Según indican, aunque el 83% de los alumnos corroboró que el número de miembros del grupo era adecuado para finalizar tareas en los laboratorios, el 17% restante no les parecía adecuado dicho tamaño para ejecutar tareas concretas. Además, se detectó el fenómeno de los "free riders", en el que algunos

alumnos se apoyaban en el trabajo de sus pares para conseguir notas sin mayor esfuerzo, debilitando así la eficacia del aprendizaje en grupo.

Otra perspectiva, planteada por Nurzhan et al. (2022), desarrolla competencias analíticas y de pensamiento crítico enfocado en el trabajo práctico dentro de la enseñanza de la física. Esta metodología consistió en realizar experimentos, demostraciones y actividades que permitieron a los estudiantes aplicar conceptos teóricos en el contexto del mundo real. Al involucrarse en este tipo de tareas, los alumnos no solo potenciaron su entendimiento del contenido, sino que también adquirieron destrezas esenciales para tratar problemas de forma analítica.

El estudio reveló que los estudiantes sometidos a esta metodología de enseñanza demostraron un entendimiento más detallado de conceptos físicos complejos y lograron resultados superiores en las pruebas finales en comparación con el grupo de control del estudio. Además, el hecho de que los alumnos examinaran información y solucionaran problemas de manera sistemática contribuyó al fortalecimiento de este tipo de competencias analíticas.

Pese a los resultados beneficiosos de la implementación del trabajo práctico sugerido, se admite que generalizar estos resultados no es apropiado, dado que se fundamentan en un solo entorno educativo en Kazajistán.

En consecuencia, este estudio propone que, en vez de asegurar que las competencias analíticas son "las más importantes", se considera que son un eje transversal del aprendizaje experimental en física. Estas habilidades posibilitan que los alumnos analicen datos, identifiquen patrones, comparen resultados con modelos teóricos y fundamenten sus conclusiones. Esto no solo fomenta una actitud científica y reflexiva hacia el conocimiento, sino que también ayudan a comprender en profundidad los fenómenos físicos.

## **2.2. Competencias analíticas en la educación superior**

Durante las últimas décadas, varios métodos innovadores en la instrucción de la física han intentado mejorar la forma en que los alumnos se relacionan con el conocimiento

científico. Al igual que en otros campos educativos, en esta disciplina se observa una evolución en las metodologías aplicadas, donde se busca fomentar una mayor participación activa y autónoma por parte de los estudiantes. Estas transformaciones en los métodos de enseñanza surgieron debido a la necesidad de estudiantes que, además de entender los conceptos teóricos, tengan habilidades prácticas y competencias analíticas fundamentales para su educación.

Valeeva & Bushmeleva (2016) sostienen que la competencia analítica de los alumnos son el conjunto de procesos cognitivos cuyo objetivo es reconocer, analizar y generalizar saberes, así como convertir esos conocimientos obtenidos en una nueva comprensión a nivel cualitativo. Además, son cruciales en la educación superior para la toma de decisiones y la transferencia de saberes a situaciones profesionales (Álvarez Justel, 2019).

Para evaluarlo, algunos científicos sugieren instrumentos que tienen en cuenta tanto los resultados como el procedimiento del análisis. Para que la evaluación de competencias sea válida, según (Shavelson, 2010), es preciso elaborar instrumentos que reproduzcan tareas auténticas del dominio, incluyan rendimiento operante, sean mejorables y dispongan de técnicas estandarizadas para observar y puntuar. Estas herramientas posibilitan analizar si el alumno detecta patrones, argumenta a partir de pruebas empíricas y propone explicaciones congruentes en relación con los datos adquiridos.

Dentro de este marco, Khaparde (2019) presenta el enfoque de "Solución de Problemas Experimentales" como una metodología que fomenta desarrollar las competencias analíticas en la resolución de problemas mediante aprendizaje activo en los cursos de laboratorio de física. El reducir la participación del docente permitió que los alumnos aborden retos experimentales de forma independiente, esto potenció tanto su entusiasmo como su entendimiento detallado de los experimentos.

Al enfrentar retos de forma sistemática se potencian estas competencias, lo que permite la transformación de los estudiantes en pensadores más adaptables lo cual es útil, no solo en ámbitos científicos, sino también en diferentes contextos de la vida cotidiana. Además, este método fomenta el aprendizaje autodirigido, promoviendo que los

estudiantes puedan indagar y adquirir conocimientos a su propio ritmo, lo que favorece un aprendizaje más relevante y perdurable.

No obstante, uno de los retos más significativos es el exceso de énfasis en la autonomía del aprendizaje. Aunque el método promueve la independencia, algunos alumnos podrían sentirse aislados o carentes del respaldo requerido para abordar problemas experimentales complicados. Así mismo, al reducir la participación del docente, existe el peligro de perder oportunidades valiosas de tutoría y retroalimentación instantánea, lo que resulta crucial para orientar a los alumnos a través de conceptos complicados y prevenir confusiones.

Por otro lado, la investigación realizada por Zacharias & Monteiro (2022) se enfoca en que las clases de laboratorio de física no solo son fundamentales para el fortalecimiento de competencias técnicas, sino que también pueden funcionar como un medio eficaz para impulsar habilidades blandas. Estas últimas, como lo mencionan también Mytsenko & Rusanovska (2022) , comprenden las competencias de planificación y administración del tiempo como una de sus categorías centrales.

Entre las ventajas de este método tenemos que los alumnos aprenden a administrar su tiempo de forma eficaz. El priorizar y organizar las tareas en plazos planificados resulta necesario tanto en contextos educativos como en el mundo laboral. Además, el centrarse en el desarrollo de competencias técnicas y blandas, favorece una educación profesional más integral.

Sin embargo, los autores señalan que existe un alcance limitado en la exploración de otras competencias esenciales para entornos profesionales. Esta investigación podría aprovecharse al incorporar competencias extras como la comunicación eficaz, el trabajo colaborativo y la flexibilidad.

Otro tipo de competencias analíticas es la habilidad para la interpretación de datos. Pols et al. (2021) y Suryadi et al. (2022) subrayan la importancia de promover estas aptitudes en los alumnos de física, tanto a nivel de educación secundaria como universitaria. Las dos investigaciones enfatizan que fortalecer estas competencias es fundamental para

llevar a cabo análisis críticos y tomar decisiones basadas en ellos. Además, permiten un aprendizaje eficaz de la física, debido a que posibilitan que los alumnos se involucren de manera activa en la investigación científica y adquieran una mejor comprensión de los conceptos físicos.

En el marco del Laboratorio de Física Mecánica de la ESPOL, estas competencias adquieren una relevancia primordial porque los alumnos deben lidiar con fenómenos físicos reales, reunir información y convertirla en pruebas científicas. Si los estudiantes no desarrollan correctamente las capacidades analíticas, es posible que se limiten a seguir procedimientos sin entender en profundidad los principios físicos que los sustentan, lo que afecta su formación.

En consecuencia, promover el análisis e interpretación de datos fomenta la habilidad de los estudiantes para enfrentar problemas complejos de forma organizada. Así mismo, al reconocer las desigualdades en las capacidades analíticas de los alumnos, tal como se evidencia en la investigación de Pols et al. (2021), los docentes pueden elaborar estrategias pedagógicas más eficaces que optimicen la instrucción y el aprendizaje en el entorno de laboratorio.

No obstante, ambas tesis también muestran autocríticas que destacan aspectos que necesitan mejorar. Por una parte, Suryadi et al. (2022) indican que su método de evaluación, fundamentado en exámenes escritos de opción múltiple, podría no reflejar totalmente la profundidad de la comprensión y uso práctico de las capacidades analíticas. Pols et al. (2021), por otro lado, perciben como problema el posible impacto de la subjetividad en la interpretación de los datos empíricos, ya que varios estudiantes pueden tratar el análisis de los datos de formas distintas, lo que se traduce en resultados incongruentes.

Finalmente, una vez vistos los tres tipos de competencias analíticas que se pueden desarrollar en el laboratorio, este trabajo trata las limitaciones indicadas por Pols et al. (2021) y Suryadi et al. (2022). Por lo tanto, se sugiere realizar talleres formativos que aborden la interpretación objetiva de datos empíricos a través de técnicas enfocadas en el análisis gráfico y la colaboración grupal. Se intentará añadir a los exámenes escritos

tradicionales evaluaciones más auténticas, que se alineen con el rendimiento esperado en situaciones científicas reales. Esta estrategia, que se implementa en el laboratorio de Física Mecánica de la ESPOL, tiene como objetivo desarrollar una perspectiva que potencie las competencias analíticas para la interpretación de datos, algo fundamental para los alumnos.

### **2.3. Actividades Pedagógicas para el Desarrollo de Competencias Analíticas**

El fortalecimiento de las competencias analíticas en los alumnos es un proceso multifacético que puede optimizarse a través de diferentes actividades pedagógicas. Específicamente en el análisis de datos, estas actividades tienen el objetivo de involucrar a los alumnos en la recopilación, procesamiento e interpretación de datos.

Dentro de este enfoque, Brigas (2019) resalta la relevancia del modelado y la simulación como instrumentos esenciales en la educación científica, subrayando que estas actividades promueven la interacción directa con los datos. Además, el aprendizaje basado en simulación facilita a los alumnos la reflexión, la toma de decisiones, la creatividad y la estandarización de su conocimiento. Este método está especialmente en sintonía con el aprendizaje experiencial, que se basa en que los alumnos aprenden "haciendo" y observando las repercusiones de lo que deciden en un entorno controlado, como es el simulado. Estos posibilitan que los alumnos manejen variables, vean los resultados y desarrollen una intuición sobre cómo se comportan los sistemas físicos, lo que es crucial para el análisis de datos experimentales.

Esta metodología se basa en teorías constructivistas del aprendizaje, según las cuales el alumno no solo recibe el conocimiento, sino que lo construye de manera activa mediante la reflexión y la experiencia (Vygotsky, 1978; Bruner & Duhl, 1966). El objetivo de ofrecer contextos que imitan una práctica científica es que los estudiantes logren entender los conceptos a fondo y aplicarlos, superando la simple memorización y promoviendo la habilidad para resolver problemas complejos de forma autónoma.

Entre las ventajas se destaca que este método promueve un ambiente investigativo, en el cual los estudiantes son incentivados a plantear y verificar sus propias hipótesis acerca de sistemas dinámicos. Esto no solamente fomentó el razonamiento crítico, sino que

también fortaleció el pensamiento analítico al exigir que los alumnos examinen datos para corroborar o desmentir sus teorías. El modelado y la simulación desarrollan habilidades analíticas de una manera particular: los alumnos tienen que interpretar datos simulados en forma numérica y visual, cotejar estas representaciones con predicciones teóricas y si es necesario modificar sus modelos. Estos procesos requieren un alto grado de análisis y solución de problemas, ya que los estudiantes revisan las diferencias, replantean sus hipótesis y mejoran su entendimiento del funcionamiento del sistema físico.

Sin embargo, el autor destaca limitaciones importantes. A pesar de que las actividades fomentaron competencias analíticas, estas se realizaron de manera ocasional debido a varios retos que enfrentaron los maestros. Por ejemplo, la complejidad de los recursos existentes y la extensa preparación que esta estrategia requiere. El peligro de una desconexión entre la simulación y la realidad física se añade a estas desventajas, en caso de no incluir una reflexión profunda y experimentos prácticos. Esto podría restringir que las competencias analíticas desarrolladas en el ámbito virtual se transfieran a situaciones reales.

Por otro lado, Zotou et al. (2020) sostienen que la combinación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) con el Análisis de Aprendizaje (AA) es un método educativo eficaz que promueve el desarrollo de competencias transversales, incluyendo las analíticas. Además, al incentivar a los alumnos a comprometerse con problemas en contextos reales, los lleva a analizar datos y extraer conclusiones fundamentadas en sus descubrimientos.

El ABP, que toma sus raíces del constructivismo social, promueve el aprendizaje activo a través de la confrontación con situaciones reales que demandan investigaciones, reflexiones y soluciones en colaboración (Savery, 2006). El AA, a su vez, provee a los profesores información acerca del proceso de aprendizaje de los alumnos, lo que facilita una retroalimentación más concreta y una intervención pedagógica mejor informada. Esta combinación, que en teoría es sólida, une la experiencia en la resolución de problemas con la habilidad del profesor para formular o modificar nuevas instrucciones a partir de la evidencia recogida.

El ABP es una herramienta pedagógica que prioriza el aprendizaje centrado en el estudiante, involucrándolo activamente en la resolución de problemas del mundo real. En cambio, AA es un método utilizado por los docentes para la recolección y estudio de datos educativos con el objetivo de optimizar la experiencia de aprendizaje. El enfoque ABP-AA desarrolla estas competencias de un modo específico, que requiere que los alumnos no se limiten a identificar el problema, sino que además recojan, clasifiquen, analicen y valoren la información para generar soluciones.

El enfoque combinado ABP-AA ofrece a los docentes una estrategia organizada que conduce a un diseño curricular más eficaz y personalizado, mejorando la calidad de la educación. Los descubrimientos indicaron que este marco es escalable y puede ser utilizado en diferentes entornos educativos para implementar prácticas innovadoras.

No obstante, numerosos docentes manifestaron dudas sobre cómo organizar estos cursos enfocados en el estudiante y la manera adecuada para supervisar su avance. Además, se presentaron interrogantes acerca de cuándo brindar la guía apropiada durante el proceso de enseñanza. Además de otras desventajas, la implementación exitosa del ABP-AA exige una considerable inversión en tiempo para diseñar el currículo y capacitar a los docentes, también se necesita tener acceso a herramientas tecnológicas para analizar datos. Otra desventaja radica en que si los alumnos no son capaces de organizar la investigación por su cuenta, el ABP puede llevar a un aprendizaje superficial sin el apoyo apropiado, además, si los profesores no están capacitados para analizar y actuar con base en los datos obtenidos, el AA puede ser abrumador.

Por otra parte, Rahmadhani et al. (2024) encontraron que el manejo de datos puede suponer un reto considerable para los investigadores principiantes quienes no contaban con la capacitación apropiada y los recursos suficientes obtenidos en cursos previos. Por esta razón se diseñó un taller formativo de tipo introductorio que abarcó el uso de un software para el análisis de datos, orientado en el modelado de ecuaciones estructurales. Además, permitió a los estudiantes familiarizarse con prácticas específicas que facilitaron la comprensión de conceptos y el manejo eficaz de la información.

Según Lave & Wenger (1991), este enfoque de taller formativo concuerda con la teoría del aprendizaje social y situado, que sostiene que las habilidades se desarrollan a través

de la interacción con expertos y la participación guiada en actividades auténticas. El taller favorece la obtención de competencias, que son esenciales para el análisis de datos, al ofrecer instrucciones prácticas y directas sobre cómo emplear herramientas específicas.

En conclusión, el enfoque del taller en la formación práctica facilita a los alumnos el desarrollo de un conocimiento sólido en el análisis de datos. Por esta razón, este estudio propone al taller guiado por el docente como actividad pedagógica, reconociendo que satisface una necesidad educativa esencial: el aprendizaje activo y la transmisión de saberes a situaciones reales. Por consiguiente, el exponer a los alumnos a esta actividad, no solo potencia su entendimiento, sino que también fortalece sus competencias analíticas, equipándolos para afrontar dificultades con más recursos.

Que el taller fomente habilidades analíticas de manera específica se debe a la posibilidad de ejercitar el manejo de datos en un ambiente controlado (aula), adquirir conocimiento sobre el uso de herramientas específicas (gráficas, propagación de errores) y obtener retroalimentación directa del docente. Esto es especialmente útil para adquirir competencias en la interpretación de datos y el uso de herramientas que se pueden aplicar en futuros proyectos de investigación o ámbitos profesionales.

#### **2.4. Talleres formativos en el contexto universitario**

Los talleres han sido una herramienta educativa fundamental durante mucho tiempo. Aunque hoy en día existen otros métodos para reforzar las competencias analíticas, estudios actuales continúan mostrando mejoras significativas en el desarrollo académico y personal de los estudiantes, a través de la implementación de este tipo de actividades pedagógicas. Su eficacia se debe a que está en línea con los principios del aprendizaje colaborativo y activo, donde la construcción del conocimiento tiene lugar a través de la interacción directa con el contenido y los compañeros, bajo la orientación del profesor como facilitador (Johnson & Johnson, 1989; Prince, 2004).

El taller es una herramienta creada para un grupo determinado, cuyo contenido práctico se adapta a las necesidades, intereses y particularidades de los participantes. Normalmente, se estructura en grupos de actividades con un mayor grado de complejidad y que promueven la interacción en el aula, variando en cuanto a su duración

y contenido. Estos pueden incluir objetivos directos e indirectos, junto con diversas estrategias, procedimientos y técnicas (Radić-Bojanić & Pop-Jovanov, 2018).

De acuerdo con algunos escritores, en los talleres se busca que los alumnos adopten roles protagónicos, promoviendo de esta manera un entorno que propicie el debate y la reflexión crítica, en el que se aprecien tanto las experiencias individuales como el trabajo en equipo (Torres Rodríguez et al., 2023;González, 2016). Esta cualidad es esencial para el desarrollo de habilidades analíticas, ya que la reflexión crítica y el debate son elementos claves del proceso de análisis, lo que posibilita que los alumnos pongan en duda las hipótesis, evalúen los argumentos y defiendan sus propias interpretaciones de la información.

Por lo tanto, su implementación requiere una organización detallada que contemple aspectos esenciales como los objetivos educativos, las técnicas adecuadas y el rol de los docentes. De acuerdo con González, la participación en estos talleres debe ser cooperativa y activa, lo cual no solo impulsa un aprendizaje consciente, sino también promueve valores y capacidades creativas.

Siguiendo esta línea, Luna (2012) destaca que una estrategia eficaz es la aplicación de talleres de formación, que se caracterizan por buscar un cambio en la comprensión y las prácticas de los participantes. El taller formativo tiene como objetivo fomentar una reflexión profunda; en cambio, el taller convencional se enfoca generalmente en la adquisición de habilidades específicas.

Amrina y Oktora (2023) realizaron un estudio centrado en la aplicación de talleres formativos, buscando mejorar competencias específicas en participantes no académicos. El objetivo principal fue proporcionar herramientas prácticas y conocimientos aplicables en la elaboración de contenido multimedia para pequeños negocios.

El diseño del taller se desarrolló en tres etapas principales:

- Preparación: Se realizó un estudio exhaustivo para determinar las necesidades de los participantes. Este paso fue fundamental para personalizar las actividades y asegurar que sean una respuesta eficaz a los retos específicos encontrados.

- Implementación: Se ejecutó el taller con instrumentos concretos que promovieran el aprendizaje y la participación activa. Se evidenció que esta herramienta no solo fomenta el aprendizaje de destrezas, sino que también motiva a los participantes a poner en práctica lo aprendido en situaciones reales, estimula su creatividad y desarrolla habilidades técnicas.
- Evaluación: La etapa final se concentró en valorar el efecto y la eficacia del proceso a través de la recolección de observaciones y resultados medibles. Esta fase permitió reconocer los éxitos obtenidos y resaltar los aspectos a mejorar para implementaciones futuras.

Además, se encontró que las actividades facilitaron la transmisión de saberes teóricos-prácticos y fomentaron la autonomía de los participantes. Por ende, se notó un incremento en la confianza y la habilidad de los alumnos para aplicar los conocimientos adquiridos en un contexto real.

Por consiguiente, debido al amplio respaldo que tiene la implementación de talleres en diversos niveles educativos y profesionales, es natural adoptar una actitud positiva hacia su aplicación como estrategia pedagógica. Estos talleres, a diferencia de otros métodos, tienen como principal ventaja su habilidad para generar un ambiente colaborativo y seguro de aprendizaje en el que los errores se consideran oportunidades para aprender y la retroalimentación es instantánea y productiva. No obstante, su limitación estriba en la capacitación que deben recibir los profesores y en el requerimiento de un número limitado de participantes para asegurar una atención individualizada con una interacción relevante.

En definitiva, el diseño propuesto en la investigación de Amrina & Oktora (2023) para talleres formativos, se percibe como un modelo efectivo que potencia el aprendizaje y el desarrollo de competencias. La implementación de estas tres etapas garantiza que el contenido sea relevante y se desarrolle un proceso de enseñanza basado en investigación acción. En consecuencia, los talleres facilitan la transmisión de saberes prácticos, propician la motivación y la participación activa de los alumnos, factores esenciales para que un aprendizaje se vuelva más significativo.

# CAPÍTULO 3

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación se desarrolla utilizando un enfoque cuantitativo y un diseño cuasi-experimental comparativo. Este diseño es relevante porque se quiere examinar el impacto de una intervención pedagógica (taller formativo) en un conjunto de alumnos y cotejar sus resultados con los de otro grupo que no la recibe, sin tener que asignar a los participantes al azar.

En esta investigación, las cohortes de diferentes periodos académicos conforman los grupos, lo cual representa el desafío de asegurar la comparabilidad en términos temporales. Con el fin de disminuir los posibles sesgos que pueden surgir de las diferencias semestrales de los estudiantes en cuanto a sus desempeños académicos, se comprobó que los dos grupos tuvieran un nivel similar. Esto se realizó por medio de la nota total en el apartado teórico de Física Mecánica, la cual se obtiene al terminar el semestre y es válido mencionar que ambos componentes (teórico y práctico) se estudian al mismo tiempo y conforman una sola materia.

Este diseño nos ayuda en la evaluación del efecto que tiene la intervención sobre el desarrollo de habilidades analíticas para interpretar datos, reduciendo la incidencia de factores externos, como la diferencia académica, que podrían sesgar los resultados.

### 3.2. Contexto de la investigación

El estudio se lleva a cabo en el Laboratorio de Física Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), situada en Guayaquil, Ecuador. Esta componente es obligatoria para los alumnos de primer semestre en todas las carreras de ingeniería.

Cada paralelo teórico tiene alrededor de 40 alumnos y cuenta con un profesor de teoría, este curso se divide en dos grupos de laboratorio, cada uno con un profesor propio (con

cerca de 20 estudiantes por grupo). Esta estructura produce lo que se llama pareja de profesores, es decir, la combinación particular de un profesor teórico y un profesor de laboratorio que imparten juntos una misma asignatura.

Aunque el taller fue introducido como parte de la estructura general del curso, no todos los docentes cumplían con los criterios metodológicos de selección para poder participar. Debido a esto solo cinco profesores de laboratorio, que contaban con un conocimiento previo de la materia, estaban familiarizados con las prácticas y los criterios de evaluación, intervinieron en el desarrollo del estudio. Estos se repartieron entre los diferentes paralelos de los grupos experimental y control.

En este laboratorio, los alumnos emplean modelos conceptuales que se han estudiado en el componente teórico, llevan a cabo mediciones, procesan datos y desarrollan conclusiones. La intervención consistió en combinar tres talleres de capacitación con el objetivo de fortalecer la relación entre la teoría, el análisis crítico de los resultados y el manejo de datos.

### **3.3. Población y muestra**

Los alumnos que estaban inscritos en la materia de Física Mecánica a lo largo de los dos semestres académicos elegidos fueron quienes conformaron el grupo estudiado.

- Grupo de control: De 729 alumnos matriculados, 58 se dieron de baja y 451 fueron excluidos por razones metodológicas (el docente no participó de ambos grupos, la pareja de profesores no coincidía o no fue posible supervisar la implementación del taller). La muestra definitiva estuvo compuesta por 220 alumnos.
- Grupo experimental: 676 alumnos inscritos, de los que 73 abandonaron y 413 fueron excluidos bajo las mismas razones metodológicas. El número total de alumnos en la muestra fue 190.

La muestra está compuesta por alumnos de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 17 y los 20 años. Se utilizaron los criterios de exclusión para garantizar que

todos los participantes estuviesen en condiciones de enseñanza similares y aplicación de la intervención.

### **3.4. Procedimiento**

La investigación se desarrolló en seis etapas:

#### **Etapas 1: Recopilación de información del grupo control**

Las notas del examen final de laboratorio de un semestre sin talleres formativos se obtuvieron a partir de los registros académicos institucionales y se estructuraron para su análisis.

#### **Etapas 2: Elaboración de los talleres de formación**

Los talleres fueron estructurados en tres bloques secuenciales, según el enfoque de Aprendizaje Investigación-Acción, con la finalidad de desarrollar habilidades analíticas concretas:

- **Punto 1: Planteamiento del modelo teórico**

Objetivo instruccional: Determinar las variables físicas de un fenómeno, formular el modelo matemático pertinente y entender la relevancia de la linealización en una representación gráfica.

Contenido de la disciplina: Modelos teóricos de la física y métodos de linealización.

- **Punto 2: Gráficas**

Objetivo instruccional: Realizar cálculos de factores de escala, usar la linealización para graficar datos en papel milimetrado o logarítmico, según el taller, y crear gráficos con un formato experimental apropiado.

Contenido de la disciplina: Gráficos lineales y no lineales.

- **Punto 3: Comparación entre teoría y experimento, así como sus incertidumbres.**

Objetivo instruccional: Determinar la ecuación empírica del fenómeno vinculado al taller, utilizar propagación de errores, calcular incertidumbres y cotejar los resultados obtenidos experimentalmente con los valores teóricos a través de error porcentual e incertidumbre relativa.

Contenido de la disciplina: Cálculo de la incertidumbre, validación de los resultados, propagación de errores y obtención de una ecuación experimental.

Cada uno de estos elementos es parte de una secuencia progresiva: el modelo teórico se erige como la base conceptual que se necesita para comprender la física vinculada al experimento, las gráficas constituyen la evidencia empírica necesaria para vincular el modelo teórico y el trabajo con incertidumbres y comparación permiten fortalecer el pensamiento crítico acerca del vínculo entre teoría y práctica.

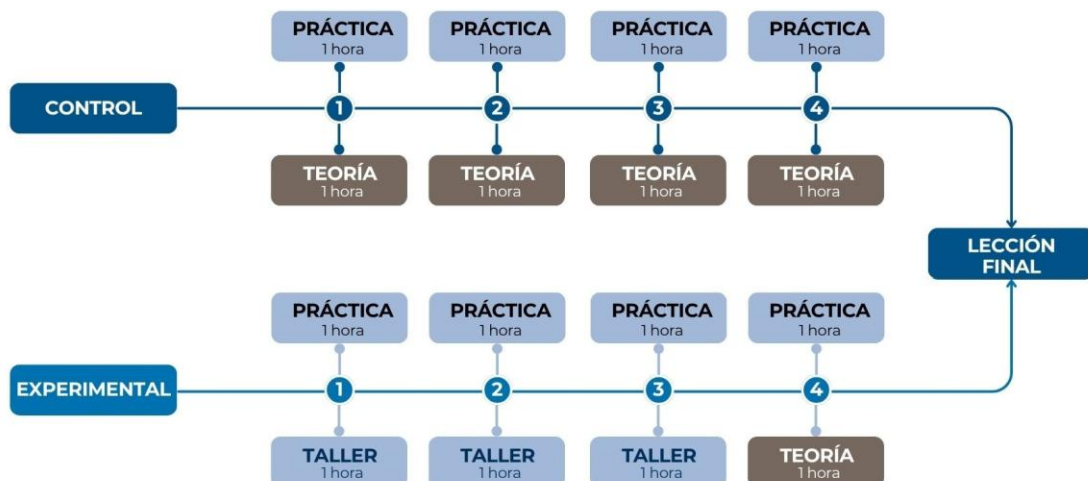
En resumen, el objetivo de la metodología de diseño de los talleres es combinar el aprendizaje activo y la implementación de los fundamentos de Investigación-Acción. Esto posibilita la realización del objetivo específico de crear talleres formativos que mejoren las competencias analíticas de los alumnos en el análisis de datos.

A pesar de que los problemas creados para cada uno de los tres talleres son distintos, todos comparten la misma estructura y metas. Los anexos contienen una descripción de cada taller.

### **Etapas 3: Puesta en marcha de los talleres**

En el semestre del grupo de control, cada sesión u hora clase, tenía una duración aproximada de 50 minutos y se enfocaba en la realización de prácticas de laboratorio. La metodología fue reestructurada para el grupo experimental con el objetivo de diseñar talleres educativos que se fundamenten en la perspectiva de Aprendizaje Investigación-Acción, con la finalidad de reforzar las competencias analíticas en la interpretación de datos.

Según la propuesta de reestructuración (Figura 3.1), cada sesión duraría 120 minutos. De este tiempo, 55 serían dedicados al taller y los restantes 55 a la práctica de laboratorio. Cada taller se planifica con actividades y períodos de tiempo determinados, para que los alumnos puedan comenzar, llevar a cabo y finalizar el taller en la misma sesión, sin tener que trabajar adicionalmente.



**Figura 3.1** Resumen visual del proceso de enseñanza en el grupo control y experimental

A continuación, se presentan la Figura 3.2, Figura 3.3 y Figura 3.4, que muestran imágenes correspondientes a la evidencia de la realización de los talleres que se realizaron a lo largo del semestre del grupo experimental.



**Figura 3.2** Estudiantes realizando el taller 1



**Figura 3.3 Estudiantes realizando el taller 2**



**Figura 3.4 Estudiantes realizando el taller 3**

#### **Etapas 4: Evaluación**

Todos los alumnos presentaron una lección de laboratorio al término del semestre, la cual fue evaluada con los mismos criterios y rúbrica. Esta lección fue la misma en diez de los doce grupos. En los otros dos, aunque el formato era diferente, los objetivos y contenidos eran equivalentes.

La tabla que sigue sintetiza la distribución de paralelos y profesores, así como la versión del examen empleada en cada periodo académico:

**Tabla 3.1 Instrumento de evaluación**

<b><i>Instrumento de evaluación igual</i></b>			
Paralelo	Docente	Versión Grupo Control I Terminó 2024	Versión Grupo Experimental II Terminó 2024
1	C	3	3
2	D	3	3
2	A	3	3
3	E	2	2
4	B	2	2
4	A	2	2
5	D	4	4
5	A	4	4
6	E	4	4
9	C	2	2
<b><i>Instrumento de evaluación diferente</i></b>			
7	A	7	5
8	E	7	5

Es válido mencionar que los paralelos 7 y 8 mostrados en la Tabla 3.1 Instrumento de evaluación, tuvieron diferentes instrumentos de medición, aunque su estructura fue similar. En estos cursos particulares, cuando analicemos la influencia de la condición de igualdad de la versión del examen, llamaremos a esta versión 75.

Se llevará a cabo un análisis de sensibilidad para manejar la eventual heterogeneidad que provenga de este factor. Para ello, se repetirán los cálculos fundamentales sin incluir estos dos grupos, con el objetivo de comprobar si las variaciones en los exámenes tienen un impacto sobre los resultados globales.

Se utilizó la misma rúbrica para todos los grupos y se aplicaron criterios y ponderaciones iguales para realizar la calificación. El Anexo A incluye la rúbrica empleada y el anexo B incluyen las 5 versiones del examen.

## **Etapas 5: Procesamiento de datos y análisis comparativo**

En primer lugar, se llevaron a cabo análisis de normalidad con el método de Shapiro & Wilk (1965) y de homogeneidad de varianzas con el método de Levene (1960).

Como los datos no seguían una distribución normal, se optó por realizar pruebas no paramétricas. Para comparar muestras independientes se empleó la prueba de rangos de Wilcoxon-Mann-Whitney (Wilcoxon, 1945). Después, los tamaños de efecto fueron calculados con el estadístico  $d$  de Cohen (Cohen, 1992).

Finalmente, para investigar la aportación de variables adicionales, por ejemplo, el promedio logrado en teoría, la versión del examen, el hecho de que los grupos control y experimental contaran con el mismo examen y la influencia del profesor de laboratorio en la ejecución del taller, se utilizaron modelos de regresión y análisis de varianza (ANOVA).

### **3.5. Fiabilidad de la evaluación**

La lección tiene validez de contenido porque fue creada para evaluar específicamente las competencias que se trabajaron en los talleres y fue revisada por varios profesores para asegurar que esté alineada con los objetivos de la materia. La fiabilidad se garantiza al aplicar la misma rúbrica y los mismos criterios de calificación en todos los grupos, utilizando ponderaciones iguales.

### **3.6. Validación a través de índices de discriminación y dificultad**

Se realizó un análisis de preguntas para evaluar la calidad de la prueba, el cual se basó solamente en las cinco preguntas de opción múltiple que contiene. Se estimó el índice de dificultad, que mide la proporción de alumnos que contestaron cada pregunta correctamente, y el índice de discriminación, que determina si una pregunta distingue entre estudiantes con un rendimiento alto o bajo en la prueba, utilizando uno de los textos esenciales acerca de Teoría Clásica de los Tests (TCT) elaborado por Tatsuoka et al., (1971).

### **3.7. Consideraciones éticas**

Los datos académicos se emplean en la investigación, sin que los alumnos intervengan directamente. La información se ofrece de manera agregada, asegurando su confidencialidad y el uso exclusivo para fines académicos.

# CAPÍTULO 4

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Verificación de supuestos y elección de pruebas

Primero, tenemos que verificar las hipótesis relacionadas con las pruebas paramétricas clásicas antes de llevar a cabo cualquier comparación estadística entre los grupos de estudio. Dado que los propósitos de la investigación implican comparar las notas de alumnos de distintos ciclos académicos, se llevó a cabo una verificación de la normalidad y homogeneidad de las varianzas en los datos obtenidos de la lección general del laboratorio. Estos pasos metodológicos nos posibilitan garantizar la validez de las pruebas de hipótesis implementadas y elegir el análisis más apropiado para dar respuesta a las preguntas de investigación.

#### 4.1.1. Resultados

```
df$Grupos: Control]
          Shapiro-wilk normality test
data:  dd[x, ]
w = 0.98146, p-value = 0.005479
-----
df$Grupos: Experimental]
          Shapiro-wilk normality test
data:  dd[x, ]
w = 0.98235, p-value = 0.01701
```

**Figura 4.1 Prueba de normalidad de la nota de lección**

La evaluación de normalidad, que se efectuó con la prueba de Shapiro-Wilk (Figura 4.1), reveló que en todos los grupos las puntuaciones de la lección de laboratorio no se distribuyeron de manera normal, como se comprueba con un valor  $p < 0.05$ .

```

> # --- 2) Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) ---
> leveneTest(Examen ~ Grupos, data = df)
Levene's Test for Homogeneity of Variance (center = median)
      Df F value Pr(>F)
group  1  3.8177 0.0514 .
      408
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

**Figura 4.2 Pruebas de normalidad de varianzas de la nota de lección**

La prueba de Levene (Figura 4.2) se utilizó para evaluar la homogeneidad de las varianzas (homocedasticidad) y mostró que los grupos tienen varianzas más o menos iguales, aunque el valor p está tan cerca de 0.05 que se podría argumentar que la homocedasticidad es marginal.

#### 4.1.2. Interpretación

Se eligió utilizar pruebas no paramétricas, en particular la prueba de rangos de Wilcoxon-Mann-Whitney para muestras independientes, debido a la escasez de normalidad y a una homogeneidad marginal. Comparar la distribución de calificaciones entre nuestros grupos de estudio es posible con esta prueba, ya que no requiere una adherencia rigurosa a los supuestos de homocedasticidad y normalidad.

La selección de este método asegura la solidez del análisis y disminuye la probabilidad de llegar a conclusiones sesgadas por el incumplimiento de supuestos estadísticos.

Un resumen se presenta a continuación en la Tabla 4.1 para mayor comodidad del lector.

**Tabla 4.1 Resumen de supuestos**

Supuesto	Prueba	Resultado	Síntesis
Normalidad (Control/Experimental)	Shapiro–Wilk	$p < 0.05$	No normal
Homogeneidad de varianzas	Levene	$p \approx 0.05$	Marginalmente homogéneas

#### 4.2. Análisis general entre grupos

Los resultados de la comparación general entre el grupo experimental y el grupo control se exponen en esta sección. La evaluación se enfoca en tres elementos clave: la confirmación de la homogeneidad entre los grupos, el examen del impacto que tuvo el taller en las notas del examen de laboratorio y la determinación del tamaño de efecto utilizando el estadístico d de Cohen.

### 4.2.1. Homogeneidad total

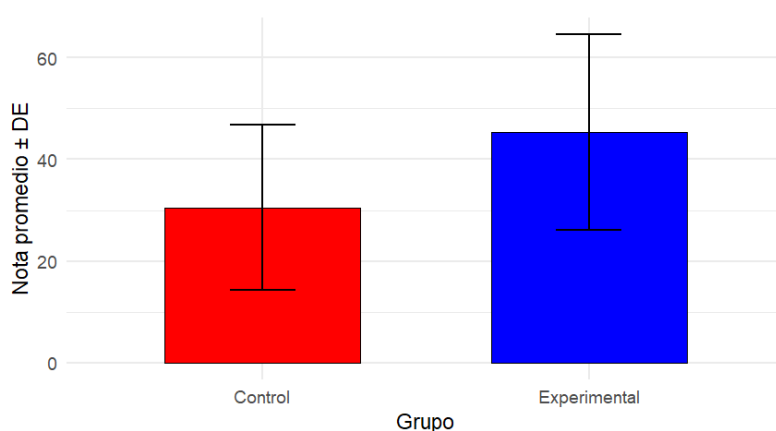
La variable de promedio teórico de la materia Física Mecánica fue empleada para valorar la homogeneidad entre los grupos de estudio.

```
Wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: Promedio by Grupos
W = 21805, p-value = 0.4496
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

**Figura 4.3 Prueba total de homogeneidad de notas de teoría**

La prueba de Wilcoxon (Figura 4.3) mostró que no existen diferencias significativas entre los promedios generales del curso teórico de física de ambos grupos ( $p = 0.4496$ ). Este resultado respalda que las diferencias detectadas en este estudio puedan ser debidas a la intervención, lo cual respalda la comparabilidad entre los grupos.

### 4.2.2. Efecto del taller



**Figura 4.4 Promedio de lección de laboratorio por grupo**

En la

se notó una discrepancia importante entre los grupos al examinar las calificaciones de la prueba de laboratorio. El grupo de control logró un promedio de 30.5, mientras que el experimental obtuvo un promedio de 45.4, ambas notas son sobre 100 puntos.

### 4.2.3. Verificación de la ganancia atribuida a los talleres

```
wilcoxon rank sum test with continuity correction  
data: Examen by Grupos  
W = 11948, p-value = 7.264e-14  
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
```

**Figura 4.5 Prueba para validación de ganancia significativa total**

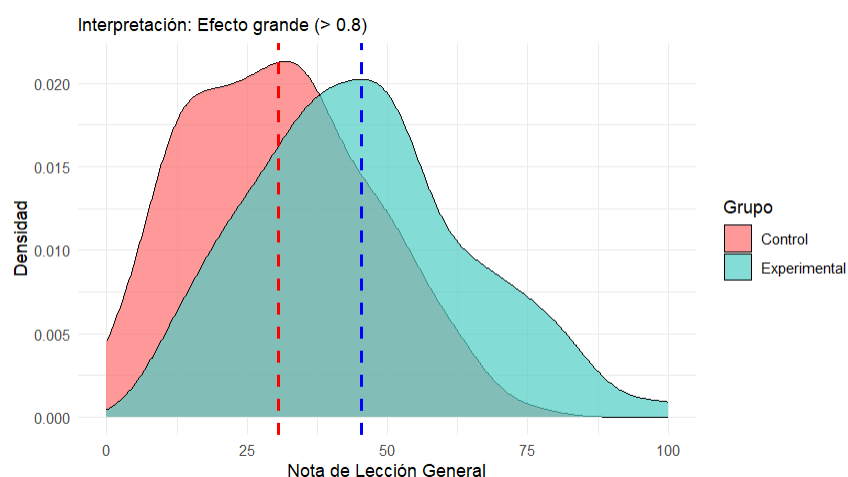
La prueba de Wilcoxon ( ) mostró un valor de p menor que 0.05, lo que significa que la disparidad entre los dos grupos es estadísticamente significativa. Esto significa que la diferencia entre los grupos es suficientemente amplia como para no poder ser atribuida únicamente al azar.

### 4.2.4. Cuantificación del tamaño del efecto

Medida	Valor
Media Grupo Control	30.55
Media Grupo Experimental	45.36
Diferencia de Medias	14.81
d de Cohen	0.834
Interpretación	Efecto grande (> 0.8)

**Figura 4.6 Prueba para cuantificar efecto total**

El valor general del estadístico d de Cohen ( ) fue 0.8337105 y se empleó para estimar la magnitud del efecto. De acuerdo con la categorización sugerida por Cohen, este valor representa un efecto grande, lo que respalda el tamaño de la discrepancia hallada entre los grupos.



**Figura 4.7 Distribución de notas de lección**

La Figura 4.7 representa cómo están distribuidas las calificaciones entre los dos grupos, mostrando visualmente la diferencia en los puntajes y la interpretación del efecto Cohen.

#### **4.2.5. Síntesis**

El análisis general muestra que los grupos eran homogéneos, que la intervención produjo un aumento en las calificaciones del grupo experimental en relación con el grupo control y que, de acuerdo con la escala de Cohen, el tamaño del efecto fue elevado.

#### **4.3. Análisis por paralelo**

Se llevó a cabo un análisis de cada clase incluida en el estudio con el fin de verificar si el impacto de la intervención se mantiene constante entre diferentes paralelos de la materia. Es importante señalar que, en algunos paralelos, el número de alumnos es más alto porque cada paralelo está compuesto por dos profesores de laboratorio y en otros solo intervino uno en la investigación. El propósito de este procedimiento es investigar si el efecto del taller formativo muestra diferencias debido a las características específicas de cada paralelo.

### 4.3.1. Homogeneidad por paralelos

<chr>	<dbl>	<dbl>	<chr>	<chr>
1 1	178	0.359	Wilcoxon rank sum test with continuity correction	two.sided
2 2	614.	0.317	Wilcoxon rank sum test with continuity correction	two.sided
3 3	127	0.275	Wilcoxon rank sum test with continuity correction	two.sided
4 4	550	0.768	Wilcoxon rank sum test with continuity correction	two.sided
5 5	770	0.253	Wilcoxon rank sum test with continuity correction	two.sided
6 6	129	0.0890	Wilcoxon rank sum test with continuity correction	two.sided
7 7	129	0.741	Wilcoxon rank sum test with continuity correction	two.sided
8 8	150	0.125	Wilcoxon rank sum test with continuity correction	two.sided
9 9	100	0.145	Wilcoxon rank sum test with continuity correction	two.sided

Figura 4.8 Prueba de homogeneidad por paralelos de notas de teoría

El análisis de los promedios teóricos ( ) mostró que, en líneas generales, los grupos control y experimental son comparables en cada paralelo. Por consiguiente, cualquier diferencia observada en la lección de laboratorio puede ser atribuida con mayor seguridad a la intervención y no a variaciones en el nivel académico de los alumnos.

### 4.3.2. Efecto del taller por paralelos

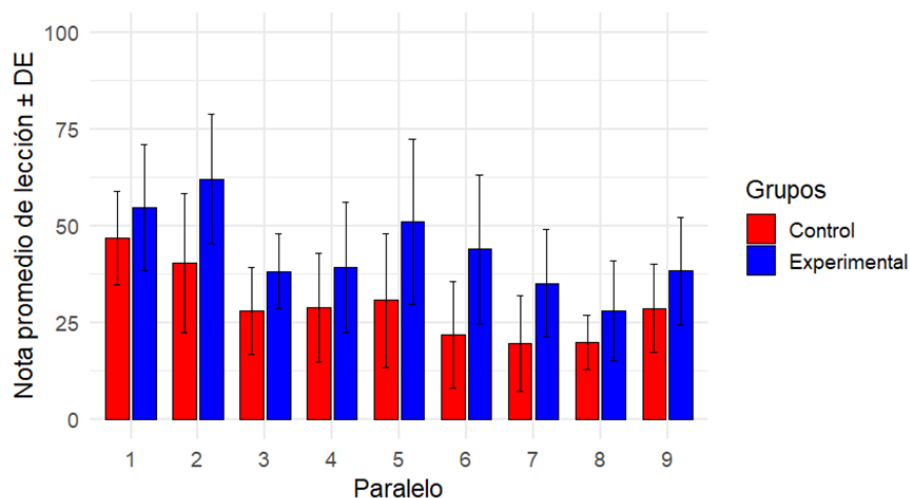


Figura 4.9 Promedio de lección por paralelo y grupo

Al comparar las calificaciones de los exámenes de laboratorio entre los grupos experimental y control en cada paralelo ( ), se detectaron beneficios positivos en todas las clases. No obstante, la magnitud del efecto fue distinta en algunos paralelos, por ejemplo, en algunos casos las mejoras fueron más marcadas, mientras que, en otros, aunque las calificaciones aumentaron lo hicieron de manera más moderada. Estos resultados señalan que, a pesar de que el

taller tuvo impactos generalizados, la cantidad de ganancia no fue igual en todos los cursos.

### 4.3.3. Verificación de la ganancia atribuida a los talleres

	statistic	p.value	method	alternative	Paralelo	n_control	n_experimental
	<dbl>	<dbl>	<chr>	<chr>	<dbl>	<int>	<int>
1	111	0.199	Wilcoxon rank sum test wit...	two.sided	1	20	15
2	212.	0.0000291	Wilcoxon rank sum test wit...	two.sided	2	37	29
3	86.5	0.0170	Wilcoxon rank sum test wit...	two.sided	3	18	18
4	340.	0.0139	Wilcoxon rank sum test wit...	two.sided	4	34	31
5	314	0.000104	Wilcoxon rank sum test wit...	two.sided	5	37	36
6	65	0.000452	Wilcoxon rank sum test wit...	two.sided	6	20	19
7	49.5	0.00636	Wilcoxon rank sum test wit...	two.sided	7	20	12
8	74.5	0.119	Wilcoxon rank sum test wit...	two.sided	8	15	15
9	88	0.0606	Wilcoxon rank sum test wit...	two.sided	9	19	15

Figura 4.10 Prueba para validación de ganancia significativa por grupo

Con ayuda de la

notamos que la mayoría de los paralelos (6 de 9) presentan diferencias notables en beneficio de los grupos experimentales. No obstante, en ciertos paralelos (1, 8 y 9) no se hallaron diferencias importantes, lo que indica cierta variabilidad en el efecto, que podría deberse a las dinámicas específicas de cada grupo o a factores contextuales.

### 4.3.4. Cuantificación del tamaño del efecto

	Paralelo	n_control	n_experimental	cohen_d	ic_lo	ic_hi	interpretacion
	<dbl>	<int>	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<chr>
1	1	20	15	0.554	-0.191	1.29	Mediano a grande (0.5-0.8)
2	2	37	29	1.25	0.750	1.84	Efecto grande ( $\geq 0.8$ )
3	3	18	18	0.970	0.359	1.72	Efecto grande ( $\geq 0.8$ )
4	4	34	31	0.681	0.233	1.20	Mediano a grande (0.5-0.8)
5	5	37	36	1.05	0.657	1.60	Efecto grande ( $\geq 0.8$ )
6	6	20	19	1.33	0.696	2.16	Efecto grande ( $\geq 0.8$ )
7	7	20	12	1.20	0.495	2.22	Efecto grande ( $\geq 0.8$ )
8	8	15	15	0.787	0.0849	1.61	Mediano a grande (0.5-0.8)
9	9	19	15	0.770	0.163	1.50	Mediano a grande (0.5-0.8)

Figura 4.11 Prueba para cuantificar efecto por paralelo

Para cada paralelo, se utilizó el estadístico d de Cohen para calcular el tamaño del efecto ( ). Los resultados variaron entre efectos medianos y grandes, con múltiples paralelos que llegaron a d superiores a 0.8, lo cual señala que los efectos son amplios de acuerdo con las pautas de Cohen. Observamos cinco paralelos con efectos grandes y cuatro efectos entre medianos y grandes.

#### 4.3.5. Síntesis

El análisis por paralelo indica que la intervención tuvo un impacto positivo en todos los cursos, lo cual puede observarse en el aumento de las medias, aunque con diferencias en su magnitud. Algunos paralelos lograron avances (efectos grandes), mientras que otros tuvieron aumentos moderados (efectos medianos). Estas variaciones indican que, a pesar de que la intervención es eficaz en términos generales, puede haber elementos específicos de cada curso que tengan un impacto en el tamaño del beneficio.

La Tabla 4.2 se presenta a continuación para mayor comodidad del lector.

**Tabla 4.2 Resumen de análisis por paralelo**

Paralelo	Homogeneidad	Ganancia	Diferencia de medias	Cohen	Interpretación
1	Sí	+7.9	No significativa	0.554	Mediano a grande
2	Sí	+21.7	Significativa	1.25	Efecto grande
3	Sí	+10.2	Significativa	0.970	Efecto grande
4	Sí	+10.5	Significativa	0.681	Mediano a grande
5	Sí	+20.4	Significativa	1.05	Efecto grande
6	Sí	+22.1	Significativa	1.33	Efecto grande
7	Sí	+15.6	Significativa	1.20	Efecto grande
8	Sí	+8.2	No significativa	0.787	Mediano a grande
9	Sí	+9.7	No significativa	0.770	Mediano a grande

#### 4.4. Análisis por pareja de profesores

El propósito de este segmento es examinar los resultados alcanzados en términos de la pareja de profesores (teoría-laboratorio), tomando en cuenta tanto los grupos

experimentales como los de control. Es importante señalar que algunos grupos tienen el doble de alumnos que otros, ya que la pareja de profesores tenía más de un curso equivalente en el momento del estudio. Este análisis permite determinar si los efectos que se observan son constantes entre varias combinaciones de profesores.

En la Tabla 4.3 se encuentra el detalle de cómo está constituida la pareja de profesores, según el paralelo y el profesor de laboratorio asignado.

**Tabla 4.3 Distribución de pareja de profesores**

Pareja de profesores	Paralelos analizados	Profesor de Lab.
PP1	4 y 7	A
PP2	4	B
PP3	2 y 5	A
PP4	2 y 5	D
PP5	8	E
PP6	1	C
PP7	3 y 6	E
PP8	9	C

#### 4.4.1. Homogeneidad por grupos teóricos-prácticos

Parejaprofesores	W_stat	p_value	n_control	n_experimental	med_control	med_experimental	p_FDR
<chr>	<dbl>	<dbl>	<int>	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>
1 PP4	722.	0.0419	35	32	58.5	52.5	0.185
2 PP7	514.	0.0463	38	37	59	65	0.185
3 PP5	150	0.125	15	15	63.5	55	0.289
4 PP8	100	0.145	19	15	54.5	58.5	0.289
5 PP6	178	0.359	20	15	60.2	53.5	0.546
6 PP1	596	0.410	38	28	63.2	58.8	0.546
7 PP3	674.	0.730	39	33	58.5	57.5	0.767
8 PP2	128	0.767	16	15	59.2	59.5	0.767

**Figura 4.12 Prueba de homogeneidad de notas de teoría por pareja de profesores**

Los valores p adquiridos por medio de la prueba de rangos de Wilcoxon permitieron determinar si las calificaciones teóricas, utilizadas como referencia, presentaron diferencias estadísticamente significativas (Figura 4.12). Con excepción de la pareja PP4 y PP7, no se notaron diferencias importantes en la mayoría de los casos, lo que indica que las condiciones de los grupos eran comparables entre sí.

#### 4.4.2. Efecto del taller por grupos teóricos-prácticos

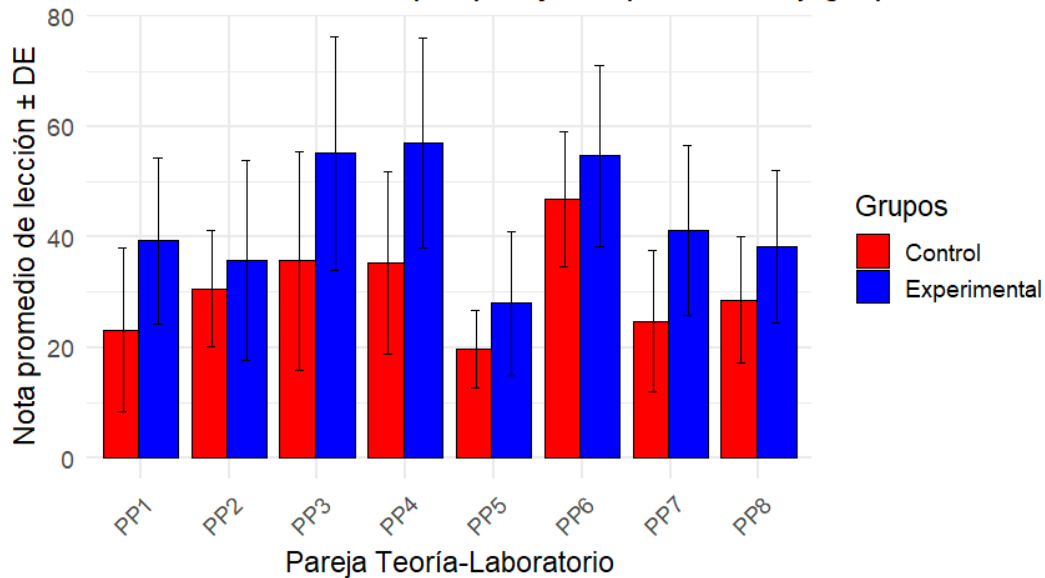


Figura 4.13 Promedio de lección por pareja de profesores y grupo

Los resultados vistos en la Figura 4.13 revelaron aumentos significativos de los promedios en el grupo experimental en comparación con el grupo control en múltiples parejas, lo que indica un efecto sobre el desempeño de los alumnos.

#### 4.4.3. Verificación de la ganancia atribuida a los talleres

atistic	p.value	method	alternative	Parejaprofesores	n_control	n_experimental
<dbl>	<dbl>	<chr>	<chr>	<chr>	<int>	<int>
239	0.000146	wilcoxon rank sum ...	two.sided	PP1	38	28
104.	0.526	wilcoxon rank sum ...	two.sided	PP2	16	15
338.	0.000552	wilcoxon rank sum ...	two.sided	PP3	39	33
216	0.0000161	wilcoxon rank sum ...	two.sided	PP4	35	32
74.5	0.119	wilcoxon rank sum ...	two.sided	PP5	15	15
111	0.199	wilcoxon rank sum ...	two.sided	PP6	20	15
292.	0.0000125	wilcoxon rank sum ...	two.sided	PP7	38	37
88	0.0606	wilcoxon rank sum ...	two.sided	PP8	19	15

Figura 4.14 Prueba para validación de ganancia significativa por pareja de profesores

Como notamos en la Figura 4.14, las parejas PP2, PP5, PP6 y PP8 no presentan beneficios que sean estadísticamente significativos. Los grupos homogéneos que se mostraron en las pruebas de homogeneidad del apartado 4.5.1 de estas parejas indican que estas ganancias no significativas no fueron causadas por ese factor. Podríamos atribuir su escaso efecto a las dinámicas específicas de cada grupo.

#### 4.4.4. Verificación de ganancia por grupo con curso no homogéneo

Para este análisis, se emplea un modelo de regresión lineal que permite determinar si la variable “Promedio”, que corresponde a la nota del componente teórico, tiene un impacto en la variable “Examen” que corresponde a la lección general y si ese impacto es significativo desde el punto de vista estadístico. Después llevamos a cabo un Wilcoxon para comprobar si lo que produce es significativo.

	Parejaprofesores <chr>	W_stat <dbl>	p_value <dbl>	n_control <int>	n_experimental <int>	med_resid_control <dbl>
1	PP4	154	0.00000358	35	32	-11.2
2	PP3	234	0.0000379	39	33	-11.6
3	PP1	230.	0.0000892	38	28	-8.32
4	PP7	334	0.0000942	38	37	-5.01
5	PP8	97	0.119	19	15	-5.14
6	PP6	104	0.129	20	15	0.554
7	PP5	78	0.158	15	15	-3.75
8	PP2	94	0.313	16	15	0.157

**Figura 4.15 Prueba para validación de ganancia significativa por parejas no homogéneas**

Las parejas PP4, PP3, PP1 y PP7 muestran diferencias significativas que no son atribuibles al promedio teórico (Figura 4.15). De estas parejas, las primeras dos (PP4 y PP7) no eran homogéneas según lo analizado en la sección previa. Por lo tanto, al eliminar el promedio como validador de homogeneidad y comprobar que aún así tienen ganancias importantes, se podría concluir que el efecto no se debe a la falta de homogeneidad de los grupos sino a la intervención.

#### 4.4.5. Cuantificación del tamaño del efecto

Por último, se evaluó el tamaño del efecto utilizando el estadístico d de Cohen, lo cual facilita la medición de la dimensión de las diferencias detectadas.

	Parejaprofesores <chr>	n_control <int>	n_experimental <int>	cohen_d <dbl>	interpretacion <chr>
1	PP4	35	32	1.22	Efecto grande ( $\geq 0.8$ )
2	PP7	38	37	1.16	Efecto grande ( $\geq 0.8$ )
3	PP1	38	28	1.08	Efecto grande ( $\geq 0.8$ )
4	PP3	39	33	0.948	Efecto grande ( $\geq 0.8$ )
5	PP5	15	15	0.787	Mediano a grande (0.5–0.8)
6	PP8	19	15	0.770	Mediano a grande (0.5–0.8)
7	PP6	20	15	0.554	Mediano a grande (0.5–0.8)
8	PP2	16	15	0.357	Pequeño a mediano (0.2–0.5)

**Figura 4.16 Prueba para cuantificar efecto por pareja de profesores**

En la mitad de las parejas de profesores (Figura 4.16), el efecto se situó en un rango alto ( $d \geq 0.8$ ), lo que significa que las diferencias entre los grupos control y experimental fueron importantes no solo desde una perspectiva estadística sino también práctica, mientras que, en la otra mitad el efecto fue pequeño y mediano.

#### 4.4.6. Síntesis

El análisis de pares de profesores revela que: • Con la excepción de PP4 y PP7, los grupos mostraron niveles similares en la mayoría de los casos.

- Los resultados de las parejas PP1, PP3, PP4 y PP7 mostraron cambios significativos después de la intervención.
- La magnitud del efecto, calculada a través de Cohen, fue grande en las parejas PP1, PP3, PP4 y PP7; mediana en las parejas PP5, PP6 y PP8; y pequeña en la pareja PP2.

La Tabla 4.4 se presenta a continuación para mayor comodidad del lector.

**Tabla 4.4 Resumen de análisis por pareja de profesores**

Pareja Profesores	Homogeneidad	Ganancia	Diferencia de medias	Cohen	Interpretación
PP1	Sí	+16.2	Sí	1.08	Efecto grande
PP2	Sí	+5.3	No	0.36	Pequeño a mediano
PP3	Sí	+19.4	Sí	0.95	Efecto grande
PP4	No	+23.5	Sí	1.22	Efecto grande
PP5	Sí	+8.2	No	0.79	Mediano a grande
PP6	Sí	+7.9	No	0.55	Mediano a grande
PP7	No	+16.3	Sí	1.16	Efecto grande
PP8	Sí	+9.7	No	0.77	Mediano a grande

#### 4.5. Análisis por docente de laboratorio

Este análisis se realizó con el fin de examinar si el efecto de la intervención depende de las características de los docentes de laboratorio y responde al objetivo específico de identificar si la implementación de los talleres formativos produjo variaciones diferenciadas en el rendimiento estudiantil según el docente. Asimismo, se busca investigar si el impacto del taller se mantiene homogéneo o presenta discrepancias ligadas a la práctica pedagógica por cada docente.

El propósito de este análisis fue determinar si el efecto de la intervención depende de las características del profesorado del laboratorio, y se alinea con el objetivo concreto de determinar si la puesta en marcha de los talleres formativos generó cambios distinguibles en el desempeño de los estudiantes según el docente. Además, se examina si el efecto del taller es uniforme o si hay diferencias asociadas a la práctica pedagógica de cada profesor.

##### 4.5.1. Homogeneidad por profesor de laboratorio

	Profesor	lab	n_control	n_experimental	mediana_control	mediana_experimental	p_value	signif
	<chr>		<int>	<int>	<dbl>	<dbl>	<dbl>	<chr>
1	D		35	32	58.5	52.5	0.0419	**
2	A		77	61	61	58	0.353	""
3	E		53	52	60.5	61	0.597	""
4	C		39	30	58	57	0.735	""
5	B		16	15	59.2	59.5	0.767	""

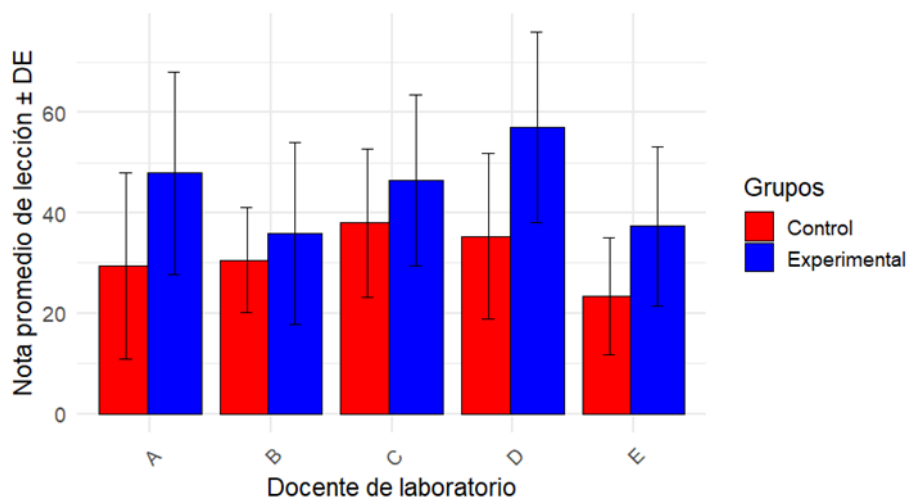
Figura 4.17 Prueba de homogeneidad de notas de teoría por docente de laboratorio

En la Figura 4.17 podemos ver como la prueba indica que, exceptuando al docente D, los promedios teóricos de los alumnos repartidos por docente son comparables en términos de rendimiento académico. Esto hace posible atribuir las diferencias del impacto de la intervención a las prácticas particulares del docente.

##### 4.5.2. Efecto del taller por profesor de laboratorio

Al analizar las calificaciones del examen de laboratorio, algunos docentes presentaron mejoras notables en el rendimiento de sus grupos experimentales frente a los controles, mientras que en otros casos el efecto fue reducido.

Al estudiar las notas del examen de laboratorio, se observó que en algunos casos el desempeño de los grupos experimentales mejoró en comparación con los controles, sin embargo, en otros casos el efecto fue menor.



**Figura 4.18 Promedio por docente y grupo**

La Figura 4.18 muestra las distribuciones de notas por profesor, lo cual posibilita observar el nivel de dispersión y las diferencias entre los grupos control y experimental.

Con relación al profesor D, podemos señalar que la ganancia fue de 21.7, esta podría deberse a la no homogeneidad señalada en el apartado 4.5.1 y se analizará en el apartado 4.5.3.1.

### 4.5.3. Verificación de la ganancia atribuida a los talleres

statistic	p.value	method	alternative	Profesor	n_control	n_experimental
<dbl>	<dbl>	<chr>	<chr>	<chr>	<int>	<int>
1206	0.000000969	wilcoxon rank sum test w...	two.sided	A	77	61
104	0.526	wilcoxon rank sum test w...	two.sided	B	16	15
438	0.0770	wilcoxon rank sum test w...	two.sided	C	39	30
216	0.0000161	wilcoxon rank sum test w...	two.sided	D	35	32
664	0.00000458	wilcoxon rank sum test w...	two.sided	E	53	52

**Figura 4.19 Prueba para validación de ganancia significativa por docente de laboratorio**

Se comprobó si el incremento observado en los grupos experimentales era significativo (Figura 4.19). En la mayor parte de las situaciones, a excepción de los docentes B y C, el aumento en las notas en estos grupos fue estadísticamente relevante ( $p < 0.05$ ), lo que apoya la presencia de un efecto atribuible a la intervención.

### 4.5.4. Verificación de ganancia en docente D con curso no homogéneo

Se utiliza un modelo de regresión lineal para el presente análisis, con el fin de determinar si la variable promedio en teoría (Promedio) tiene impacto en el resultado de la lección general (Examen), y si dicho impacto es significativo desde el punto de vista estadístico.

```

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   -21.3082    12.7374  -1.673   0.0992 .
Promedio         0.9904     0.2179   4.545 2.50e-05 ***
GruposExperimental 25.6154     3.8943   6.578 1.02e-08 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

**Figura 4.20 Prueba para validación de ganancia significativa para docente D**

Con ayuda de la Figura 4.20 podemos notar como las dos variables (Grupos y Promedio) son estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), podemos afirmar que la diferencia en las calificaciones de la lección general es atribuible, a la vez, a los promedios teóricos y a la pertenencia al grupo experimental.

En caso de que la variable "GruposExperimental" no hubiera tenido importancia, hubiéramos podido señalar que la diferencia en las notas se atribuía únicamente a la falta de homogeneidad en los promedios teóricos empleados para la comparación. No obstante, los resultados indican que el factor del grupo influye de manera independiente y significativa en la calificación de la lección general. Así, para el profesor D, la variación en las calificaciones de la lección general no se explica solamente porque sus grupos tengan promedios teóricos diferentes.

#### 4.5.5. Cuantificación del tamaño del efecto

	Profesor	lab	n_control	n_experimental	cohen_d	interpretacion
	<chr>		<int>	<int>	<dbl>	<chr>
1	D		35	32	1.22	Efecto grande (> 0.8)
2	E		53	52	1.01	Efecto grande (> 0.8)
3	A		77	61	0.954	Efecto grande (> 0.8)
4	C		39	30	0.536	Efecto mediano a grande (0.5 - 0.8)
5	B		16	15	0.357	Efecto pequeño a mediano (0.2 - 0.5)

**Figura 4.21 Prueba para cuantificar efecto por docente de laboratorio**

El tamaño del efecto fue calculado, para cada profesor en particular, utilizando el estadístico d de Cohen (Figura 4.21). Los hallazgos variaron entre efectos grandes y pequeños, con cifras más elevadas en los maestros cuyos grupos experimentales sobrepasaron considerablemente al control (D, E y A). Por otro lado, algunos otros maestros mostraron efectos pequeños o medianos (C y B).

#### 4.5.1. Síntesis

El análisis por parte del docente de laboratorio mostró que, en general, los grupos eran comparables desde el punto de vista académico para el estudio, excepto el grupo de D. Esto llevó a la necesidad de comprobar si las discrepancias en sus lecciones de laboratorio se debían únicamente a la falta de homogeneidad en sus cursos.

Los hallazgos revelaron que la intervención no generó un impacto homogéneo. Mientras que algunos docentes reportaron beneficios grandes y estadísticamente relevantes en sus grupos experimentales, otros observaron un efecto menor. En particular, se realizó un análisis adicional a la ganancia del profesor D, que llegó a 21.7 puntos, por medio de una regresión lineal. Este análisis corroboró que formar parte del grupo experimental tuvo un impacto independiente y fuerte, independientemente de las discrepancias en los promedios teóricos empleados como comparativa entre grupos.

La verificación de las ganancias también mostró que, a excepción de los maestros B y C, la mayoría mostraron avances importantes en sus grupos experimentales y la cuantificación del tamaño del efecto usando  $d$  de Cohen evidenció variabilidad.

Para facilidad del lector a continuación se muestra la Tabla 4.5 como resumen.

**Tabla 4.5 Resumen de análisis por docente de laboratorio**

Docente	Homogeneidad	Ganancia	Diferencia de medias	Cohen	Interpretación
A	Sí	+18.4	Significativa	0.954	Efecto grande
B	Sí	+5.3	No significativa	0.357	Pequeño a mediano
C	Sí	+8.5	No significativa	0.536	Mediano a grande
D	No	+21.7	Significativa	1.22	Efecto grande
E	Sí	+13.9	Significativa	1.01	Efecto grande

#### 4.6. Impacto de variables adicionales en el rendimiento de laboratorio

Es relevante, además de los análisis previamente efectuados, examinar cómo algunas variables afectan el rendimiento de los alumnos en la clase de laboratorio. Este análisis posibilita determinar si el impacto de la intervención es uniforme en diferentes entornos o si fluctúa dependiendo de elementos específicos, como el promedio teórico de la asignatura, el instructor del laboratorio, el paralelo o la combinación específica de docente práctico y teórico. El tener en cuenta estas variables no solo hace más válidos los resultados, sino que además permite entender de manera más integral el efecto de la intervención, ya que muestra diferencias potenciales relacionadas con el estilo del docente, la dinámica grupal, la versión del examen, las veces que el alumno ha cursado la materia o las particularidades de cada cohorte.

##### 4.6.1. Influencia del promedio teórico y del profesor de laboratorio en la nota de examen, modelo completo

Para eliminar la posibilidad de que los resultados observados en las calificaciones de la lección se deban a factores diferentes a la intervención, se utilizó un modelo de regresión múltiple con variables que podrían tener influencia, como la nota de la prueba de lectura inicial (realizado antes de la intervención), el promedio teórico del curso, el número de veces que el alumno había cursado esa materia y el maestro asignado al laboratorio.

##### 4.6.1.1. Análisis de resultados

Response: Examen					
	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	
PL_num	56	1	0.1942	0.6600	
Promedio	6631	1	22.8027	3.904e-06	***
Veces_rep	190	1	0.6541	0.4198	
Profesorlab	12859	4	11.0547	5.602e-08	***
Residuals	48563	167			

Figura 4.22 Tabla de análisis de varianza del modelo de regresión

El ANOVA del modelo (Figura 4.22) muestra que las variables:

- PL\_num, que corresponde al promedio de la primera prueba de lectura que tienen los estudiantes antes de su primera práctica de laboratorio.
- Promedio, que corresponde a la nota obtenida en el componente teórico del curso.
- Veces\_rep, que corresponde a si los estudiantes son repetidores.
- Profesorlab, que corresponde al profesor de laboratorio.

Del modelo podemos notar que la variable Promedio es el predictor más estable y firme de los resultados en la lección de laboratorio. Esto demuestra que los alumnos que tienen un rendimiento superior en el componente teórico suelen conseguir notas más altas en la lección de laboratorio, aun cuando se toman en cuenta otras variables.

En contraposición, la variable prueba de lectura inicial no tuvo un resultado significativo, lo cual indica que su capacidad explicativa se desvanece cuando se incluye el promedio final de teoría. Asimismo, la cantidad de veces que el alumno tomó la asignatura no tuvo una correlación significativa con la calificación de la lección, lo cual elimina su impacto en este escenario.

Al crear un modelo que permite ver el factor docente de manera más detallada, logramos lo siguiente.

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	11.90742	10.58607	1.125	0.26228	
PL_num	-0.02738	0.06214	-0.441	0.66003	
Promedio	0.68357	0.14315	4.775	3.9e-06	***
Veces_rep	-1.60860	1.98888	-0.809	0.41978	
ProfesorlabB	-10.51697	5.03154	-2.090	0.03811	*
ProfesorlabC	-1.35773	4.06840	-0.334	0.73900	
ProfesorlabD	13.17170	4.05143	3.251	0.00139	**
ProfesorlabE	-12.18357	3.39690	-3.587	0.00044	***

**Figura 4.23 Estimación de coeficientes del modelo de regresión**

En cuanto al factor "Profesor de laboratorio" como podemos ver en la Figura 4.23, se notan diferencias importantes: los docentes C y D tienen notas más elevadas en sus grupos, el docente B no mostró variaciones relevantes, pero el docente E tiene un efecto significativo y negativo, relacionado con calificaciones más bajas, todas estas diferencias están referidas al docente A.

#### **4.6.1.2. Síntesis**

Los factores que explican la variabilidad en el rendimiento del examen, entre las variables analizadas, son el promedio logrado en el componente teórico y el profesor de laboratorio, según lo establece el modelo de regresión. El número de repeticiones del curso y la prueba de lectura inicial no tienen un impacto importante.

#### 4.6.2. Influencia del promedio teórico y del profesor de laboratorio en la nota de examen, modelo reducido

Se desarrolló un modelo de regresión reducido, tomando en cuenta solo la media de los promedios teóricos del estudiante y el docente de laboratorio, con el fin de determinar cuán relevantes son las variables que podrían explicar los cambios en la calificación de la lección del componente práctico. Este modelo posibilita el control del rendimiento académico usado como instrumento para verificar la homogeneidad de las muestras y examinar si hay disparidades que se pueden atribuir al profesor, desestimando así el impacto de elementos externos, como la evaluación inicial de lectura o la cantidad de veces que el alumno cursó la materia, que fueron considerados en el apartado 4.6.1.

##### 4.6.2.1. Resultados del modelo de regresión

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	11.0024	7.9579	1.383	0.168469	
Promedio	0.6323	0.1311	4.823	2.96e-06	***
ProfesorlabB	-10.7152	4.9574	-2.161	0.031954	*
ProfesorlabC	-1.5274	3.8302	-0.399	0.690512	
ProfesorlabD	12.3438	3.8095	3.240	0.001417	**
ProfesorlabE	-12.0099	3.2561	-3.688	0.000297	***

**Figura 4.24 Coeficientes estimados del modelo reducido**

Gracias a la Figura 4.24 podemos notar que el promedio se presenta como un pronosticador fiable y estable de la calificación de la lección de laboratorio. Por otro lado, no todos los docentes tienen el mismo impacto. Al compararlos con el docente A, esto es evidente en los alumnos del docente D, que obtienen calificaciones mucho más altas, y en los del docente E, cuyas notas son considerablemente menores. El docente C tiene una tendencia positiva pero menor, en tanto que el docente B no muestra diferencias significativas. Estos resultados indican que, además del nivel académico del alumno, el modo en que cada docente aplica la enseñanza influye en los resultados.

#### 4.6.2.2. Resultados del ANOVA

Response: Examen

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	
Promedio	6861	1	23.257	2.961e-06	***
Profesorlab	12564	4	10.647	8.780e-08	***
Residuals	54281	184			

Figura 4.25 Análisis de varianza de modelo reducido

El análisis de varianza (Figura 4.25) demuestra que el promedio de teoría y el profesor del laboratorio tienen una incidencia significativa en la nota de la lección de laboratorio. Esto señala que las variaciones observadas no son producto del azar, sino de los efectos de estas variables. En la práctica, se refuerza el concepto de que los alumnos con un rendimiento teórico más alto suelen obtener notas más altas en laboratorio, y que la calidad de la enseñanza y el modo de ejecutar los talleres por parte de cada profesor producen diferencias significativas en los resultados.

#### 4.6.2.3. Análisis gráfico de interacción

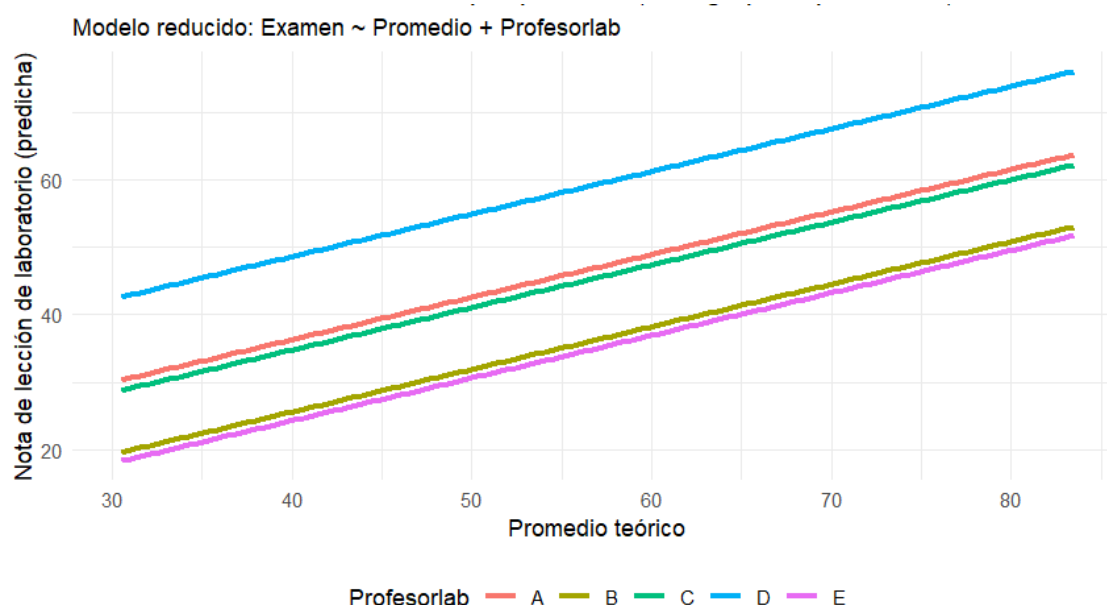


Figura 4.26 Relación entre promedio del teórico y nota de la lección general por profesor

La Figura 4.26 que relaciona el promedio teórico de los docentes con la nota de la lección general muestra líneas casi paralelas, lo que confirma que el impacto del promedio en la lección es constante en todos ellos. No obstante, las líneas están separadas entre sí, lo que indica que algunos maestros consiguen resultados más altos de manera constante que otros. El ranking se define de la manera siguiente:  $D > A > C > B > E$ , lo que sugiere

que el docente D maximiza los resultados en mayor grado, mientras que el docente E muestra desempeños más reducidos.

#### 4.6.2.4. Síntesis

El análisis conjunto indica que la calificación de laboratorio es explicada con mayor fuerza por el promedio obtenido en teoría y el docente de laboratorio. Pese a que los alumnos con un promedio teórico más elevado suelen tener un mejor desempeño en las lecciones, la intensidad de ese rendimiento está determinada por el docente que guía las diferentes actividades incluido el taller. Este hallazgo apoya la relevancia de monitorear estas variables al analizar el efecto, pues la intervención puede fortalecerse o debilitarse dependiendo de cómo cada profesor lleva a cabo el taller.

#### 4.6.3. Interacción entre promedio teórico y grupo de intervención

Para determinar si la conexión entre el rendimiento teórico y la nota de la lección de laboratorio varía en función del grupo al que se pertenece (experimental o control), se calculó un modelo de regresión que incluía una interacción entre las variables "Grupo" y "Promedio". Este modelo posibilita establecer, más allá de las covariables estudiadas en el subtema 4.6.2, si el taller modifica la conexión entre la media registrada en el promedio teórico y la lección de laboratorio según el grupo.

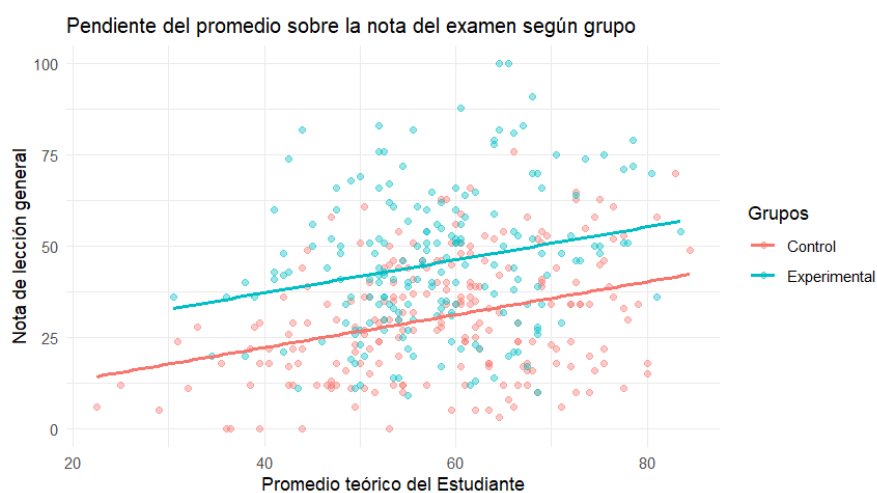
##### 4.6.3.1. Análisis

Coefficients:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.60800	5.62236	0.464	0.6430
Promedio	0.47893	0.09168	5.224	2.82e-07 ***
GruposExperimental	9.05076	8.89902	1.017	0.3097
ProfesorlabB	-3.93158	3.18870	-1.233	0.2183
ProfesorlabC	4.73587	2.36499	2.002	0.0459 *
ProfesorlabD	9.51279	2.40655	3.953	9.12e-05 ***
ProfesorlabE	-8.71882	2.08095	-4.190	3.43e-05 ***
Promedio:GruposExperimental	0.10846	0.15066	0.720	0.4720

**Figura 4.27 Coeficientes estimados del modelo de regresión con interacción entre promedio teórico y grupo**

Los hallazgos del modelo ( Figura 4.27) indican, ante todo, que el promedio teórico tiene un impacto considerable en la calificación de la lección. Esto confirma que los alumnos con un rendimiento

académico más alto en la parte teórica tienden a tener también resultados más altos en el componente experimental.



**Figura 4.28 Interacción entre promedio del teórico y grupo**

Según la Figura 4.28 en los dos grupos, hay una correlación positiva entre la nota del examen y el promedio teórico. No obstante, se nota que los alumnos del grupo experimental tienden a conseguir notas más altas en la clase de laboratorio que el grupo de control, aun teniendo promedios iguales. Un efecto vinculado con la intervención es indicado por este movimiento ascendente de la línea del grupo experimental.

#### **4.6.3.2. Síntesis**

El promedio teórico es un predictor sólido de la nota de lección, mientras que el efecto del docente se manifiesta como una modificación constante en el rendimiento. El grupo experimental supera al grupo de control en términos de resultados a lo largo de todo el rango de promedios teóricos.

#### **4.6.4. Influencia del promedio teórico y variabilidad entre docentes**

Se calculó de forma separada el impacto que tiene la media teórica y del docente de laboratorio en la calificación de la lección, para lo cual se estimaron modelos de regresión independientes para los grupos experimental y control. Esta táctica permitió determinar si el efecto de los talleres de formación permaneció invariable entre los profesores o si hubo cambios que se debieron a la manera en que cada uno incorporó la intervención en su práctica.

#### 4.6.4.1. Análisis de resultados

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	0.69748	5.23114	0.133	0.894056	
Promedio	0.48489	0.08343	5.812	2.22e-08	***
ProfesorlabB	2.24355	4.00208	0.561	0.575660	
ProfesorlabC	9.60728	2.86638	3.352	0.000949	***
ProfesorlabD	6.90988	2.97186	2.325	0.021003	*
ProfesorlabE	-5.96100	2.59686	-2.295	0.022675	*

**Figura 4.29 Coeficientes estimados del modelo reducido en el grupo control**

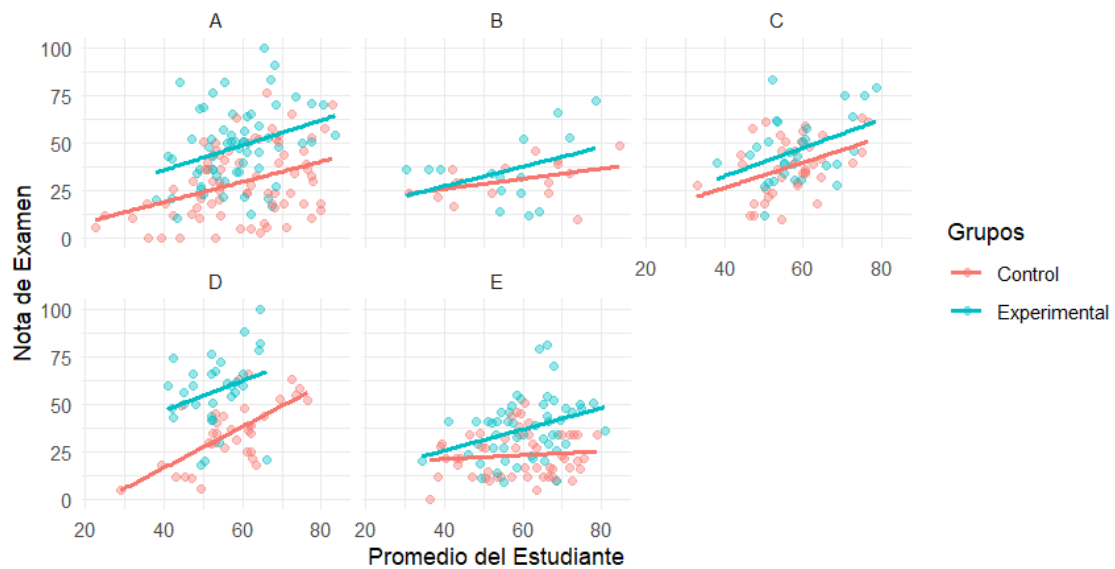
Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	11.0024	7.9579	1.383	0.168469	
Promedio	0.6323	0.1311	4.823	2.96e-06	***
ProfesorlabB	-10.7152	4.9574	-2.161	0.031954	*
ProfesorlabC	-1.5274	3.8302	-0.399	0.690512	
ProfesorlabD	12.3438	3.8095	3.240	0.001417	**
ProfesorlabE	-12.0099	3.2561	-3.688	0.000297	***

**Figura 4.30 Coeficientes estimados del modelo reducido en el grupo experimental**

Los modelos de regresión que vemos en la Figura 4.29 y en la Figura 4.30 demuestran que el promedio teórico tiene un impacto importante en ambos conjuntos, corroborando así su rol como pronosticador del desempeño en la lección de laboratorio. Sin embargo, también se observan diferencias que son estadísticamente significativas y están relacionadas con el docente de laboratorio. Estas diferencias demuestran que el docente sí es un factor que influye en la actuación de los alumnos, ya que introduce una variabilidad adicional más allá del promedio teórico; por ende, es esencial tenerlo en cuenta como covariable en los análisis.

A continuación, el análisis gráfico proporciona una perspectiva más minuciosa.



**Figura 4.31 Relación entre promedio del teórico y lección de laboratorio por profesor**

De la Figura 4.31 podemos indicar lo siguiente:

Docente A: La pendiente del grupo de control es menos pronunciada que la del grupo experimental. Aquí, efectivamente se observa un efecto incremental del taller, lo que significa que los alumnos con promedios teóricos más altos no solo obtienen un beneficio fijo, sino uno que aumenta de acuerdo a su promedio.

Docente B: Aunque la separación entre líneas es escasa tanto para el grupo control como para el experimental, el primero tiene una pendiente más pronunciada, lo que favorece a los alumnos con un promedio teórico superior.

Docente C: Las pendientes son casi paralelas, pero la línea de los experimentos está siempre por encima a lo largo del rango. Esto indica un progreso constante en el grupo experimental.

Docente D: La inclinación del grupo de control es más pronunciada que la del grupo experimental. No obstante, la línea azul se encuentra por encima de la roja en todos los niveles, revelando así un efecto positivo y consistente del taller; sin embargo, este no se intensifica con el promedio.

Docente E: La pendiente del grupo de control es menos pronunciada que la del grupo experimental. Aquí se observa un efecto incremental del taller, pero la dispersión es alta; bajo este docente, el taller no produjo un patrón muy estable.

#### 4.6.4.2. Síntesis

Los hallazgos posibilitan deducir que el impacto de los talleres formativos no es homogéneo entre los profesores de laboratorio. Los talleres, en ciertos casos como el del docente A, funcionaron como un potenciador del rendimiento, sobre todo para los alumnos con promedios altos en la parte teórica. Por otra parte, en el caso del profesor D, el grupo experimental se mantuvo constantemente por encima del de control, lo que muestra una ventaja sostenida del taller, aunque no fue muy significativa por la media. Para B y E, el efecto fue mínimo, probablemente debido a la manera en que se llevaron a cabo los talleres. En general, estos resultados demuestran que la intervención tiene un efecto que depende del rendimiento de los alumnos en el componente teórico y también de la mediación pedagógica del docente.

#### 4.6.5. Varianza explicada: talleres, promedio teórico y profesor

Se llevó a cabo un modelo anidado con el propósito de medir hasta qué punto los talleres de formación afectan el desempeño académico de los alumnos. Este facilita la evaluación de la aportación individual de cada una de estas tres variables: talleres, promedio teórico y docente de laboratorio. Esto permite medir su contribución conjunta a la predicción de las calificaciones en la lección de laboratorio.

##### 4.6.5.1. Análisis

```
> r2_3 <- summary(modelo3)$r.squared
> cat("Modelo 1 (solo talleres): ", round(r2_1 * 100, 2), "%\n")
Modelo 1 (solo talleres): 14.8 %
> cat("Modelo 2 (+ promedio): ", round(r2_2 * 100, 2), "%\n")
Modelo 2 (+ promedio): 21.39 %
> cat("Modelo 3 (+ profesor): ", round(r2_3 * 100, 2), "%\n")
Modelo 3 (+ profesor): 31.68 %
```

**Figura 4.32 Modelos anidados**

En la Figura 4.32 podemos notar que el modelo 1 que contiene solamente la variable "grupo", representa el 14.80% de la varianza en las calificaciones. Este valor muestra el efecto único de los talleres de formación, sin tener en cuenta otros elementos. La varianza se incrementa un 6.59% al agregar el promedio teórico en el Modelo 2, llegando a un total de 21.39%. Este aumento nos señala que el desempeño académico en la asignatura teórica se suma al impacto de los talleres. Finalmente, en el Modelo 3, al añadir la variable docente, la varianza aumenta un 10.29%, alcanzando un  $R^2$  total de

31.68%. Este hallazgo muestra que los profesores tienen un impacto significativo en la actuación de los alumnos, siendo el segundo elemento más influyente.

**Tabla 4.6 Varianza explicada**

Talleres	14.80%
Promedio teórico	6.59%
Docente	10.29%
Total explicado	31.68%

En general, la intervención explica un porcentaje significativo del rendimiento (14.80%), aunque su impacto se intensifica cuando se toma en cuenta el trabajo del docente (10.29%), como notamos en la Tabla 4.6.

#### **4.6.5.2. Síntesis**

El análisis demuestra que el aprendizaje en el laboratorio no se basa en un solo elemento, sino en la interacción de varias variables. En nuestro caso, estas son la puesta en marcha del taller, el desempeño en la parte teórica y la práctica del docente. Sin embargo, el beneficio inicial de los talleres es el más valioso, lo que apoya su efecto en la optimización del rendimiento experimental de los alumnos.

#### **4.6.6. Impacto de la homogeneidad de la prueba en los resultados**

Una posible restricción de la investigación es que dos paralelos no impartieron la misma versión de la lección (P7 y P8). Esto podría generar sesgos al comparar los resultados entre el grupo experimental y el grupo control. Con el objetivo de determinar si las diferencias en la dificultad de las pruebas son la causa de las mejoras vistas en el grupo experimental y no la implementación del taller, se llevó a cabo un análisis específico que diferencia entre paralelos con lecciones iguales (Eigual = 1) y paralelos con lecciones diferentes (Eigual = 0).

#### 4.6.6.1. Análisis

	Paralelo	Eigual	W	p	n_control	n_experimental	median_control	median_experimental
	<fct>	<int>	<dbl>	<dbl>	<int>	<int>	<dbl>	<dbl>
1	7	0	49.5	0.00636	20	12	18	35.5
2	8	0	74.5	0.119	15	15	22	26
3	2	1	212.	0.0000291	37	29	44	64
4	5	1	314	0.000104	37	36	30	51.5
5	6	1	65	0.000452	20	19	16.5	42
6	4	1	340.	0.0139	34	31	29	36
7	3	1	86.5	0.0170	18	18	33	38
8	9	1	88	0.0606	19	15	28	39
9	1	1	111	0.199	20	15	49.5	51

**Figura 4.33 Resultados de la prueba de Wilcoxon por paralelo, considerando igualdad o diferencia de versión de examen**

El análisis individual por paralelo (Figura 4.33) reveló que los paralelos 2, 3, 4, 5 y 6 que tenían la misma lección, mientras que el paralelo 7 tenía una lección diferente, se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos experimental y control, en beneficio del primero. Por otro lado, en los paralelos 1, 8 y 9 no se encontraron diferencias importantes. Esto demuestra que la uniformidad en la lección no asegura resultados consistentes. Por ejemplo, el paralelo 7 y otros mostraron diferencias significativas, mientras que el paralelo 8 no mostró variaciones.

```
# A tibble: 2 x 7
  Eigual paralelos paralelos_sig prop_sig med_delta iqr_delta med_diff_medianas
  <int> <int> <int> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1     0     2     1  0.5  0.463  0.125  10.8
2     1     7     5  0.714  0.466  0.197  11
> |
```

**Figura 4.34 Resumen de diferencias entre grupos según igualdad de versión de examen (Eigual)**

Al agrupar los datos por condición de homogeneidad en la prueba (Figura 4.34), se observó que los paralelos con lección igual presentaron una mayor proporción de diferencias significativas 0.715, frente al 0.50 en los paralelos con lección distinta. No obstante, la magnitud del efecto fue parecida en las dos situaciones, lo que muestra que el taller tuvo un impacto sin importar la versión, aunque con proporciones diferentes.

#### 4.6.6.2. Síntesis

El estudio por paralelo reveló que en los paralelos 2, 3, 4, 5, 6 y 7 se hallaron diferencias importantes a favor del grupo experimental, en cambio, no se notaron diferencias en los paralelos 1, 8 y 9. Esto demuestra que el hecho de que las versiones de la prueba coincidan no asegura que los resultados sean uniformes.

Cuando se agruparon los datos, los paralelos con lecciones iguales mostraron una proporción más alta de diferencias significativas (71.5%) en contraste con aquellos que tenían un examen diferente (50%). Sin embargo, la magnitud del efecto fue comparable en los dos casos, lo que sugiere que el taller produjo mejoras constantes sin importar la versión utilizada.

#### 4.6.7. Influencia de la condición de igualdad y de la versión del examen

Para examinar estas influencias, se elaboraron modelos de regresión que, además del docente de laboratorio y la media teórica, contemplan dos elementos fundamentales:

1. La igualdad de la prueba (Eigual), es decir, si los dos grupos realizaron la misma versión o no.

2. La versión concreta de la lección que se aplica en cada paralelo. (Tabla 3.1)

Los dos modelos permiten calcular si el efecto de los talleres educativos persiste una vez que se ha controlado la posible influencia del examen.

##### 4.6.7.1. Análisis

Coeficientes:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	-11.74217	5.20035	-2.258	0.024485	*
Promedio	0.55308	0.07064	7.830	4.41e-14	***
GruposExperimental	14.44754	3.95762	3.651	0.000296	***
Eigual	13.16883	2.96437	4.442	1.15e-05	***
ProfesorlabB	-6.98546	3.10575	-2.249	0.025042	*
ProfesorlabC	1.71672	2.33036	0.737	0.461749	
ProfesorlabD	6.40410	2.36097	2.712	0.006966	**
ProfesorlabE	-7.89794	2.00168	-3.946	9.39e-05	***
GruposExperimental:Eigual	0.77091	4.28828	0.180	0.857423	

**Figura 4.35 Coeficientes estimados del modelo de regresión con interacción Grupo × Eigua**

Este modelo (Figura 4.35) demuestra que el promedio teórico sigue siendo un predictor positivo y con una alta significancia, lo cual corrobora su impacto directo en la productividad de laboratorio. Asimismo, formar parte del grupo experimental eleva las notas de la lección en +14 puntos, mientras que presentar una prueba con la misma versión en ambos grupos (control y experimental) también está asociado a un incremento notable de +13 puntos. Por último, la interacción entre grupo experimental y condición de igualdad no es significativa ( $p = 0.857$ ), lo que muestra que el efecto de la intervención no se basa en si los alumnos toman pruebas idénticas o diferentes.

Coefficients: (1 not defined because of singularities)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	-11.35593	4.94510	-2.296	0.022170	*
Promedio	0.52630	0.06728	7.823	4.68e-14	***
GruposExperimental	13.96826	3.76115	3.714	0.000233	***
Eigual	9.09544	3.06547	2.967	0.003188	**
ProfesorlabB	-1.94151	3.20664	-0.605	0.545215	
ProfesorlabC	-0.34220	2.32589	-0.147	0.883105	
ProfesorlabD	3.21528	2.33821	1.375	0.169870	
ProfesorlabE	-4.86539	1.95654	-2.487	0.013300	*
factor(Version)3	14.08770	2.21609	6.357	5.63e-10	***
factor(Version)4	2.81102	2.17767	1.291	0.197508	
factor(Version)75	NA	NA	NA	NA	
GruposExperimental:Eigual	1.58442	4.07651	0.389	0.697727	

**Figura 4.36 Coeficientes estimados del modelo de regresión con factores Grupo, Eigual, Profesor y Versión de examen**

El efecto del grupo experimental (Figura 4.36) se mantiene sólido al integrar las versiones específicas de la lección en el modelo. El factor Eigual sigue siendo importante, pero en menor grado que en el modelo previo. En cuanto a las versiones, observamos que la Versión 3 es la más ventajosa para el alumno, con un aumento de +14 puntos en comparación con la versión de referencia (Versión 2), mientras que la Versión 4 tiene una mejora leve (+2.8) que no llega a ser significativa desde el punto de vista estadístico ( $p = 0.197$ ). La singularidad probablemente impidió que se estimara la Versión 75 debido a la escasez de casos relacionados. Por último, la interacción GruposExperimental:Eigual no es significativa, lo que señala que el efecto no es dependiente de la igualdad de las condiciones de las pruebas.

#### 4.6.7.2. Síntesis

Los resultados en los dos modelos ratifican un impacto positivo y relevante en el desempeño estudiantil, sin importar si la prueba es igual o se aplica una versión diferente. A pesar de que se tiene la misma versión de lección general y se presentan versiones específicas, como la 3, que aumenta las notas, estas diferencias no cambian el hallazgo principal de que la intervención generó avances notables y consistentes en el grupo experimental.

#### 4.7. Comportamiento diferencial de los ítems entre grupos de estudio

Pese a que se utilizó la misma lección para los grupos experimental y control, un estudio de los índices de dificultad y discriminación muestra que los ítems tienen comportamientos diferentes según el grupo que los resuelve. Este resultado nos posibilita evaluar la calidad psicométrica del instrumento y también cómo la intervención

influyó en la resolución de los ítems. Se emplearon únicamente los valores de las preguntas de opción múltiple para este análisis, ya que el instrumento utilizado consistió en índices de dificultad y de discriminación, que operan con dicotomías. Ambos índices tienen valores comprendidos entre 0 y 1.

#### 4.7.1. Análisis

Se observan diferencias notables entre los grupos de control y experimental, según los resultados.

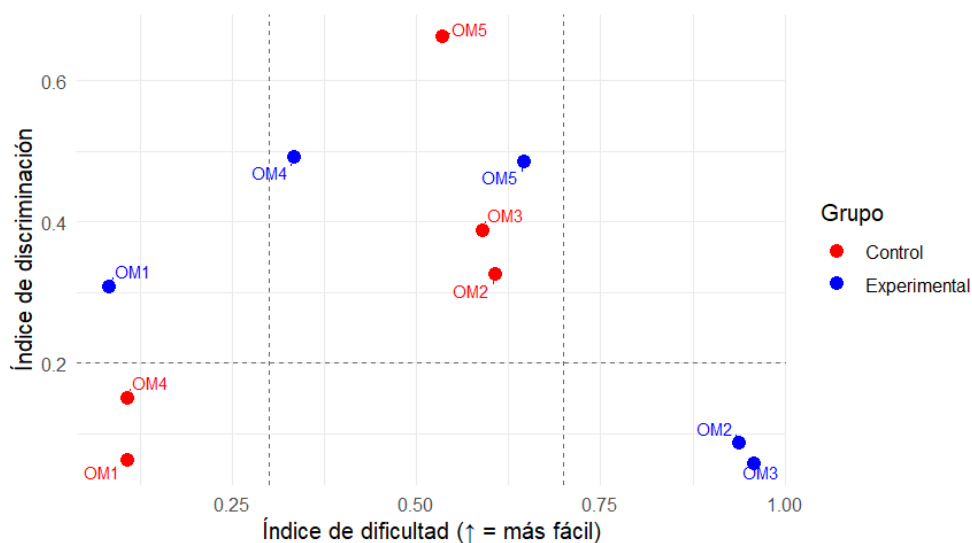
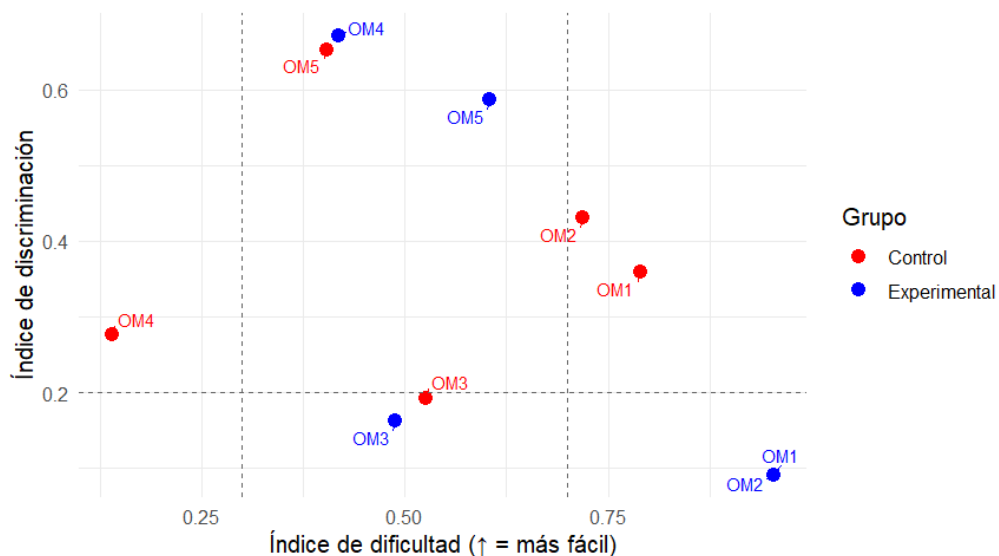


Figura 4.37 Índice de dificultad vs discriminación (Versión 2)

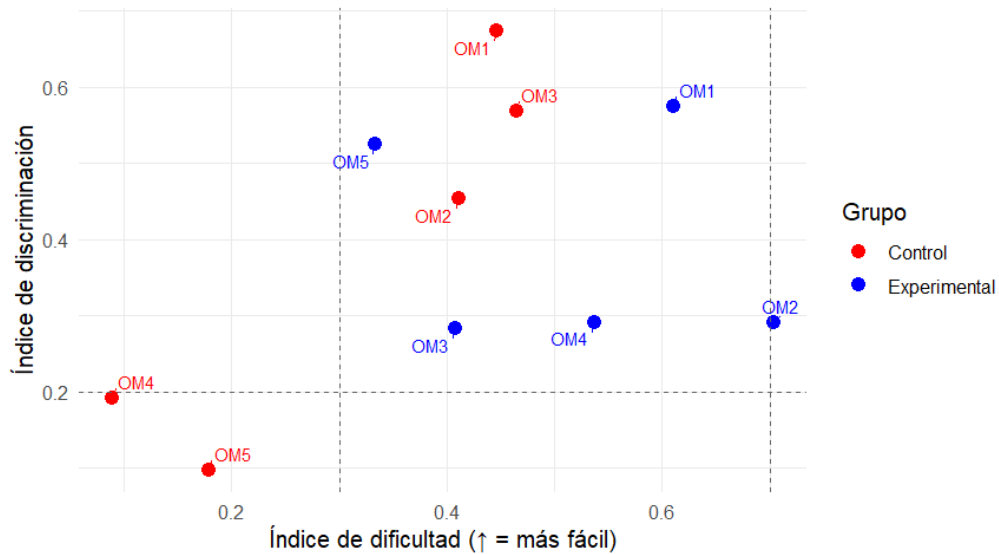
En los grupos experimentales, ciertos ítems llegaron a superar el 0.9 de dificultad, lo que indica que casi todos los alumnos contestaron correctamente esa pregunta. Ejemplo: En la versión 2 (Figura 4.37), OM2 obtuvo una dificultad de 0.94 en el grupo experimental y de 0.61 en el grupo control. Se produjo un suceso parecido con OM3, el cual pasó de 0.59 en control a 0.96 en experimental.



**Figura 4.38 Índice de dificultad vs discriminación (Versión 3)**

En la Versión 3 (Figura 4.38), los ítems OM1 y OM2 se elevaron de niveles medios-altos en el grupo control (0.79 y 0.71) a niveles muy altos en el grupo experimental (0.95 para ambos).

Esta disparidad también tuvo un impacto en los índices de discriminación. Algunos ítems, al hacerse demasiado simples en el conjunto experimental, dejaron de poder diferenciar entre alumnos con alto y bajo rendimiento. Por otro lado, los grupos control mostraban un poder de discriminación más alto para los mismos ítems.



**Figura 4.39 Figura 4.38 Índice de dificultad vs discriminación (Versión 4)**

Sin embargo, otros elementos mantuvieron un nivel adecuado de discriminación en los dos grupos, como OM1 en la versión 4 mostrada en la Figura 4.39 (0.67 para el control y 0.58 para el experimental).

Los ítems de los grupos control se agrupan con mayor frecuencia en el rango de dificultad media (0.3-0.7), presentando una dispersión que conserva discriminaciones positivas.

Los elementos de los grupos experimentales tienden a moverse hacia la esquina superior derecha del gráfico, lo que indica una mayor facilidad para resolverlos, aunque en casos específicos existe menos discriminación.

#### **4.7.2. Síntesis**

Este análisis revela que, a pesar de que la lección fue idéntica para los grupos experimental y control en la mayor parte de los paralelos incluidos en este estudio, sus comportamientos psicométricos mostraron una variación sistemática entre grupos. Los alumnos del grupo experimental resolvieron con más facilidad varios ítems, de modo que algunos se volvieron excesivamente fáciles y disminuyeron su capacidad discriminativa. Esto representa una prueba más de que la intervención tuvo un impacto favorable en la comprensión y aplicación de los conceptos evaluados, cambiando la manera en que los alumnos abordaron la lección.

## 4.8. Evidencia de lección general

Se presentará a continuación evidencia de un estudiante que participó en los dos grupos, con el mismo docente de teoría y de laboratorio, en el mismo horario y con la misma prueba tanto en el grupo experimental como en el control.

### 4.8.1. Tema de desarrollo de sujeto control

espól Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Guayacul - Ecuador  
 Campus Guanoa Galindo Velasco - Km. 30.5 Vía Provincial - Pda. (593-4) 2209 209

TEMA DE DESARROLLO (40 PTS)

4. Una masa se ata a una cuerda de longitud  $L$  y se balancea en un experimento para determinar la relación entre el periodo ( $T$ ) y la longitud ( $L$ ) de un péndulo simple, se obtuvo la siguiente tabla de datos:

Longitud ( $L$ ) [m]	2.0	6.0	8.0
Periodo ( $T$ ) [s]	3.00	5.00	6.00

Conociendo que la relación teórica entre  $T$  y  $L$  está dada por:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

- Elja la variable dependiente o independiente y realice un gráfico con los valores tabulados para obtener una recta. (use papel milimetrado o log-log según Ud. Considere apropiado) 15 pts
- Determine la pendiente de la recta graficada. Indique su significado físico. 10 pts
- Relacione la pendiente con la ecuación física proporcionada y encuentre el valor experimental de la gravedad. (No es necesario encontrar incertidumbres) 10 pts
- Determine el error relativo de la gravedad experimental. 5 pts

a) Variable dependiente  $L$

b) Pendiente  $m = \frac{(6.0 - 2.0)g}{(6.00 - 3.00)s} = \frac{6.01g}{3.00s} = 2.0 \text{ m/s}$

c)  $[2.0 \text{ m/s}]$  de velocidad en un periodo respectivo. en la cual recorren una distancia

$$\frac{1}{2.0 \text{ m/s}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \approx \frac{2\pi}{2.0 \text{ m/s}} = \sqrt{\frac{L}{g}} = g = \frac{4}{L} \frac{2.0 \text{ m/s}}{2\pi}$$

9

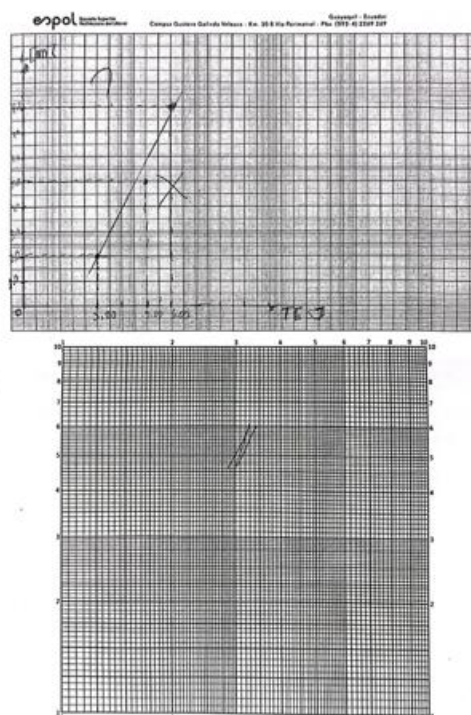


Figura 4.40 Evidencia de lección grupo control

#### 4.8.1.1. Análisis

- La Figura 4.40 nos muestran cómo el alumno:
- No aplica un escalado correcto.
- No lleva a cabo la transformación de variable necesaria para la linealización.
- No ajusta los puntos requeridos para el gráfico en la hoja seleccionada.
- La tabla de datos no permite ver la ubicación de los puntos en el gráfico.
- No se entiende de qué manera escoge los puntos que emplea para calcular la pendiente.

- Si tiene claro el manejo de las leyes de cifras significativas en las operaciones efectuadas.
- No vincula la pendiente que se obtiene con el modelo teórico proporcionado.
- No se nota ningún esfuerzo para responder a la pregunta D.

#### 4.8.2. Tema de desarrollo de sujeto experimental

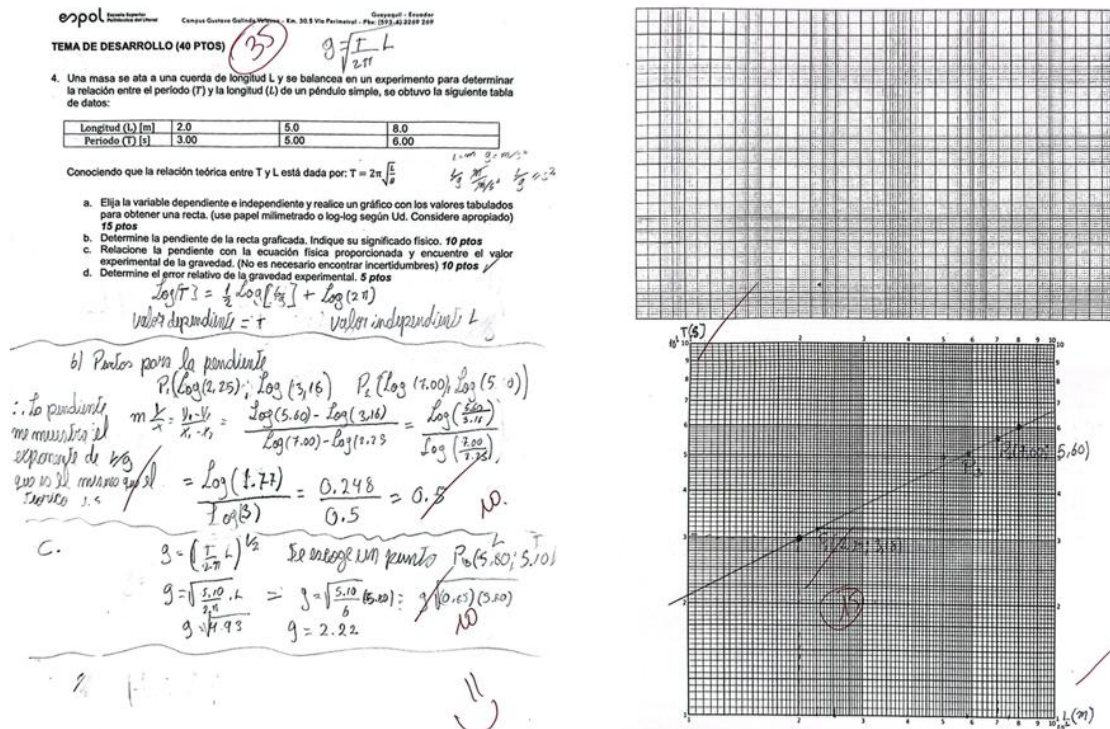


Figura 4.41 Evidencia de lección grupo experimental

##### 4.8.2.1. Análisis

La Figura 4.41 nos muestra cómo el alumno:

- Efectúa la modificación de variable requerida para linealizar.
- Como resultado de la selección de hoja, no es necesario hacer una escala adecuada.
- No se efectúa la adecuación de los puntos para el gráfico porque se emplea una hoja log-log.
- La tabla de datos permite visualizar en el gráfico la posición de los puntos.
- No está claro cómo elige los puntos para calcular la pendiente, pero sus cálculos indican que su elección fue la correcta.

- Si tiene claro el manejo de las leyes de cifras significativas en las operaciones efectuadas.
- Vincula la pendiente calculada con el modelo teórico proporcionado.
- Se nota que se ha intentado responder la pregunta D, aunque no se visualiza procedimiento claro.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

#### 5.1.1. Objetivo General

El objetivo general fue evaluar el impacto de talleres formativos que se basen en el enfoque de Aprendizaje Investigación-Acción en el laboratorio de Física Mecánica de la ESPOL, para de esta forma mejorar las competencias analíticas de los alumnos en la interpretación de datos. A lo largo de la investigación, se cumplieron los cuatro objetivos específicos propuestos y se lograron resultados que permiten evaluar la relevancia y el alcance de la propuesta.

En este estudio, se entiende que las competencias analíticas son el conjunto de habilidades que permiten a los estudiantes identificar variables relevantes, formular y linealizar modelos teóricos, representar y analizar datos experimentales teniendo en cuenta la incertidumbre, y finalmente contrastar críticamente la evidencia empírica con la teoría. Este marco conceptual, que está vinculado tanto con el enfoque de competencias en la educación superior como con el aprendizaje fundamentado en la investigación, cuenta con el apoyo de investigaciones como las de Pols et al. (2021), que estudian cómo los alumnos interpretan datos experimentales y los conectan con modelos teóricos, Nurzhan et al. (2022), que subrayan la importancia del trabajo práctico para desarrollar destrezas analíticas y Shavelson (2010), quien sugiere un modelo de medición de competencias orientadas a aplicar conocimientos en escenarios reales.

Los análisis estadísticos corroboran que la puesta en marcha de los talleres tiene un efecto importante en el desempeño académico de los alumnos. El grupo experimental obtuvo de media 13.9 puntos más en la nota del examen de laboratorio que el grupo control, una diferencia que fue estadísticamente significativa. Los resultados del cálculo de la magnitud del efecto fueron elevados ( $d$  de Cohen  $\approx 0.83$ ), lo cual demuestra que la intervención pedagógica tuvo un impacto significativo.

Asimismo, los modelos de regresión lineal indicaron que los talleres explican cerca del 14.8% de la varianza en el desempeño estudiantil, incluso cuando se controla por otras variables como el promedio teórico o el docente de laboratorio. Esto concuerda con lo que Wilcox & Lewandowski (2017) sugieren, afirmando que la participación activa de los estudiantes en los entornos de laboratorio mejora su comprensión conceptual y sus capacidades analíticas. Estos hallazgos nos permiten concluir que se logró el objetivo general con éxito.

### **5.1.2. Objetivo específico 1**

En relación con el primer objetivo específico, que es identificar las deficiencias presentes en el desarrollo de habilidades analíticas, se observó a partir del análisis de resultados anterior que los alumnos del grupo control tenían dificultades a la hora de interpretar datos experimentales. Los exámenes realizados por esta cohorte de alumnos mostraron que una gran cantidad de ellos se dedicaban únicamente a emplear fórmulas de forma mecánica, sin respetar criterios de cifras significativas, teoría de errores o incluso sin vincular los modelos teóricos con la evidencia obtenida experimentalmente en el caso de la pregunta de desarrollo.

Lo que se ha observado concuerda con lo que Morphew & Mestre (2018) sostienen, quienes indican que los alumnos tienden a resolver problemas de manera mecánica cuando no cuentan con un espacio para el análisis crítico, lo que hizo necesario incluir dicho espacio como parte de la estructura de la clase, junto con un elemento pedagógico que permita ir más allá de la práctica convencional de laboratorio y se centrara en potenciar sus aptitudes analíticas en la interpretación de datos.

### **5.1.3. Objetivo específico 2**

Con respecto al segundo objetivo específico, que era diseñar talleres formativos basados en el enfoque de Aprendizaje Investigación-Acción siguiendo con la metodología PIA propuesta por Zambrano Salinas et al. (2022). Se desarrollaron tres sesiones con la misma estructura y propósito. Tres elementos esenciales fueron tratados de manera integrada en cada uno de los talleres:

- (i) el planteamiento de modelos teóricos y su linealización

- (ii) la construcción y análisis de gráficas
- (iii) el tratamiento de incertidumbres y la comparación entre resultados teóricos y experimentales.

Aunque se planeó que los talleres se llevaran a cabo en una hora de clase, con aproximadamente 55 minutos antes de la práctica de laboratorio, no siempre fue factible completar todas las actividades en ese periodo durante la aplicación, lo que evidencia la necesidad de hacer ajustes para implementaciones futuras.

Esto permitió que los alumnos ejercitaran las habilidades analíticas repetidamente en diferentes sesiones, apoyados tanto del docente encargado como la guía de sus compañeros durante el taller, fomentando así el eje central de lo que busca en el aprendizaje activo.

#### **5.1.4. Objetivo específico 3**

El tercer objetivo específico, que consistía en poner en práctica los talleres formativos dentro del laboratorio, se logró durante el semestre a través de la aplicación en el grupo experimental. Esta se documentó mediante el uso de fotografías tomadas durante las sesiones y observaciones que revelaron una participación activa en los alumnos, según lo han comentado algunos maestros que participaron.

Un caso específico aumentó la validez del diseño: un estudiante que curso en los dos semestres diferentes, primero en el grupo de control y después en el experimental, con las mismas condiciones de profesor, horario, examen y pareja docente, mostró un rendimiento más alto después de asistir a los talleres. Esta circunstancia hizo posible corroborar que la intervención pedagógica tenía una relación directa con el cambio en su rendimiento y no con otros factores externos.

#### **5.1.5. Objetivo específico 4**

Con respecto al cuarto objetivo específico, los resultados estadísticos confirmaron la eficacia de la intervención en cuanto a la evaluación del impacto de los talleres. El análisis comparativo entre grupos reveló variaciones importantes en la habilidad de los alumnos para interpretar gráficas, justificar resultados y calcular incertidumbres, todas estas mejoras se evidencian en la nota de la lección general. Los cálculos del tamaño

del efecto reforzaron la solidez de la mejora, mientras que las pruebas ANOVA y Wilcoxon corroboraron la consistencia de las diferencias en beneficio del grupo experimental. Por lo tanto, se concluye que los talleres favorecieron de forma efectiva el desarrollo de habilidades analíticas para la interpretación de datos.

Kontro et al. (2018) informaron hallazgos similares, quienes encontraron que la implementación de talleres de formación en laboratorios universitarios potencia la habilidad para entender y justificar los resultados empíricos.

Un elemento significativo del estudio fue examinar variables adicionales que podrían haber influido en los resultados. Se notaron diferencias en el rendimiento de los alumnos dependiendo del profesor que impartía la clase de laboratorio. Sin embargo, cuando se incorporó el promedio teórico como covariable, estas disparidades disminuyeron significativamente. Esto sugiere que el enfoque docente tiene un efecto, pero que la mayor influencia vino de la implementación de los talleres.

Respecto a las lecciones, se encontraron diferencias en las dificultades de ciertas versiones, pero esto no tuvo un impacto negativo en la tendencia de mejora del grupo experimental. Por último, el promedio teórico se verificó como un pronosticador fuerte del rendimiento en el laboratorio, pero sin desplazar la importancia de la intervención. Así, se deduce que, aunque hay elementos metodológicos y pedagógicos que contribuyen a la interpretación de los resultados, el impacto de los talleres sigue siendo el factor principal y diferenciador.

## **5.2. Resultados esperados**

Respecto a los resultados esperados, la investigación logró:

1. Obtener pruebas cuantitativas del impacto de los talleres en el rendimiento académico.
2. Implementar análisis estadísticos que confirmaron un progreso significativo en el grupo experimental.
3. Desarrollar un modelo estructurado de talleres formativos que puede ser reproducido en el futuro.

4. Formular sugerencias para la enseñanza de la interpretación de datos en el laboratorio de Física Mecánica, las cuales serán mencionadas en el apartado de recomendaciones.
5. Demostrar cómo variables educativas como el docente y la metodológicas afectan los resultados sin eliminar el efecto positivo de la intervención.

En resumen, se puede sostener que la sistematización y ejecución de talleres formativos con el enfoque de Aprendizaje Investigación-Acción es una táctica pedagógica eficaz en el marco del Laboratorio de Física Mecánica de la ESPOL. La intervención consiguió que los estudiantes logaran una comprensión más crítica y reflexiva de la conexión entre la teoría y la práctica experimental, lo cual permitió superar las limitaciones que se estaban presentando al tener una clase basada únicamente en la toma de datos.

Esto confirma lo que Bruner (1966) y Vygotsky (1978) han indicado, al sostener que el aprendizaje constructivista y activo favorece el pensamiento crítico al combinar la teoría con la práctica dentro de un solo proceso.

### **5.3. Recomendaciones**

Con base en las conclusiones obtenidas, se plantean las siguientes recomendaciones:

#### **5.3.1. Para la ESPOL y el Laboratorio de Física Mecánica**

##### **• Ajustar la estructura y el tiempo asignado para los talleres.**

La experiencia demostró que, cuando se trataban juntos los tres aspectos (gráficas, incertidumbres y modelos teóricos) en cada sesión, no siempre los alumnos lograban una asimilación profunda de los contenidos y que el tiempo de clase no fue suficiente para terminar todas las actividades en varias ocasiones. Por lo tanto, se aconseja pedir una hora más en el horario de laboratorio y reorganizar la secuencia de temas en los talleres. En esta propuesta, cada sesión se centraría en un eje particular de forma gradual: el primer taller se dedicaría a los modelos teóricos y a la linealización, el segundo a las gráficas y el tercero a la comparación de resultados e incertidumbres. Finalmente, un cuarto taller integrador permitiría unificar los aprendizajes trabajados por separado, consolidando la reflexión crítica y el desarrollo de competencias analíticas.

- **Capacitar a los docentes de laboratorio en el uso eficaz de rúbricas y en metodologías activas.**

Para mejorar la capacitación pedagógica de los docentes de laboratorio, no solo se sugiere reforzar el uso estricto de las rúbricas de evaluación ya establecidas, sino también incrementar el entrenamiento en la metodología de Aprendizaje Investigación-Acción. La dificultad detectada no se encuentra en la falta de herramientas, sino en su inconsistencia de uso. Si se enfocara la capacitación, los maestros podrían desempeñarse como facilitadores de procesos críticos y reflexivos, mientras aseguran evaluaciones más justas, transparentes y objetivas. Así, la variabilidad vinculada con la práctica docente se reduciría y las habilidades analíticas de los alumnos serían evaluadas de manera homogénea.

- **Examinar y mejorar los instrumentos de evaluación.** Los hallazgos revelaron que es necesario modificar los ítems de las pruebas para disminuir el efecto techo y aumentar la capacidad discriminativa de los exámenes. Se recomienda incluir preguntas que requieran un análisis y razonamiento de datos más profundos para reflejar con mayor exactitud el grado de desarrollo de las habilidades analíticas, así como reducir el número de preguntas.

### **5.3.2. Proyección hacia otros contextos académicos**

Ampliar el uso de talleres educativos a otras materias de ciencias básicas, en las que sea importante analizar datos experimentales, como la Química o los niveles posteriores de Física. Para establecer prácticas pedagógicas basadas en evidencias que fortalezcan las habilidades analíticas de los alumnos de ingeniería, se propone expandir la propuesta a otras universidades, tanto a nivel regional como local.

### **5.3.3. Investigaciones futuras**

- **Evaluación del efecto en habilidades particulares.**

Profundizar en el impacto de los talleres sobre elementos específicos de la competencia analítica, como la formulación de modelos teóricos, la creación de gráficos experimentales y su interpretación en términos de ecuaciones matemáticas. Esto nos permitiría determinar, con mayor precisión, en qué áreas los alumnos logran más avance y en cuáles necesitan un refuerzo.

- **Impacto de los talleres en la realización de los reportes de laboratorio.**

Analizar la manera en que la participación en los talleres afecta la calidad de los informes escritos de los alumnos, en elementos como el nivel de claridad del razonamiento, la fundamentación de resultados y la habilidad para relacionar teoría y evidencia empírica. Esto brindaría una perspectiva más completa acerca de cómo los talleres afectan la comunicación científica de los alumnos.

- **Impacto de la normalización de las rúbricas de evaluación.**

Analizar la forma en que el uso de rúbricas estandarizadas para calificar talleres, exámenes e informes afecta la equidad y consistencia de la evaluación. También se podría examinar si la transparencia de los criterios de calificación ayuda a que los alumnos desarrollen competencias analíticas y autorregulen su aprendizaje.

- **Monitoreo del impacto a mediano y largo plazo del desarrollo de competencias analíticas.**

Realizar estudios longitudinales para comprobar si las competencias que se adquirieron en los talleres se mantienen y se aplican en otras materias posteriores a física mecánica, proporcionando de esta manera evidencias sobre el sostenimiento del aprendizaje con el pasar del tiempo.

- **Estudio de tipo mixto.**

Establecer diseños de investigación que mezclen los datos cuantitativos y las observaciones cualitativas de los estudiantes y docentes. Este punto de vista permitiría tener una comprensión mayor del efecto de la propuesta, considerando las calificaciones y las experiencias de los participantes, además del rendimiento académico analizado en la presente investigación.

## 6. REFERENCIAS

- Álvarez Justel, J. (2019). Las dimensiones cognitiva, emocional y social en la toma de decisiones de la carrera en el alumnado de educación secundaria//The cognitive, emotional and social dimensions in career decision-making among students of secondary education. *REOP - Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 30(3), 140–153.  
<https://doi.org/10.5944/reop.vol.30.num.3.2019.26277>
- Amrina, U., & Oktor, R. A. (2023). WORKSHOP DESIGN KONTEN PEMASARAN DIGITAL MENGGUNAKAN CANVA. *Jurnal Industri Kreatif Dan Kewirausahaan*, 6(2). <https://doi.org/10.36441/kewirausahaan.v6i2.1819>
- Brigas, C. J. (2019). Modeling and Simulation in an Educational Context: Teaching and Learning Sciences. *Research in Social Sciences and Technology*, 4(2). <https://doi.org/10.46303/ressat.04.02.1>
- Bruner, J. S., & Duhl, L. (1966). BOOK AND FILM REVIEWS: Toward a Theory of Instruction. *The Physics Teacher*, 4(4). <https://doi.org/10.1119/1.2350966>
- Centro de Investigaciones y Servicios Educativos. (2020). *Folleto Digital. Los Resultados de Aprendizaje*. [https://www.cise.espol.edu.ec/sites/cise.espol.edu.ec/files/Folleto%20Digital%20Resultados%20de%20Aprendizaje.pdf?utm\\_source](https://www.cise.espol.edu.ec/sites/cise.espol.edu.ec/files/Folleto%20Digital%20Resultados%20de%20Aprendizaje.pdf?utm_source)
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1). <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- González, B. (2016). El taller como componente curricular para la formación integral en la educación superior. *Perspectivas Docentes* 60. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6349223&info=resumen&idioma=SPA%0>
- Johanna del Rocío Barzola Sarmiento. (2019). DISEÑO DE UN MODELO DE PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO. *Repositorio DSpace*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/47432?show=full&locale-attribute=es>
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1989). Cooperation and competition: Theory and research. In *Central European*.
- Khaparde, R. (2019). Experimental problem solving: A plausible approach for conventional laboratory courses. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012031>
- Kontro, I., Heino, O., Hendolin, I., & Galambosi, S. (2018). Modernisation of the intermediate physics laboratory. *European Journal of Physics*, 39(2). <https://doi.org/10.1088/1361-6404/aa9364>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). Legitimate peripheral participation: Situated learning. In *Learning and Instruction*.
- Lee, M. F., Sohod, S. N. M., & Ab Rahman, A. (2019). Exploring the mastery level of critical thinking and problem solving skill among the technical undergraduate. *Journal of Technical Education and Training*, 11(3). <https://doi.org/10.30880/jtet.2019.11.03.002>
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. *Contributions to Probability and Statistics: Essays in ...*, 69(346).
- Luna, M. E. (2012). El taller: una estrategia para aprender, enseñar e investigar. *Lenguaje y Educación: Perspectivas Metodológicas y Teóricas Para Su Estudio*.
- Malavé Carrera, C., Flores Nicolalde, B., & Flores Nicolalde, F. (2016). Análisis descriptivo de las dificultades que afrontan estudiantes de Ingeniería en el

- aprendizaje de Física de una Universidad ecuatoriana. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10(4).
- Matilainen, R., Koliseva, A., Valto, P., & Vålisaari, J. (2017). Reconstruction of undergraduate analytical chemistry laboratory course. In *Analytical and bioanalytical chemistry* (Vol. 409, Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s00216-016-9953-6>
- Morphew, J. W., & Mestre, J. P. (2018). Explorando la conexión entre la resolución de problemas y la comprensión de conceptos en física. *Revista de Enseñanza de La Física*, 30(2). <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v30.n2.22738>
- Mytsenko, V., & Rusanovska, T. (2023). PRINCIPLES OF SOFT SKILLS FORMATION IN STUDENTS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS: THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS The article describes theoretical and practical aspects of the basic principles of soft skills. *Academic Notes Series Pedagogical Science*, 1(208). <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-208-192-196>
- National Research Council. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. In *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Nurzhhan, S., Abylay, T., Singh, C.P., Igor, a., & Baiseyit, O. (2022). DEVELOPMENT OF ANALYSIS AND EVALUATION SKILLS IN A PHYSICS TEACHING THROUGH PRACTICAL WORK. *International Journal Of Multidisciplinary Research And Studies*, 05(06), 01–15. <https://doi.org/10.33826/ijmras/v05i06.3>
- Omar, C., & Plumb, S. (2023). Teamwork and student engagement during practical sessions in laboratories. *International Conference on Higher Education Advances*. <https://doi.org/10.4995/HEAd23.2023.16036>
- Ordóñez Urbano, C. F., Muñoz, J. A., Fierro, L. P., Marulanda, J. F. F., & Vargas-Canas, R. (2023). Remote Laboratories for Physics Education: A Proposal Toward Interactive Learning for Engineering Students. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 18(3). <https://doi.org/10.1109/RITA.2023.3303100>
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2). <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Pérez-Van-Leenden, M. D. J. (2019). La investigación acción en la práctica docente. Un análisis bibliométrico (2003-2017). *Magis, Revista Internacional de Investigación En Educación*, 12(24). <https://doi.org/10.11144/javeriana.m12-24.ncev>
- Pols, C. F. J., Dekkers, P. J. J. M., & de Vries, M. J. (2021). What do they know? Investigating students' ability to analyse experimental data in secondary physics education. *International Journal of Science Education*, 43(2). <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1865588>
- Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. In *Journal of Engineering Education* (Vol. 93, Issue 3). <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- Radić-Bojanić, B. B., & Pop-Jovanov, D. M. (2018). WORKSHOPS IN EDUCATION: THEORETICAL AND PRACTICAL ISSUES. *Методички Видици*, 9(9). <https://doi.org/10.19090/mv.2018.9.223-234>
- Rahmadhani, S., Abdullah, A., & Kartika, A. (2024). Workshop Pengolahan Data dengan Software SmartPLS Untuk Data Primer dan Sekunder dalam Riset. *Panggung Kebaikan : Jurnal Pengabdian Sosial*, 1(2), 48–53. <https://doi.org/10.62951/panggungkebaikan.v1i2.331>
- Savery, J. R. (2006). Overview of Problem-based Learning : Definitions and Distinctions Origins of PBL. *Learning*, 1(1).

- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). *Biometrika*, 52(3/4). <https://doi.org/10.2307/2333709>
- Shavelson, R. J. (2010). On the measurement of competency. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/bf03546488>
- Suryadi, Mahardika, I. K., Sudarti, & Supeno. (2022). Students' Ability in Analysis and Interpretation of Data from Physics Investigation about Motion Kinematics. *AIP Conference Proceedings*, 2468. <https://doi.org/10.1063/5.0103041>
- Tatsuoka, M. M., Lord, F. M., Novick, M. R., & Birnbaum, A. (1971). Statistical Theories of Mental Test Scores. *Journal of the American Statistical Association*, 66(335). <https://doi.org/10.2307/2283550>
- Torres Rodríguez, P., Alvarez Bencomo, O., Hernández Guerra, U., & Vento Ruizcalderón, M. (2023). *Proposal for a system of workshops for the training of university students who are fond of art Propuesta de un sistema de talleres para la formación de estudiantes universitarios aficionados al arte Proposta de um sistema de oficinas para a formação de universitários amantes da arte* (Vol. 21, Issue 3). <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/3275><https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/3275>
- Universidades y Escuelas Politécnicas – Matrículas – Servicios Senescyt.* (n.d.). Retrieved September 13, 2024, from <https://siau.senescyt.gob.ec/universidades-y-escuelas-politecnicas-matriculas/>
- Valeeva, R. A., & Bushmeleva, N. A. (2016). Forming analytical competency of higher school students. *Mathematics Education*, 11(8). <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1113732.pdf>
- Vygotsky, L. S. (1978). Tools and symbols in child development. In *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*.
- Wilcox, B. R., & Lewandowski, H. J. (2017). Developing skills versus reinforcing concepts in physics labs: Insight from a survey of students' beliefs about experimental physics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010108>
- Wilcoxon, F. (1945). Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin*, 1(6). <https://doi.org/10.2307/3001968>
- Yáñez, C., & Villardón, L. (2006). Planificar desde competencias para promover el aprendizaje: el reto de la sociedad del conocimiento para el profesorado universitario. In *Cuadernos monográficos del ICE* (Vol. 12).
- Zacharias, C. R., & Monteiro, M. A. A. (2022). *Introductory Physics Laboratory as an opportunity to promote students' soft skills*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1488695/v1>
- Zambrano Salinas, D. R., Intriago Panchano, A. J., Ulloa Acosta, L. E., & Camacho Sellán, K. M. (2022). Evolución de la práctica docente y su impacto en el rendimiento académico universitario mediante el Programa Investigación-Acción (PIA). *UNIPLURIVERSIDAD*, 22(1). <https://doi.org/10.17533/udea.unipluri.346193>
- Zotou, M., Tambouris, E., & Tarabanis, K. (2020). Data-driven problem based learning: enhancing problem based learning with learning analytics. *Educational Technology Research and Development*, 68(6). <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09828-8>

## 7. APÉNDICES Y ANEXOS

### Apéndice A: Código de R para análisis de resultados

```
# LIBRERÍAS-----
library(dplyr)
library(car)
library(readxl)
library(tidyr)
library(ggplot2)
library(broom)
library(tidyverse)
library(conflicted)
library(effsize)
library(ggrepel)
library(purrr)

conflicts_prefer(dplyr::filter)
#LECTURA DE DATOS-----
datos <- read_excel("C:/Users/jonja/OneDrive/Escritorio/Tesis/DATA/DATA
corregida con cambios profesor codigos.xlsx")
# Separar los datos por grupo
datos$PL <- as.numeric(datos$PL)
#PRUEBA DE NORMALIDAD Y HOMOGENEIDAD -----
conflicts_prefer(dplyr::filter)
df <- datos %>%
  filter(!is.na(Examen),
         Grupos %in% c("Control", "Experimental")) %>%
  mutate(Grupos = factor(Grupos, levels = c("Control", "Experimental")))

# --- 1) Prueba de normalidad Shapiro-Wilk por grupo ---
by(df$Examen, df$Grupos, shapiro.test)

# Interpretación:
# p > 0.05 → distribución compatible con normalidad
# p < 0.05 → desviación significativa de la normalidad

# --- 2) Prueba de homogeneidad de varianzas (Levene) ---
leveneTest(Examen ~ Grupos, data = df)

# Interpretación:
# p > 0.05 → varianzas iguales (puedes usar t-Student con var.equal=TRUE)
# p < 0.05 → varianzas distintas (usa t de Welch con var.equal=FALSE)

##### Para grupos completos
# TEST GENERAL-----
#Impacto del taller
wilcox.test(Examen ~ Grupos, data = datos)
```

```

#HOMOGENEIDAD
wilcox.test(Promedio ~ Grupos, data = datos)

# Calcular media, sd y tamaño de muestra
resumen <- datos %>%
  group_by(Grupos) %>%
  summarise(
    Media = mean(Examen, na.rm = TRUE),
    SD = sd(Examen, na.rm = TRUE),
    N = n(),
    .groups = "drop"
  )

print(resumen)

# Gráfico de barras con barras de error (desviación estándar)
ggplot(resumen, aes(x = Grupos, y = Media, fill = Grupos)) +
  geom_col(width = 0.6, color = "black") +
  geom_errorbar(aes(ymin = Media - SD, ymax = Media + SD),
    width = 0.2, linewidth = 0.8) +
  scale_fill_manual(values = c("Control" = "red", "Experimental" = "blue")) +
  labs(
    title = "Promedio de lección de laboratorio por Grupo",
    x = "Grupo",
    y = "Nota promedio ± DE"
  ) +
  theme_minimal(base_size = 14) +
  theme(legend.position = "none")

##### Cohen general #####

# 2. SEPARAR LOS GRUPOS
#
=====
=====
grupo_control <- datos %>% filter(Grupos == "Control") %>% pull(Examen)
grupo_experimental <- datos %>% filter(Grupos == "Experimental") %>%
pull(Examen)

# 3. CALCULAR COHEN'S D GENERAL
#
=====
=====
cohen_d_resultado <- cohen.d(grupo_experimental, grupo_control,
  pooled = TRUE, paired = FALSE, na.rm = TRUE)
print(cohen_d_resultado)

# 4. INTERPRETAR COHEN'S D

```

```

#
=====
=====
interpretar_cohen_d <- function(d) {
  d_abs <- abs(d)
  if (d_abs < 0.2) {
    return("Efecto pequeño (< 0.2)")
  } else if (d_abs < 0.5) {
    return("Efecto pequeño a mediano (0.2 - 0.5)")
  } else if (d_abs < 0.8) {
    return("Efecto mediano a grande (0.5 - 0.8)")
  } else {
    return("Efecto grande (> 0.8)")
  }
}

interpretacion <- interpretar_cohen_d(cohen_d_resultado$estimate)

# 5. CREAR TABLA RESUMEN GENERAL
#
=====
=====
media_control <- mean(grupo_control, na.rm = TRUE)
media_experimental <- mean(grupo_experimental, na.rm = TRUE)

resumen_efecto <- data.frame(
  Medida = c("Media Grupo Control",
            "Media Grupo Experimental",
            "Diferencia de Medias",
            "d de Cohen",
            "Interpretación"),
  Valor = c(round(media_control, 2),
            round(media_experimental, 2),
            round(media_experimental - media_control, 2),
            round(cohen_d_resultado$estimate, 3),
            interpretacion)
)
print(resumen_efecto)

##### Grafica de distribucion
# 8. GRÁFICO DE DENSIDAD GENERAL
#
=====
=====
ggplot(datos, aes(x = Examen, fill = Grupos)) +
  geom_density(alpha = 0.7) +
  geom_vline(xintercept = media_control, color = "red", linetype = "dashed",
            size = 1) +
  geom_vline(xintercept = media_experimental, color = "blue", linetype =
            "dashed", size = 1) +

```

```

labs(title = paste("Distribución de Notas (Ncont=220 Nexpe=190)- d de
Cohen =",
      round(cohen_d_resultado$estimate, 3)),
      subtitle = paste("Interpretación:", interpretacion),
      x = "Nota de Lección General",
      y = "Densidad",
      fill = "Grupo") +
theme_minimal() +
scale_fill_manual(values = c("Control" = "#FF6B6B", "Experimental" =
"#4ECDC4"))

```

```

# TEST POR PROFESOR -----

```

```

profesores_a_probar <- datos %>%
  group_by(Profesorlab) %>%
  summarise(n_grupos = n_distinct(Grupos)) %>%
  filter(n_grupos == 2) %>%
  pull(Profesorlab)

```

```

lista_de_resultados_examen <- list()

```

```

for (prof in profesores_a_probar) {

```

```

  datos_del_profesor <- datos %>%
    filter(Profesorlab== prof)

```

```

  # Calcular n por grupo
  n_por_grupo <- datos_del_profesor %>%
    group_by(Grupos) %>%
    summarise(n = n(), .groups = "drop")

```

```

  # Prueba de Mann–Whitney
  resultado_test <- wilcox.test(Examen ~ Grupos, data = datos_del_profesor,
exact = FALSE)

```

```

  # Convertir a formato limpio y añadir info extra
  resultado_df <- tidy(resultado_test) %>%
    mutate(Profesor = prof,
           n_control = n_por_grupo$n[n_por_grupo$Grupos == "Control"],
           n_experimental = n_por_grupo$n[n_por_grupo$Grupos ==
"Experimental"])

```

```

  lista_de_resultados_examen[[prof]] <- resultado_df
}

```

```

# Unir todos los resultados en un solo data frame
resultados_finales <- bind_rows(lista_de_resultados_examen)

```

```

# Ver tabla

```

```

print(resultados_finales)

resumen_profesores <- datos %>%
  group_by(Profesorlab, Grupos) %>%
  summarise(
    n = n(),
    media = mean(Examen, na.rm = TRUE),
    sd = sd(Examen, na.rm = TRUE),
    .groups = "drop"
  )

print(resumen_profesores)

#Verificar si son homogenos por profesor

res_prom_por_prof <- df %>%
  filter(!is.na(Promedio), !is.na(Grupos), !is.na(Profesorlab)) %>%
  group_by(Profesorlab) %>%
  summarise(
    n_control = sum(Grupos == "Control"),
    n_experimental = sum(Grupos == "Experimental"),
    mediana_control = median(Promedio[Grupos == "Control"], na.rm =
TRUE),
    mediana_experimental = median(Promedio[Grupos == "Experimental"],
na.rm = TRUE),
    p_value = wilcox.test(Promedio ~ Grupos)$p.value,
    .groups = "drop"
  ) %>%
  mutate(signif = case_when(
    p_value < 0.001 ~ "****",
    p_value < 0.01 ~ "***",
    p_value < 0.05 ~ "**",
    p_value < 0.1 ~ ".",
    TRUE ~ ""
  )) %>%
  arrange(p_value)

res_prom_por_prof

# 2) Gráfico: medias con barras de error (± 1 sd)
ggplot(resumen_profesores, aes(x = Profesorlab, y = media, fill = Grupos)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = position_dodge(width = 0.8), color =
"black") +
  geom_errorbar(
    aes(ymin = media - sd, ymax = media + sd),
    position = position_dodge(width = 0.8),
    width = 0.2
  ) +
  scale_fill_manual(values = c("Control" = "red", "Experimental" = "blue")) +

```

```

labs(
  title = "Promedio por profesor y grupo",
  x = "Docente de laboratorio",
  y = "Nota promedio de lección ± DE"
) +
theme_minimal(base_size = 14) +
theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1))

#comparar si profesor D que tiene grupos no homogéneos su ganancia es
valida

df_D <- df %>% filter(Profesorlab == "D")
modelo_D <- lm(Examen ~ Promedio + Grupos, data = df_D)
summary(modelo_D)

#####
# --- COHEN'S D POR PROFESOR DE LABORATORIO ---

library(dplyr)
library(purrr)

# --- Función auxiliar para Cohen's d con IC ---
cohen_d_con_ic <- function(x_exp, x_ctrl, conf.level = 0.95) {
  n_exp <- length(x_exp)
  n_ctrl <- length(x_ctrl)

  m_exp <- mean(x_exp, na.rm = TRUE)
  m_ctrl <- mean(x_ctrl, na.rm = TRUE)
  sd_exp <- sd(x_exp, na.rm = TRUE)
  sd_ctrl <- sd(x_ctrl, na.rm = TRUE)

  # Pooled SD
  s_pooled <- sqrt(((n_exp - 1)*sd_exp^2 + (n_ctrl - 1)*sd_ctrl^2) / (n_exp +
n_ctrl - 2))

  # d de Cohen
  d <- (m_exp - m_ctrl) / s_pooled

  # Error estándar de d
  se_d <- sqrt((n_exp + n_ctrl)/(n_exp * n_ctrl) + (d^2)/(2*(n_exp + n_ctrl)))

  # Intervalo de confianza
  alpha <- 1 - conf.level
  z <- qnorm(1 - alpha/2)
  ic_lo <- d - z * se_d
  ic_hi <- d + z * se_d

  list(d = d, ic_lo = ic_lo, ic_hi = ic_hi)
}

```

```

# --- Calcular Cohen's d por profesor ---
cohen_d_por_profesor <- datos %>%
  group_by(Profesorlab) %>%
  summarise(
    n_control = sum(Grupos == "Control" & !is.na(Examen)),
    n_experimental = sum(Grupos == "Experimental" & !is.na(Examen)),
    d_ic = list(
      if (n_control > 1 & n_experimental > 1) {
        cohen_d_con_ic(
          x_exp = Examen[Grupos == "Experimental"],
          x_ctrl = Examen[Grupos == "Control"]
        )
      } else {
        list(d = NA_real_, ic_lo = NA_real_, ic_hi = NA_real_)
      }
    ),
    .groups = "drop"
  ) %>%
  mutate(
    cohen_d = map_dbl(d_ic, "d"),
    ic_lo = map_dbl(d_ic, "ic_lo"),
    ic_hi = map_dbl(d_ic, "ic_hi")
  ) %>%
  select(-d_ic) %>%
  arrange(Profesorlab)

```

```

print(cohen_d_por_profesor, n = Inf)

```

```

# TEST POR PARALELO -----

```

```

#Test de significancia general
paralelos_a_probar <- datos %>%
  group_by(Paralelo) %>%
  summarise(n_grupos = n_distinct(Grupos)) %>%
  filter(n_grupos == 2) %>%
  pull(Paralelo)

```

```

lista_de_resultados_examen <- list()

```

```

for (par in paralelos_a_probar) {

```

```

  datos_del_paralelo <- datos %>%
    filter(Paralelo == par)

```

```

  # Calcular n por grupo

```

```

  n_por_grupo <- datos_del_paralelo %>%
    group_by(Grupos) %>%
    summarise(n = n(), .groups = "drop")

```

```

# Prueba de Mann-Whitney
resultado_test <- wilcox.test(Examen ~ Grupos, data = datos_del_paralelo,
exact = FALSE)

# Convertir a formato limpio y añadir info extra
resultado_df <- tidy(resultado_test) %>%
  mutate(Paralelo = par,
         n_control = n_por_grupo$n[n_por_grupo$Grupos == "Control"],
         n_experimental = n_por_grupo$n[n_por_grupo$Grupos ==
"Experimental"])

  lista_de_resultados_examen[[par]] <- resultado_df
}

# Unir todos los resultados en un solo data frame
resultados_finales <- bind_rows(lista_de_resultados_examen)

# Ver tabla
print(resultados_finales)

promedios_por_paralelo <- datos %>%
  group_by(Paralelo, Grupos) %>%
  summarise(
    Promedio_Examen = mean(Examen, na.rm = TRUE),
    N_Estudiantes = n(),
    .groups = 'drop'
  )

# Imprimir la tabla de resultados
print(n=30, promedios_por_paralelo)

#####
# Resumen: media y SD por Paralelo y Grupo
sum_par <- datos %>%
  mutate(Paralelo = as.factor(Paralelo)) %>% # asegúrate que existe
  group_by(Paralelo, Grupos) %>%
  summarise(
    n = sum(!is.na(Examen)),
    media = mean(Examen, na.rm = TRUE),
    sd = sd(Examen, na.rm = TRUE),
    .groups = "drop"
  )

ggplot(sum_par, aes(x = Paralelo, y = media, fill = Grupos)) +
  geom_col(position = position_dodge(width = 0.8), width = 0.7, color =
"black") +
  geom_errorbar(aes(ymin = media - sd, ymax = media + sd),
               position = position_dodge(width = 0.8), width = .2) +
  scale_fill_manual(values = c("Control" = "red", "Experimental" = "blue")) +
  labs(title = "Promedio de lección por paralelo y grupo",

```

```

x = "Paralelo", y = "Nota promedio de lección ± DE") +
coord_cartesian(ylim = c(0, 100)) + # ajusta si tu escala es otra
theme_minimal(base_size = 14) +
theme(axis.text.x = element_text(angle = 0, hjust = 0.5))

```

```
#####
```

```

# TEST DE HOMOGENEIDAD (teoría) -----
paralelos_especificos <- c("1","2","3","4","5","6","7","8","9")

```

```
lista_resultados_especificos <- list()
```

```

for (par in paralelos_especificos) {
  datos_del_paralelo <- datos %>%
    filter(Paralelo == par)

```

```

  if (n_distinct(datos_del_paralelo$Grupos) == 2) {
    resultado_test <- wilcox.test(Promedio ~ Grupos, data =
datos_del_paralelo)
    lista_resultados_especificos[[par]] <- tidy(resultado_test)
  } else {
    cat("Aviso: El paralelo", par, "no tiene ambos grupos y fue omitido del
análisis.\n")
  }
}

```

```

if (length(lista_resultados_especificos) > 0) {
  tabla_resultados_especificos <- bind_rows(lista_resultados_especificos,
.id = "Paralelo")
  print(tabla_resultados_especificos)
} else {
  cat("No se pudo realizar ninguna prueba para los paralelos
seleccionados.\n")
}

```

```
#####
```

```

##### cohen por paralelo
# Asegúrate de tener la columna 'Paralelo' (factor o carácter).
# Si tu data no la tiene, cambia 'Paralelo' por la variable que te agrupe (p.ej.,
Version).
stopifnot("Paralelo" %in% names(datos))

```

```

cohen_d_por_paralelo <- datos %>%
  group_by(Paralelo) %>%
  summarise(
    n_control = sum(Grupos == "Control" & !is.na(Examen)),
    n_experimental = sum(Grupos == "Experimental" & !is.na(Examen)),
    d_ic = list(

```

```

if (n_control > 0 & n_experimental > 0) {
  cohen_d_con_ic(
    x_exp = Examen[Grupos == "Experimental"],
    x_ctrl = Examen[Grupos == "Control"]
  )
} else {
  list(d = NA_real_, ic_lo = NA_real_, ic_hi = NA_real_)
}
),
.groups = "drop"
) %>%
mutate(
  cohen_d = map_dbl(d_ic, "d"),
  ic_lo = map_dbl(d_ic, "ic_lo"),
  ic_hi = map_dbl(d_ic, "ic_hi"),
  interpretacion = ifelse(is.na(cohen_d), "Datos insuficientes",
    vapply(cohen_d, interpretar_cohen_d, character(1)))
) %>%
select(-d_ic) %>%
arrange(Paralelo)

```

```
print(cohen_d_por_paralelo, n = Inf)
```

```
# Función para interpretar el tamaño del efecto
```

```
interpretar_cohen_d <- function(d) {
  d_abs <- abs(d)
  if (d_abs < 0.2) {
    return("Efecto pequeño (<0.2)")
  } else if (d_abs < 0.5) {
    return("Efecto pequeño a mediano (0.2 - 0.5)")
  } else if (d_abs < 0.8) {
    return("Efecto mediano a grande (0.5 - 0.8)")
  } else {
    return("Efecto grande (>0.8)")
  }
}

```

```
#####
```

```
# TEST POR PAREJA PROFESORES -----
```

```
pareja_a_probar <- datos %>%
  group_by(Parejaprofesores) %>%
  summarise(n_grupos = n_distinct(Grupos)) %>%
  filter(n_grupos == 2) %>%
  pull(Parejaprofesores)

```

```
lista_de_resultados_examen <- list()
```

```
for (pareja in pareja_a_probar) {
```

```

datos_de_pareja <- datos %>%
  filter(Parejaprofesores == pareja)

# Calcular n por grupo
n_por_grupo <- datos_de_pareja %>%
  group_by(Grupos) %>%
  summarise(n = n(), .groups = "drop")

# Prueba de Mann-Whitney
resultado_test <- wilcox.test(Examen ~ Grupos, data = datos_de_pareja,
exact = FALSE)

# Convertir a formato limpio y añadir info extra
resultado_df <- tidy(resultado_test) %>%
  mutate(Parejaprofesores= pareja,
         n_control = n_por_grupo$n[n_por_grupo$Grupos == "Control"],
         n_experimental = n_por_grupo$n[n_por_grupo$Grupos ==
"Experimental"])

  lista_de_resultados_examen[[pareja]] <- resultado_df
}

# Unir todos los resultados en un solo data frame
resultados_finales <- bind_rows(lista_de_resultados_examen)

# Ver tabla
print(resultados_finales)

promedios_por_pareja <- datos %>%
  group_by(Parejaprofesores, Grupos) %>%
  summarise(
    n = n(),
    Promedio_Examen = mean(Examen, na.rm = TRUE),
    sd = sd(Examen, na.rm = TRUE),
    .groups = 'drop'
  )
print(promedios_por_pareja)
#####
#grafica 'pr áreja de 'rpfesores
ggplot(promedios_por_pareja, aes(x = Parejaprofesores, y =
Promedio_Examen, fill = Grupos)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = position_dodge(width = 0.8), color =
"black") +
  geom_errorbar(
    aes(ymin = Promedio_Examen - sd, ymax = Promedio_Examen + sd),
    position = position_dodge(width = 0.8),
    width = 0.2
  ) +
  scale_fill_manual(values = c("Control" = "red", "Experimental" = "blue")) +
  labs(

```

```

title = "Promedio de lección por pareja de profesores y grupo",
x = "Pareja Teoría-Laboratorio",
y = "Nota promedio de lección ± DE"
) +
theme_minimal(base_size = 14) +
theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1))

```

```
##### Homogeneidad por pareja de profesor
```

```
# Filtrar parejas que tengan ambos grupos presentes
```

```
parejas_ok <- datos %>%
  group_by(Parejaprofesores) %>%
  filter(n_distinct(Grupos) == 2) %>%
  pull(Parejaprofesores) %>%
  unique()
```

```
# Wilcoxon de Promedio ~ Grupos por pareja
```

```
homogeneidad_por_pareja <- map_dfr(parejas_ok, ~{
  d <- datos %>%
    filter(Parejaprofesores == .x) %>%
    filter(!is.na(Promedio), !is.na(Grupos))
```

```
# asegurar referencia "Control"
```

```
d <- d %>% mutate(Grupos = factor(Grupos, levels =
c("Control","Experimental")))
```

```
wt <- wilcox.test(Promedio ~ Grupos, data = d, exact = FALSE)
```

```
tibble(
  Parejaprofesores = .x,
  W_stat          = unname(wt$statistic),
  p_value         = wt$p.value,
  n_control       = sum(d$Grupos == "Control"),
  n_experimental  = sum(d$Grupos == "Experimental"),
  med_control     = median(d$Promedio[d$Grupos == "Control"], na.rm =
TRUE),
  med_experimental = median(d$Promedio[d$Grupos == "Experimental"],
na.rm = TRUE)
)
}) %>%
  mutate(p_FDR = p.adjust(p_value, method = "BH"),
         homogeneos = if_else(p_value >= 0.05, "Sí (baseline similar)", "No
(baseline distinto)")) %>%
  arrange(p_value)
```

```
homogeneidad_por_pareja
```

```
# probar que la nota no depende del promedio de teoriaa en los grupos por
profesor
```

```

# Parejas que tienen ambos grupos
parejas_ok <- datos %>%
  group_by(Parejaprofesores) %>%
  filter(n_distinct(Grupos) == 2) %>%
  pull(Parejaprofesores) %>%
  unique()

residual_wilcox_por_pareja <- map_dfr(parejas_ok, ~{
  d <- datos %>%
    filter(Parejaprofesores == .x) %>%
    filter(!is.na(Examen), !is.na(Promedio), !is.na(Grupos)) %>%
    mutate(Grupos = factor(Grupos, levels = c("Control", "Experimental")))

  # Si no hay datos suficientes, devolver NA-s
  if (nrow(d) < 3 || n_distinct(d$Grupos) < 2) {
    return(tibble(
      Parejaprofesores = .x,
      W_stat = NA_real_, p_value = NA_real_,
      n_control = sum(d$Grupos=="Control"), n_experimental =
sum(d$Grupos=="Experimental"),
      med_resid_control = NA_real_, med_resid_experimental = NA_real_
    ))
  }

  # Quitar influencia de Promedio dentro de la pareja
  fit <- lm(Examen ~ Promedio, data = d)
  d$resid_examen <- resid(fit)

  wt <- wilcox.test(resid_examen ~ Grupos, data = d, exact = FALSE)

  tibble(
    Parejaprofesores = .x,
    W_stat = unname(wt$statistic),
    p_value = wt$p.value,
    n_control = sum(d$Grupos=="Control"),
    n_experimental = sum(d$Grupos=="Experimental"),
    med_resid_control = median(d$resid_examen[d$Grupos=="Control"],
na.rm=TRUE),
    med_resid_experimental
=
median(d$resid_examen[d$Grupos=="Experimental"], na.rm=TRUE)
  )
}) %>%
  mutate(p_FDR = p.adjust(p_value, method = "BH"),
    conclusion = ifelse(p_value < 0.05,
      "Diferencia en Examen tras quitar Promedio (efecto del
taller plausible)",
      "Sin diferencia tras quitar Promedio")) %>%
  arrange(p_value)

residual_wilcox_por_pareja

```

```
#####
```

```
##### Calcular Cohen's d por pareja de profesores
cohen_d_por_pareja <- datos %>%
  group_by(Parejaprofesores) %>%
  summarise(
    n_control = sum(Grupos == "Control", na.rm = TRUE),
    n_experimental = sum(Grupos == "Experimental", na.rm = TRUE),
    cohen_d = ifelse(n_control > 0 & n_experimental > 0,
                    cohen.d(Examen[Grupos == "Experimental"],
                           Examen[Grupos == "Control"],
                           pooled = TRUE)$estimate,
                    NA),
    interpretacion = ifelse(!is.na(cohen_d),
                           interpretar_cohen_d(cohen_d),
                           "Datos insuficientes"),
    .groups = 'drop'
  ) %>%
  arrange(desc(cohen_d))

print("Tamaño del efecto por pareja de profesores:")
print(cohen_d_por_pareja)
```

```
#####
=====
=====
```

```
# 1) LIMPIEZA BASE Y FILTRO SOLO EXPERIMENTAL
```

```
df <- datos %>%
  mutate(
    # Profesor de laboratorio como factor (usaremos SIEMPRE 'Profesorlab')
    Profesorlab = factor(Profesorlab),

    # PL a numérico (si viene como char/factor, convierte; si hay "EX", "N/A",
    # quedarán NA)
    PL_num = suppressWarnings(as.numeric(as.character(PL))),

    # Veces tomada la materia a numérico
    Veces_rep = suppressWarnings(as.numeric(gsub("[^0-9.]", "",
as.character(Veces_tomadas)))),

    # Promedio y Examen a numérico
    Promedio = suppressWarnings(as.numeric(Promedio)),
    Examen = suppressWarnings(as.numeric(Examen))
  )
```

```
# Filtramos SOLO grupo experimental y quitamos NAs relevantes
df_exp <- df %>%
  filter(Grupos == "Experimental") %>%
  drop_na(Examen, Promedio, Profesorlab) %>%
  droplevels()
```

```

# 2) MODELO COMPLETO (SOLO EXPERIMENTAL)
# Examen ~ PL_num + Promedio + Veces_rep + Profesorlab
#
=====
=====
modelo_exp_completo <- lm(Examen ~ PL_num + Promedio + Veces_rep +
Profesorlab, data = df_exp)
summary(modelo_exp_completo)
car::Anova(modelo_exp_completo, type = 2)

# 3) MODELO REDUCIDO (SOLO EXPERIMENTAL)
# Examen ~ Promedio + Profesorlab
#
=====
=====
modelo_exp_reducido <- lm(Examen ~ Promedio + Profesorlab, data =
df_exp)
summary(modelo_exp_reducido)
car::Anova(modelo_exp_reducido, type = 2)

# 4) PREDICCIONES PARA GRÁFICA DE INTERACCIÓN (MODELO
REDUCIDO)
# Líneas de Examen_pred vs Promedio por cada Profesorlab
#
=====
=====
new_data_exp <- expand.grid(
  Promedio = seq(min(df_exp$Promedio, na.rm = TRUE),
                 max(df_exp$Promedio, na.rm = TRUE),
                 length.out = 100),
  Profesorlab = levels(df_exp$Profesorlab)
)

# MUY IMPORTANTE: el nombre de las columnas en new_data_exp
# debe coincidir EXACTAMENTE con los del modelo (Promedio,
Profesorlab).
new_data_exp$Examen_pred <- predict(modelo_exp_reducido, newdata =
new_data_exp)

# 5) GRÁFICA (INTERACCIÓN VISUAL: LÍNEAS POR PROFESOR)
ggplot(new_data_exp, aes(x = Promedio, y = Examen_pred, color =
Profesorlab)) +
  geom_line(size = 1.2) +
  labs(
    title = "Relación Promedio vs Examen por profesor (solo grupo
experimental)",
    subtitle = "Modelo reducido: Examen ~ Promedio + Profesorlab",
    x = "Promedio teórico",
    y = "Nota de lección de laboratorio (predicha)"
  )

```

```

) +
theme_minimal() +
theme(legend.position = "bottom")

#####
# PRUEBAS DE REGRESIÓN (POR GRUPOS) -----
modelo_grupos <- lm(Examen ~ Promedio * Grupos + Profesorlab, data =
df)
summary(modelo_grupos)

# Gráfico de interacción
ggplot(df, aes(x = Promedio, y = Examen, color = Grupos)) +
  geom_point(alpha = 0.4) + # puntos reales
  geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, formula = y ~ x) + # líneas de
regresión
  labs(
    title = "Interacción entre Promedio de teoría y Grupo",
    subtitle = "Pendiente del promedio sobre la nota del examen según grupo",
    x = "Promedio teórico del Estudiante",
    y = "Nota de lección general"
  ) +
  theme_minimal() +
  theme(
    plot.title = element_text(face = "bold", size = 14),
    plot.subtitle = element_text(size = 12)
  )

# Modelos separados
df %>% filter(Grupos == "Control") %>%
  lm(Examen ~ Promedio + Profesorlab, data = .) %>% summary()

df %>% filter(Grupos == "Experimental") %>%
  lm(Examen ~ Promedio + Profesorlab, data = .) %>% summary()

# Gráfico facetado por profesor
ggplot(df, aes(x = Promedio, y = Examen, color = Grupos)) +
  geom_point(alpha = 0.4) +
  geom_smooth(method = "lm", se = FALSE, formula = y ~ x) +
  facet_wrap(~ Profesorlab) +
  labs(
    title = "Relación entre Promedio y Nota de Examen por Profesor",
    subtitle = "Comparación de pendientes entre Grupo Control y
Experimental",
    x = "Promedio del Estudiante",
    y = "Nota de Examen"
  ) +
  theme_minimal() +
  theme(
    plot.title = element_text(face = "bold", size = 14),
    plot.subtitle = element_text(size = 12)
  )

```

)

```
#####  
#cosas adicionales  
#####  
  
# Comparar: Talleres vs Promedio vs Profesor  
  
# Convertir a factor donde corresponde  
datos$Grupos <- factor(datos$Grupos) # Control / Experimental  
datos$Profesor_lab <- factor(datos$Profesorlab)  
  
# 3. CREAR MODELOS DE REGRESIÓN  
# -----  
# Modelo 1: Solo talleres  
modelo1 <- lm(Examen ~ Grupos, data = datos)  
  
# Modelo 2: Talleres + promedio teórico  
modelo2 <- lm(Examen ~ Grupos + Promedio, data = datos)  
  
# Modelo 3: Talleres + promedio teórico + profesor de laboratorio  
modelo3 <- lm(Examen ~ Grupos + Promedio + Profesorlab, data = datos)  
  
# 4. CALCULAR R2 DE CADA MODELO (varianza explicada)  
# -----  
r2_1 <- summary(modelo1)$r.squared  
r2_2 <- summary(modelo2)$r.squared  
r2_3 <- summary(modelo3)$r.squared  
  
cat("Modelo 1 (solo talleres): ", round(r2_1 * 100, 2), "%\n")  
cat("Modelo 2 (+ promedio):   ", round(r2_2 * 100, 2), "%\n")  
cat("Modelo 3 (+ profesor):   ", round(r2_3 * 100, 2), "%\n")  
  
# 5. CALCULAR APORTES INDIVIDUALES  
# -----  
aporte_talleres <- r2_1  
aporte_promedio <- r2_2 - r2_1  
aporte_profesor <- r2_3 - r2_2  
aporte_total   <- r2_3  
  
cat("\n--- Aportes individuales ---\n")  
cat("Talleres:           ", round(aporte_talleres * 100, 2), "%\n")  
cat("Promedio teórico:  ", round(aporte_promedio * 100, 2), "%\n")  
cat("Profesor:          ", round(aporte_profesor * 100, 2), "%\n")  
cat("TOTAL explicado:  ", round(aporte_total * 100, 2), "%\n")  
  
# 6. CREAR TABLA RESUMEN  
# -----
```

```

tabla_varianza <- data.frame(
  Variable = c("Talleres", "Promedio teórico", "Profesor", "Total explicado"),
  `Varianza explicada (%)` = round(c(
    aporte_talleres,
    aporte_promedio,
    aporte_profesor,
    aporte_total
  ) * 100, 2)
)

print(tabla_varianza)
#####

# 7. INTERPRETACIÓN AUTOMÁTICA PARA TALLERES
# -----
cat("\n--- Interpretación del impacto de los talleres ---\n")
if (aporte_talleres >= 0.10) {
  cat("Impacto MUY importante (>", round(aporte_talleres * 100, 2), "%)\n")
} else if (aporte_talleres >= 0.05) {
  cat("Impacto moderado pero significativo (" , round(aporte_talleres * 100, 2),
"%)\n")
} else {
  cat("Impacto pequeño (< 5%) (" , round(aporte_talleres * 100, 2), "%)\n")
}

#####
###Impacto de los talleres considerando la homogeneidad de los exámenes

# Asegura tipos
df <- datos %>%
  mutate(
    Grupos = factor(Grupos, levels = c("Control","Experimental")),
    Eigual = as.integer(Eigual),          # 1 = mismo examen C vs E, 0 =
distinto
    Paralelo = as.factor(Paralelo)
  )

# Paralelos con ambos grupos
par_ok <- df %>% group_by(Paralelo) %>% filter(n_distinct(Grupos)==2)
%>% pull(Paralelo) %>% unique()

# 1A) Wilcoxon por Paralelo y por Eigual
wilcox_por_par_eigual <- map_dfr(par_ok, ~{
  d_par <- df %>% filter(Paralelo == .x)
  # si un paralelo tiene ambos valores de Eigual, evaluamos cada uno por
separado
  map_dfr(sort(unique(d_par$Eigual)), function(ei){
    d <- d_par %>% filter(Eigual == ei)
    if(nrow(d) < 3 || n_distinct(d$Grupos) < 2) return(NULL)
  })
})

```

```

# test Wilcoxon
wt <- wilcox.test(Examen ~ Grupos, data = d, exact = FALSE)

# tamaño de efecto no paramétrico (Cliff's delta)
cd <- effsize::cliff.delta(d$Examen[d$Grupos=="Experimental"],
                           d$Examen[d$Grupos=="Control"])

tibble(
  Paralelo = .x,
  Eigual = ei,
  W = unname(wt$statistic),
  p = wt$p.value,
  n_control = sum(d$Grupos=="Control"),
  n_experimental = sum(d$Grupos=="Experimental"),
  median_control = median(d$Examen[d$Grupos=="Control"],
na.rm=TRUE),
  median_experimental = median(d$Examen[d$Grupos=="Experimental"],
na.rm=TRUE),
  cliffs_delta = unname(cd$estimate),
  cliffs_magnitude = cd$magnitude
)
})
})

# 1B) Resumen por Eigual: cuántos paralelos muestran diferencia y tamaño
de efecto típico
resumen_eigual <- wilcox_por_par_eigual %>%
  group_by(Eigual) %>%
  summarise(
    paralelos = n(),
    paralelos_sig = sum(p < 0.05, na.rm=TRUE),
    prop_sig = paralelos_sig / paralelos,
    med_delta = median(cliffs_delta, na.rm=TRUE),
    iqr_delta = IQR(cliffs_delta, na.rm=TRUE),
    med_diff_medianas = median(median_experimental - median_control,
na.rm=TRUE)
  )

wilcox_por_par_eigual %>% arrange(Eigual, p)
resumen_eigual

#####
# Modelo ajustado con interacción Grupo × Eigual (sensibilidad)
modelo_ie <- lm(Examen ~ Promedio + Grupos * Eigual + Profesorlab, data
= df)
summary(modelo_ie)
# Si tienes la columna de versión y quieres controlarla también:
modelo_ie <- lm(Examen ~ Promedio + Grupos * Eigual + Profesorlab +
factor(Version), data = df)
summary(modelo_ie)

```

```
#####Indices de dificultad y discriminacion
```

```
# --- 1) Cargar datos ---
```

```
df <- read_excel("C:/Users/jonja/OneDrive/Escritorio/Tesis/Prueba de  
examen/Matriz examen total (dicotomico).xlsx")
```

```
# --- 2) Detectar columnas de ítems (OM...) ---
```

```
om_cols <- grep("^OM", names(df), value = TRUE)
```

```
if (length(om_cols) == 0) stop("No se encontraron columnas que comiencen  
con 'OM'.")
```

```
# Crear un ID de estudiante
```

```
df <- df %>%  
  mutate(.ID = row_number())
```

```
# Asegurar que los ítems sean numéricos (0/1)
```

```
df[om_cols] <- lapply(df[om_cols], function(x) as.numeric(as.character(x)))
```

```
# Puntaje total por estudiante
```

```
df <- df %>%  
  mutate(puntaje_total = rowSums(select(., all_of(om_cols)), na.rm = TRUE))
```

```
# --- 3) Pasar a formato largo ---
```

```
df_long <- df %>%  
  pivot_longer(cols = all_of(om_cols),  
               names_to = "Item",  
               values_to = "Respuesta") %>%  
  mutate(Respuesta = as.numeric(Respuesta))
```

```
# --- 4) Calcular dificultad (igual que antes) ---
```

```
dificultad <- df_long %>%  
  group_by(Version, Grupos, Item) %>%  
  summarise(  
    n = n(),  
    dificultad = mean(Respuesta, na.rm = TRUE),  
    .groups = "drop"  
  )
```

```
# --- 4b) Calcular discriminación D por grupo (27% superior - 27% inferior) --
```

```
-
```

```
discriminacion <- df_long %>%  
  group_by(Version, Grupos, Item) %>%  
  # cortes 27/73 dentro de cada (Versión, Grupo, Ítem)  
  mutate(  
    q_low = quantile(puntaje_total, 0.27, na.rm = TRUE),  
    q_high = quantile(puntaje_total, 0.73, na.rm = TRUE),  
    banda = case_when(  
      puntaje_total <= q_low ~ "inferior",
```

```

    puntaje_total >= q_high ~ "superior",
    TRUE ~ "medio"
  )
) %>%
summarise(
  n_total = n(),
  n_low = sum(banda == "inferior"),
  n_high = sum(banda == "superior"),
  discri = mean(Respuesta[banda == "superior"], na.rm = TRUE) -
    mean(Respuesta[banda == "inferior"], na.rm = TRUE),
  .groups = "drop"
)

# --- 4c) Unir para tabla/plot (ahora la discri es por grupo) ---
indices <- dificultad %>%
  left_join(discriminacion, by = c("Version", "Grupos", "Item"))

# --- 5) Gráficos independientes por versión con líneas de corte ---
indices_plot <- indices %>%
  filter(!is.na(dificultad), !is.na(discri)) %>%
  mutate(Grupos = factor(Grupos, levels = c("Control", "Experimental")))

colores_GE <- c("Control" = "red", "Experimental" = "blue")

versions <- sort(unique(indices_plot$Version))

plots_por_version <- map(versions, function(v){
  ggplot(filter(indices_plot, Version == v),
    aes(x = dificultad, y = discri, color = Grupos, label = Item)) +
  geom_point(size = 3) +
  ggrepel::geom_text_repel(size = 3.2, min.segment.length = 0,
    box.padding = 0.25, point.padding = 0.15,
    seed = 123, show.legend = FALSE) +
  # Líneas de referencia punteadas
  geom_vline(xintercept = c(0.3, 0.7), linetype = "dashed", color = "gray40")
+
  geom_hline(yintercept = 0.2, linetype = "dashed", color = "gray40") +
  scale_color_manual(values = colores_GE) +
  labs(
    title = paste0("Índice de dificultad vs discriminación — Versión ", v),
    x = "Índice de dificultad (↑ = más fácil)",
    y = "Índice de discriminación",
    color = "Grupo"
  ) +
  theme_minimal(base_size = 12) +
  theme(plot.title = element_text(face = "bold"))
})

# Mostrar gráficos uno a uno
invisible(walk(plots_por_version, print))

```

```
# --- 6) Tablas completas por versión ---  
tabla_completa <- indices %>%  
  select(Version, Grupos, Item, dificultad, discri) %>%  
  arrange(Version, Grupos, Item)  
  
print(tabla_completa, n = Inf)
```

## Apéndice B: Talleres aplicados

### FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS LABORATORIO DE FÍSICA MECÁNICA

#### Taller 1

#### Cifras significativas, mediciones indirectas, gráfica Log-Log y análisis de resultados.

Habilidades esperadas: Calcular la velocidad teórica como una medición indirecta, usar correctamente las cifras significativas, realizar una gráfica en papel log-log, encontrar la ecuación empírica y comparar resultados experimentales con teóricos.

#### Actividad:

Una IA propone un sistema de movimiento para una partícula sobre una línea horizontal de manera que su posición cambia según la ecuación teórica:  $x(t) = 6.00t^3 - 4.00$  donde  $x$  representa la posición en centímetros y  $t$  el tiempo en segundos.

1. Calcular la velocidad teórica para cada tiempo.

	OBS 1	OBS 2	OBS 3	OBS 4	OBS 5	OBS 6
t	1.15±0.01 s	1.48±0.01 s	2.09±0.01 s	2.59±0.01 s	2.95 ± 0.01 s	3.25 ± 0.01 s
v						

Se corroboró experimentalmente este movimiento, poniendo sensores de tiempo en seis posiciones fijas. Se midió el tiempo que tardaba en llegar a cada una y la rapidez con la que llega a cada punto. Esta información se reporta en la siguiente tabla.

DATOS EXPERIMENTALES						
	OBS 1	OBS 2	OBS 3	OBS 4	OBS 5	OBS 6
x	5.00±0.05 cm	15.00±0.05 cm	50.00±0.05 cm	100.00±0.05 cm	150.00±0.05 cm	200.00 ±0.05 cm
t	1.15±0.01 s	1.48±0.01 s	2.09±0.01 s	2.59±0.01 s	2.95 ± 0.01 s	3.25 ± 0.01 s
v	23.8±0.1 cm/s	39.4±0.1 cm/s	78.6±0.1 cm/s	120.7±0.1 cm/s	156.6±0.1 cm/s	190.1±0.1 cm/s

2. Graficar los datos de velocidad vs. tiempo en papel log-log.
3. Calcular la pendiente e intersección de la recta en la gráfica y encontrar una ecuación empírica.
4. Analizar el significado físico de la pendiente e intersección
5. Comparar la ecuación empírica con la teórica de velocidad.

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
LABORATORIO DE FÍSICA MECÁNICA**

**Taller 2**

**Incertidumbre, escalas, linealización y uso del Papel Milimetrado, errores porcentuales.**

Habilidades esperadas: Aprender a linealizar sin papel log-log, determinar incertidumbre mediante el método de derivadas parciales, usar adecuadamente el papel milimetrado con escalas, calcular error porcentual de variables teóricas y experimentales.

**Actividad:**

Una IA propone un sistema de movimiento para una partícula sobre una línea horizontal de manera que su posición cambia según la ecuación teórica:  $x(t) = 6.00t^3 - 4.00$  donde  $x$  representa la posición en centímetros y  $t$  el tiempo en segundos.

Se corroboró experimentalmente este movimiento, poniendo sensores de tiempo en seis posiciones fijas. Se midió el tiempo que tardaba en llegar a cada una y la rapidez con la que llega a cada punto. Esta información se reporta en la siguiente tabla.

	OBS 1	OBS 2	OBS 3	OBS 4	OBS 5	OBS 6
$x$	5.00±0.05 cm	15.00±0.05 cm	50.00±0.05 cm	100.00±0.05 cm	150.00±0.05 cm	200.00 ±0.05 cm
$t$	1.15±0.01 s	1.48±0.01 s	2.09±0.01 s	2.59±0.01 s	2.95 ± 0.01 s	3.25 ± 0.01 s
$v$	23.8±0.1 cm/s	39.4±0.1 cm/s	78.6±0.1 cm/s	120.7±0.1 cm/s	156.6±0.1 cm/s	190.1±0.1 cm/s
$t^2$						

1. Linealizar los datos de velocidad y tiempo para obtener una relación lineal en papel milimetrado.
2. Encontrar la escala correcta en el papel milimetrado y su importancia para obtener resultados precisos.
3. Calcular la pendiente y encontrar la ecuación empírica a partir de los datos graficados y comparar con la ecuación teórica.
4. Aplicar el método de derivadas parciales para calcular la incertidumbre de las velocidades teóricas calculadas en el taller 1 y de la pendiente.
5. Encontrar el error porcentual entre valores teóricos y experimentales.

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
LABORATORIO DE FÍSICA MECÁNICA**

**Taller 3**

**Relación de fenómeno físico con mediciones, propuesta de linealización, calculo experimental de variables físicas, comparación de variables teóricas y experimentales.**

Habilidades esperadas: Procesar mediciones y asociarlas a un fenómeno físico, aplicar técnicas de linealización para obtener modelo matemático experimental, calcular error porcentual de variables teóricas y experimentales.

Actividad:

Un profesor de física decide preparar un experimento para demostrar la conservación de la energía mecánica para sus estudiantes. Para ello el profesor toma una esfera metálica solida de masa  $m=(15.325\pm 0.001)$  g y diámetro  $D=(1.350\pm 0.005)$  cm . El profesor usa una rampa y comprueba que la esfera rueda sin deslizar durante todo el trayecto en la rampa. Para comprobar la conservación de la energía mecánica, el profesor suelta la esfera a diferentes alturas en la rampa y mide la velocidad de la esfera en el punto más bajo de la rampa. La idea del profesor es realizar una gráfica de energía potencial (U) en función de la velocidad (v) en el punto más bajo de la rampa. Estas fueron las mediciones del profesor:

Observación	Altura (cm)	Velocidad (m/s)
1	$8.46 \pm 0.05$	$1.09 \pm 0.01$
2	$15.86 \pm 0.05$	$1.57 \pm 0.01$
3	$22.09 \pm 0.05$	$1.77 \pm 0.01$
4	$35.86 \pm 0.05$	$2.15 \pm 0.01$
5	$48.56 \pm 0.05$	$2.65 \pm 0.01$

- Encuentra la ecuación física del experimento que está realizando el profesor.
- Grafique linealizando los datos obtenidos por el profesor de acuerdo con la ecuación obtenida.
- Determina la masa experimental de la esfera con su respectiva incertidumbre.
- Encuentre el error porcentual entre variables teorías y experimentales y la incertidumbre relativa.
- Realice un pequeño análisis de sus resultados y proponga una conclusión.