

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

Escuela de Posgrado



Uso de metodología basada en problemas para la construcción
de aprendizajes significativos en cursos de Física en una
Universidad privada de Lima

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Docencia
Universitaria que presenta:

José Umberto Mujica Cueva

Asesor:

José Luis Bazo Alba


Lima, 2024

Informe de Similitud

Yo, José Luis Bazo Alba, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada “Uso de metodología basada en problemas para la construcción de aprendizajes significativos en cursos de Física en una Universidad privada de Lima”, del autor José Umberto Mujica Cueva, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 11%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 04/09/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 5 de septiembre de 2024.

Apellidos y nombres del asesor: Bazo Alba, José Luis	
DNI: 41021164	
ORCID: 0000-0001-9148-9101	
Firma	



A mis queridos maestros

*Esto va para todos los que caminaron conmigo,
que sepan que siempre serán una gran inspiración,
y que espero ser como ustedes algún día.*

*Desde el CI hasta la PUCP
estaré eternamente agradecido con cada uno,*

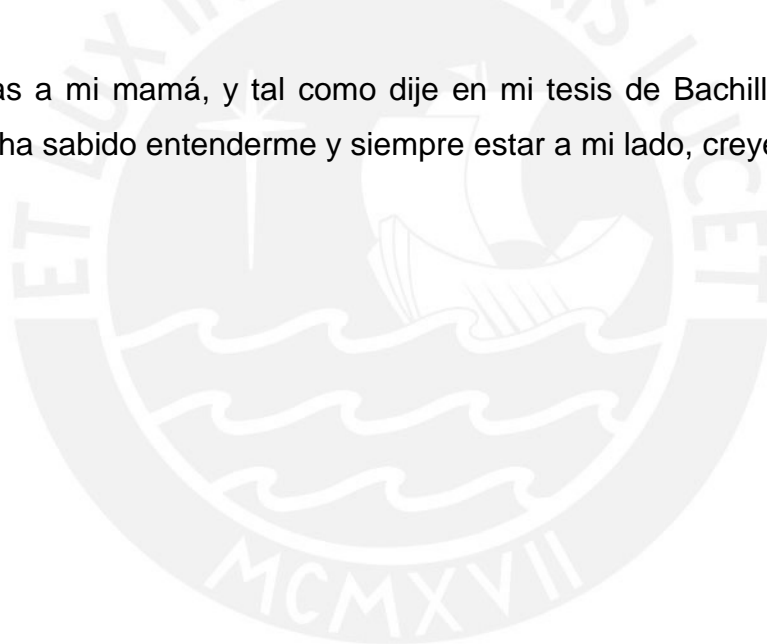
...porque siempre fueron mis superhéroes.

Agradecimientos

Agradezco especialmente a todas las profesoras y profesores que me han acompañado en este fascinante mundo de la educación. Para alguien que fue ajeno a esta hermosa disciplina, sentirse tan acogido desde el inicio lo significó todo. Gracias por tantas enseñanzas estos años.

Gracias a mi asesor, el Dr. José Bazo, mi antiguo profesor en Física y un gran aliado en este camino nuevo que vengo emprendiendo. Gracias a mis compañeros de la Maestría en Docencia Universitaria, colegas para la vida que sin duda seguirán triunfando como ya lo hacen. Gracias a mis alumnas de colegio, que tanta motivación y energía me han transmitido en esta última etapa de la tesis.

Y gracias a mi mamá, y tal como dije en mi tesis de Bachiller, que durante estos 25 años ha sabido entenderme y siempre estar a mi lado, creyendo en mí y en mis sueños.



Resumen

La tesis presenta el diseño de un proyecto de innovación para la construcción de aprendizajes significativos en cursos de Física de carreras de Ciencias e Ingeniería. La necesidad de innovación surge por el panorama encontrado en una universidad privada de Lima, que se caracteriza por estar copada de clases magistrales, donde los alumnos únicamente memorizan procesos/conceptos sin necesariamente interiorizarlos.

Se realizó una revisión de antecedentes de innovación de metodologías puestas en práctica en otras instituciones que buscaban modificar lo mencionado anteriormente, para así elegir al aprendizaje basado en problemas como la alternativa más idónea para lograr que los contenidos trasciendan en el tiempo.

Tras analizar el contexto encontrado en los cursos, alumnos y docentes involucrados, se opta por designar la resolución de grandes problemáticas desglosadas por clase a ser cubiertas durante una unidad, y así puedan ser unidas las partes como un rompecabezas. Dichas problemáticas - de carácter real, verídico, útil y con trasfondo histórico, brindarán el aspecto "significativo" necesario (junto a la forma de abordarlas) para permitir que los conceptos permanezcan en la estructura cognitiva del estudiante. La metodología también incidirá en una evaluación basada en el proceso y la reflexión, el uso de nuevos recursos y la modificación de sílabos.

Tras una validación con expertos y alumnos, se concluyen los aportes del proyecto para dar un enfoque funcional, innovador en el contexto y que permite adaptar a los estudiantes a un paradigma educativo que propicia el análisis, el trabajo colaborativo y principalmente, la posibilidad de consolidar aprendizajes significativos.

Palabras clave: Didáctica de la Física Universitaria, Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Significativo

Abstract

The thesis presents the design of an innovation project for the construction of meaningful learning in Physics courses in Science and Engineering majors. The need for innovation arises from the panorama found in a private university in Lima, which is characterized by being full of lectures, where students only memorize processes/concepts without necessarily internalizing them.

A review was made of the background of innovation in methodologies put into practice in other institutions that sought to modify the above, in order to choose problem-based learning as the most suitable alternative to ensure that the contents transcend over time.

After analyzing the context found in the courses, students and teachers involved, it was decided to designate the resolution of large problems broken down by class to be covered during a unit, so that the parts can be put together like a puzzle. These problems - of a real, truthful, useful nature and with a historical background - will provide the necessary "significant" aspect (along with the way of addressing them) to allow the concepts to remain in the student's cognitive structure. The methodology will also include an evaluation based on the process and reflection, the use of new resources and the modification of syllabi.

After validation with experts and students, the project's contributions are concluded to provide a functional, innovative approach in the context and that allows students to adapt to an educational paradigm that encourages analysis, collaborative work and, mainly, the possibility of consolidating significant learning.

Keywords: University Physics Didactics, Problem-Based Learning, Meaningful Learning

Índice

Índice	7
Lista de Tablas	10
Lista de Figuras	11
Introducción	12
PRIMERA PARTE: MARCO DE LA INVESTIGACIÓN	14
CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LA LITERATURA Y ANTECEDENTES SOBRE EL OBJETO DE INNOVACIÓN	14
1.1 Aprendizaje significativo en el ámbito de las ciencias a nivel universitario	14
1.1.1 El aprendizaje y la asimilación de conocimientos	14
1.1.2 Condiciones para la construcción de aprendizaje significativo	16
1.1.3 Estrategias para la promoción del aprendizaje significativo	17
1.1.4 Enseñanza-aprendizaje de la Física a nivel universitario	20
1.2 Revisión bibliográfica y antecedentes de innovación didáctica	21
1.2.1 Propuestas de innovación en el contexto hispanoamericano	22
1.2.1.1 Contexto peruano	22
1.2.1.2 Latinoamérica y España	24
1.2.2 Propuestas de innovación en el contexto mundial	26
1.2.2.1 Norteamérica	26
1.2.2.2 Europa	28
1.2.2.3 Región Asia-Pacífico	30
1.2.3 Aprendizaje basado en problemas	32
CAPÍTULO II: ANÁLISIS DEL CONTEXTO UNIVERSITARIO, DE LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS Y DE LAS ASIGNATURAS OBJETO DE INNOVACIÓN	35
2.1 Contexto universitario: modelo educativo y EEGCC	35
2.1.1 Modelo educativo	36
2.1.2 Estudios Generales Ciencias	36
2.1.2.1 La unidad: misión, visión y perfil de egreso	36
2.1.2.2 Carreras	38
2.2 Alumnos de EEGCC de los cursos de FFIS y FIS1	39
2.2.1 Análisis del contexto y conocimientos previos	40
2.2.2 Evolución de matriculados en el tiempo (2019-1 al 2023-1)	45
2.3 Cursos designados como objeto de innovación	47
2.3.1 Fundamentos de Física	47
2.3.1.1 Descripción general y análisis del sílabo	48
2.3.1.2 Evolución del rendimiento en el tiempo (2019-1 al 2023-1)	49

2.3.1.3 Comparativa de resultados de ingresantes y repitentes	51
2.3.1.4 Contenidos de cursos introductorios de Física en el tiempo	52
2.3.2 Física 1	55
2.3.2.1 Descripción general y análisis del sílabo	55
2.3.2.2 Evolución del rendimiento en el tiempo (2019-1 al 2023-1)	56
2.3.2.3 Contenidos de cursos de Física 1 en el tiempo	58
2.4 Docentes de EEGCC de los cursos de FFIS y FIS1	60
2.4.1 Análisis de las características generales de los docentes	60
2.4.2 Rendimiento histórico en el tiempo (2019-1 al 2023-1)	62
2.4.3 Análisis de las metodologías de enseñanza	64
2.5 Necesidades de mejora en los cursos de FFIS y FIS1	68
SEGUNDA PARTE: DISEÑO METODOLÓGICO Y RESULTADOS	70
CAPÍTULO III: DISEÑO DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA	70
3.1 Innovación en la docencia universitaria	70
3.2 Resumen del proyecto y datos generales	71
3.2.1 Título del proyecto	71
3.2.2 Resumen del proyecto	71
3.2.3 Problema priorizado	72
3.2.4 Cursos asociados al proyecto	72
3.2.5 Área disciplinar	73
3.2.6 Población beneficiada	73
3.2.7 Fecha de inicio y fin	73
3.3 Justificación de la importancia del proyecto de innovación	73
3.4 Objetivos del proyecto de innovación	74
3.5 Diseño detallado del proyecto	75
3.5.1 Propuesta de innovación	75
3.5.1.1 Sílabo de FFIS	77
3.5.1.2 Sílabo de FIS1	80
3.5.2 Propuesta metodológica	83
3.5.3 Propuesta de evaluación	92
3.5.4 Propuesta de recursos	96
3.5.5 Desarrollo de unidades didácticas	105
CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN	114
4.1 Objetivos de la validación	114
4.2 Descripción del proceso de validación	114
4.3 Resultados de la validación y actualización del proyecto de innovación	116

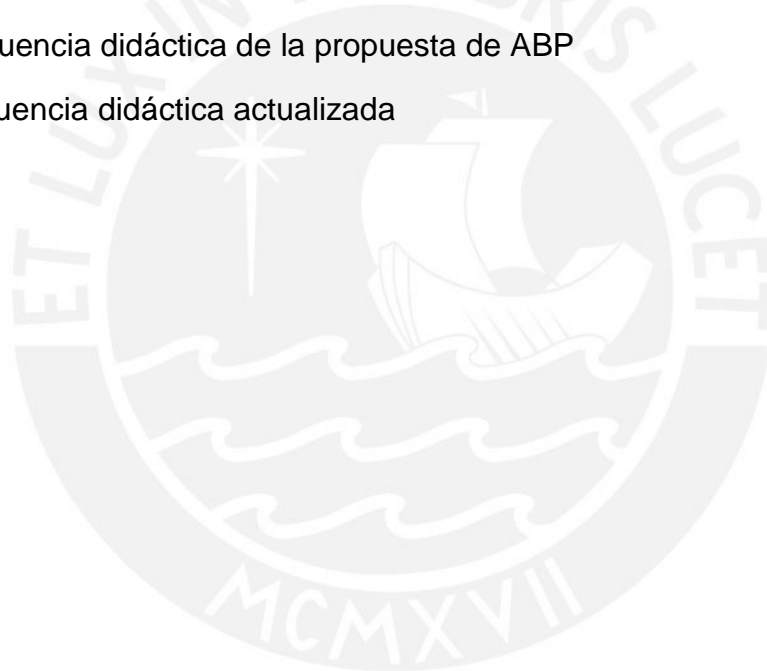
4.3.1	Resultados de la validación: entrevistas	116
4.3.1.1	Pertinencia	116
4.3.1.2	Viabilidad	118
4.3.1.3	Coherencia	121
4.3.1.4	Funcionalidad	123
4.3.2	Resultados de la validación: encuesta	124
4.3.3	Discusión de opiniones entre participantes	129
4.3.4	Actualización de propuesta	130
4.3.4.1	Propuesta metodológica	130
4.3.4.2	Propuesta de evaluación	134
	Conclusiones	140
	Recomendaciones y reflexiones finales	144
	Referencias bibliográficas	146
	Anexos	154
	Anexo 1: Encuesta para la Indagación	154
	Anexo 2: Entrevista para la Indagación	154
	Anexo 3: Sílabo Original FFIS	155
	Anexo 4: Sílabo Original FIS1	159
	Anexo 5: Entrevista para la Validación con profesores de Física	163
	Anexo 6: Entrevista para la Validación con profesores de otras disciplinas	163
	Anexo 7: Entrevista para la Validación con estudiantes de Física	164
	Anexo 8: Encuesta para la Validación	164

Lista de Tablas

Tabla 1: Carreras de Ciencias e Ingeniería ofrecidas por la universidad	38
Tabla 2: Distribución de respuestas de la encuesta aplicada a alumnos	42
Tabla 3: Comparación de contenidos entre los cursos introductorios de Física	54
Tabla 4: Comparación de contenidos entre los cursos de Física 1	59
Tabla 5: Estadísticas de docentes por curso	61
Tabla 6: Descripción de características de docentes entrevistados	65
Tabla 7: Descripción del uso de las horas lectivas según el curso	84
Tabla 8: Papeles de los actores en cada una de las sesiones	85
Tabla 9: Ejemplo de problema a ser resuelto en una unidad de FFIS	89
Tabla 10: Ejemplo de problema a ser resuelto en una unidad de FIS1	90
Tabla 11: Competencias genéricas	92
Tabla 12: Resultados de aprendizaje	93
Tabla 13: Sistema de evaluación del curso	94
Tabla 14: Ejemplo de instrumento de evaluación para FFIS	96
Tabla 15: Ejemplo de instrumento de evaluación para FIS1	103
Tabla 16: Calendarización de una unidad temática de FFIS	106
Tabla 17: Calendarización de una unidad temática de FIS1	109
Tabla 18: Descripción de los participantes en el proceso de validación	115
Tabla 19: Distribución de respuestas de la encuesta aplicada a alumnos	127
Tabla 20: Sistema de evaluación del curso actualizado	135
Tabla 21: Ejemplo de instrumento de evaluación para FFIS actualizado	137

Lista de Figuras

Figura 1: Estrategias para la promoción del aprendizaje significativo	19
Figura 2: Evolución de cantidad de alumnos por vez en FFIS por ciclo	46
Figura 3: Evolución de cantidad de alumnos por vez en FIS1 por ciclo	47
Figura 4: Evolución de resultados finales para FFIS por ciclo	50
Figura 5: Evolución del promedio de FFIS (ingresantes vs. repitentes)	52
Figura 6: Evolución de resultados finales para FIS1 por ciclo	57
Figura 7: Evolución del promedio de FIS1	58
Figura 8: Porcentaje de aprobados en FFIS	63
Figura 9: Porcentaje de aprobados en FIS1	64
Figura 10: Secuencia didáctica de la propuesta de ABP	76
Figura 11: Secuencia didáctica actualizada	133



Introducción

La siguiente tesis constituye un primer acercamiento a la reformulación de las metodologías de enseñanza de las ciencias físicas a nivel universitario, puesto que plantea el diseño de un proyecto de innovación que busca la construcción de aprendizajes significativos a través del uso del aprendizaje basado en problemas. Es debido recalcar que la motivación y problemática de este informe surgió a partir de las vivencias personales de este investigador frente a la forma de enseñar Física, que acompañadas de grandes oportunidades de mejora, pueden devenir en encontrar una forma de enseñar que potencien las habilidades de los alumnos mucho más de lo que ya se venía haciendo en la actualidad. Las ciencias en general habían permanecido prácticamente inmutables en su enfoque, pero el hecho de que su ejecución funcione bien, no dictamina que dicha aproximación sea aquella que más beneficios otorgue. El siguiente proyecto, entonces, aspiró a ello.

Este informe se divide en cuatro secciones. La primera representa el marco teórico de la tesis, en el cual se da un acercamiento a cómo se aprende ciencias en términos generales, abordando desde el aprendizaje por repetición hasta una conceptualización del aprendizaje significativo - según la perspectiva de diversos autores - y las condiciones y estrategias para lograrlo. El texto prosigue con una exhaustiva revisión de antecedentes de innovación de la aplicación de estrategias que busquen consolidar aprendizajes - y a su vez - suponga una innovación en su rubro. Para los efectos deseados, se consultó la bibliografía de universidades de todo el mundo, para observar las diferencias en la ejecución (o si el panorama encontrado poseía similitudes con el del objeto de estudio). Se culminó dicha sección con la caracterización del aprendizaje basado en problemas, la justificación de su uso y los beneficios que aporta potencialmente.

El segundo capítulo se centra en el contexto de innovación, por lo que se aproxima progresivamente a los cursos en análisis no sin antes haber descrito la perspectiva a nivel universitario y también sobre la unidad de estudios. Posterior a ello, este proceso de indagación aterriza tanto en los alumnos, docentes y evidentemente, en las características de los 2 cursos que se pretenden reformular: Fundamentos de Física y Física 1. Por tanto, se procedió con una extensa

recolección de información a través del análisis de documentos, cuestionarios y entrevistas, todo, en busca de conocer a profundidad cómo es la enseñanza de dichos cursos, y a raíz de ello, sus principales necesidades de mejora.

El tercero de los capítulos describe el diseño del proyecto de innovación, en el cual se resumen todas las generalidades de la propuesta, incluyendo la justificación y los objetivos, para luego explicar cada componente abordado: la metodología, la evaluación, los recursos, los roles de los actores, la secuencia didáctica, los problemas propuestos, las fichas de aplicación, los instrumentos de evaluación y, el sílabo modificado. Esta sección simboliza el núcleo y el corazón de la tesis, ya que condensa todo lo que se espera lograr y cómo se ejecuta cada paso.

Para finalizar, el cuarto capítulo presenta la validación del diseño del proyecto, para lo cual se entrevistó a cuatro expertos del área de Física a nivel superior, dos profesores ajenos a la disciplina pero cercanos al área de Educación e innovación, así como dos estudiantes de la carrera de Física. El proceso de validación también incluyó la ejecución de una encuesta anónima a otros 35 estudiantes del pregrado en Física de la universidad en cuestión; y, en términos generales, se puede resumir que los principales criterios para validar fueron la viabilidad, pertinencia y coherencia (con algunas distinciones). Se pudo contrastar la postura de todas las personalidades en aras de actualizar la propuesta según sus comentarios y sugerencias, de tal manera que el diseño sufrió alteraciones fundamentadas en las principales críticas, aunque también se incluyó algún elemento adicional que no había sido considerado con anterioridad.

Este informe de tesis culmina con una reflexión a modo de conclusiones y recomendaciones, siendo el principal hecho que el diseño propicia la búsqueda del aprendizaje significativo a través de la problemáticas de diversa índole, teniendo que cumplir un carácter real, verídico, útil y con un trasfondo histórico. Tanto para el trabajo individual y colectivo se puede anticipar una respuesta positiva según lo evaluado en la validación; puesto que se refuerza la autonomía y la toma de decisiones, se empalma con un sistema de evaluación coherente con la metodología, todo, en el contexto de una competencia que fomenta un mayor interés por las dinámicas.

PRIMERA PARTE: MARCO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LA LITERATURA Y ANTECEDENTES SOBRE EL OBJETO DE INNOVACIÓN

El primer capítulo tiene por objetivo la exploración del concepto de aprendizaje significativo, a la par que se indaga en la bibliografía por experiencias de innovación didáctica desarrolladas alrededor del mundo en el campo de las ciencias universitarias que lo promuevan. Se presentan, de manera general, algunas estrategias de enseñanza que se relacionan directamente con la promoción de este tipo de aprendizaje, mientras que finalmente se profundiza en el ABP (Aprendizaje basado en Problemas), metodología elegida como eje central de este trabajo para un análisis a detalle. Debe recalcar que lo extraído de los distintos *papers* de innovación servirán como base para la construcción de una futura propuesta de la misma naturaleza a ser ejecutada.

1.1 Aprendizaje significativo en el ámbito de las ciencias a nivel universitario

En este primer subcapítulo, se presenta el marco conceptual concerniente al objeto de investigación, ahondando en el trasfondo detrás del término de aprendizaje significativo, cómo es que influye en la asimilación de conocimientos y aquellas condiciones que un curso debe satisfacer para poder construir una experiencia de dicha índole. Finalmente, se profundiza en el contexto científico, brindando estrategias para un correcto cumplimiento de aprendizajes significativos.

1.1.1 El aprendizaje y la asimilación de conocimientos

Uno de los estereotipos más esparcidos respecto a las características de estudiar alguna materia científica (aplicativa-operativa) es la memorización, repetición y posterior mecanización, tanto de fórmulas, como de teorías o incluso cálculos matemáticos. Como antiguo estudiante de la carrera de Física, es posible dar fe de ello y el uso indiscriminado de este tipo de técnicas de estudio, que pese a ser efectivas en muchas ocasiones, no garantizan una correcta asimilación de los conceptos a largo plazo. Como alternativa vanguardista (en la segunda mitad del

siglo XX), autores de renombre como Ausubel y Novak propusieron el denominado aprendizaje significativo, que hacía frente a un aprendizaje por repetición que cobraba más terreno progresivamente (Montero et al., 2021).

Este concepto, pese a que es autoexplicativo, se puede entender como aquel proceso en el que la información novedosa se entrelaza de manera sustancial con los conocimientos previos de la persona, “permitiendo una transformación tanto en el contenido que se asimila como en lo que el estudiante ya sabía” (Martín y Solé, 1990, p.91). El carácter significativo recae entonces en estos nexos entre lo inédito y lo anticipadamente adquirido, y en cómo precisamente trasciende. La otra cara de la moneda - que es lo que se suele observar en la práctica - es el aprendizaje por repetición. Distante a un estudiante construyendo su propio aprendizaje, este proceso mayoritariamente receptivo, se encuentra presente desde las primeras etapas de la educación temprana, aunque para las ciencias básicas, cobra preponderancia, por ejemplo, en la aplicación de fórmulas para resolver problemas físico-matemáticos (Novak, 1998). Con ello, no se induce a una satanización de este tipo de aprendizajes, sin embargo, como se verá a continuación y en las siguientes secciones, la alternativa propuesta promueve un desarrollo de habilidades que la contraparte ignora.

Ahondando en la taxonomía del concepto, Fink (2013) subdivide al aprendizaje significativo en 6 categorías: *Conocimiento fundacional, Aplicación, Integración, Dimensión Humana, Aprendiendo a aprender y Atención*. Además de existir un carácter dinámico entre todas estas, es posible destacar el que cada una de estas categorías enfatiza en el desarrollo de nuevas ideas, habilidades, experiencias de la vida - aprendizaje de uno mismo y su entorno, así como mejorar como persona y ganar nuevos intereses; según sea el caso correspondiente.

En el aprendizaje significativo (de ahora en adelante, A.S. por cuestiones de abreviatura), la nueva información se vincula a los conceptos de la estructura cognitiva. Ausubel rebautiza a estos conceptos como “incluidores”, tal que “desempeñan una función interactiva en el A.S., facilitando el paso de la información relevante y sirviendo de unión de la nueva información” (Novak, 1998, p.84). Según Martín y Solé (1990):

En el proceso interactivo se transforman tanto el nuevo conocimiento como los inclusores produciéndose un nuevo significado fruto de la interacción entre ambos. Esto explica la funcionalidad de los aprendizajes realizados con un elevado grado de significatividad, [...] aumentando la potencialidad de la estructura cognitiva para incorporar nueva información similar, lo que significa continuar aprendiendo en diversas situaciones y circunstancias. (p. 95)

En relación a la asimilación de conocimientos, mayoritariamente es posible analizar el grado de éxito tras observar el proceso inverso: el olvido. Del ya mencionado aprendizaje por repetición, deriva por ejemplo en fórmulas memorizadas sin comprender su porqué, o axiomas recordados al pie de la letra, que *a posteriori*, de no ser continuamente revisados, se pierden y desvanecen rápidamente en el cerebro. Por el contrario, en caso de haberse suscitado un A.S., es lógico que exista un natural proceso de olvido, pero igualmente los conceptos, al haber dejado una huella en la estructura cognitiva del estudiante, dan pie a que este pueda relatar, a futuro, con sus propias palabras lo que entendió a partir de la fuente de origen (Martín y Solé, 1990). En ciencias, muchas de las leyes fundamentales de la Física vienen enunciadas por lemas matemáticos extensos y complejos, sin embargo es posible validar que el aprendiz dio por entendido el concepto en la medida que puede explicar lo que la ley reproduce, tanto en términos numéricos como tangibles.

1.1.2 Condiciones para la construcción de aprendizaje significativo

Montero et al. (2021) afirman que el aprendizaje significativo va de la mano con un cambio en el significado de las experiencias, pero para lograr este cometido, existen ciertos criterios que pueden favorecer la creación de una experiencia de esta naturaleza en una materia universitaria. En general, los cursos se pueden considerar “buenos”, según la postura de Fink (2013) en la medida que:

- Desafía a los estudiantes a tipos significativos de aprendizaje,
- Utiliza formas activas de aprendizaje,
- Tiene profesores quienes interactúan adecuadamente con los estudiantes, y a su vez les importa ellos, la materia y la enseñanza-aprendizaje
- Tienen un buen sistema de retroalimentación, evaluación y calificación.

No obstante, la bondad de un curso no asegura que pueda devenir en un A.S., por lo que el propio Fink (2013) expone ciertas características preliminares en base a la observación que potencialmente puede concluir en experiencias de esta índole. En términos de procesos, los estudiantes están comprometidos con su aprendizaje, a la par que ellos mismos presentan un alto nivel de energía (en cuestión de interacción en clase, claramente). En cuanto a resultados, estos cursos deben generar un impacto y un cambio duradero que se prolongue una vez el mismo haya terminado, en adición a aportar aprendizajes que tengan un valor sustancial en su vida individual, social, cívica y laboral.

Por otro lado, en función de condiciones y requerimientos indispensables para que se pueda suscitar un A.S., los autores comparten posturas muy similares. Martín y Solé (1990), por su parte, estipulan que se necesita tanto ciertos conocimientos previos del aprendiz, así como una decisión del mismo para utilizar el A.S.; promovido por el profesor, quien selecciona materiales significativos para la praxis, mientras que Novak (1998, p.77) complementa este esquema reforzando el papel que el estudiante cumple, enunciando que este debe haber “decidido de forma consciente y deliberada establecer una relación no trivial entre los nuevos conocimientos y los que ya posee”.

1.1.3 Estrategias para la promoción del aprendizaje significativo

Previo al desarrollo del análisis de aquellas estrategias que favorecen a un A.S., resulta pertinente la delimitación del concepto de estrategia. Es importante recalcar en primer lugar que no se debe confundir a las estrategias de enseñanza con las estrategias de aprendizaje. Para el objeto de estudio, se enfocarán principalmente las primeras en cuestión, puesto que involucran de primera mano a la planificación docente y su accionar, mas no a las ejecutadas por los estudiantes (Díaz Barriga y Hernández, 2010).

En dicho sentido, es de esperar que no exista una única definición de estrategia de enseñanza, pero según el punto de vista de West, Farmer y Wolff (1991), las categorizan como “procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los

alumnos”. Es esencial la existencia de dicho nexo entre las estrategias y el A.S., y, dado que no son términos que se pueden disociar totalmente, es lógico pensar en prácticas concretas que lo promuevan. Díaz Barriga y Hernández (2010) desarrollan una lista de criterios para la elección de estrategias que permitan la promoción del A.S., las cuales se detallan de manera sintetizada, a continuación:

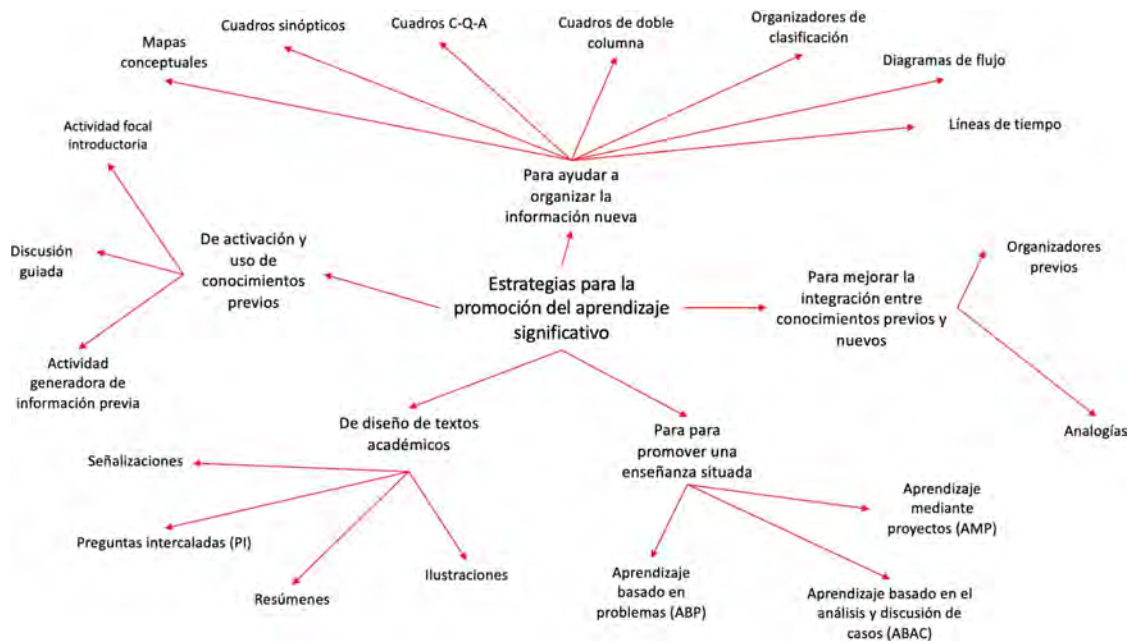
- i) Estimular la participación activa de los estudiantes en una variedad de actividades y tareas con el fin de involucrarlos, puesto que la interacción entre ellos es un recurso valioso para la creación de A.S.
- ii) Hacer cambios y adaptaciones en la planificación global de temas y unidades, basándose en la observación constante del desempeño de los estudiantes en la realización de tareas y en la comprensión de los contenidos a adquirir.
- iii) Establecer relaciones explícitas entre los conocimientos previos y los nuevos contenidos, para un uso autónomo y autorregulado de los mismos por parte de los alumnos
- iv) Emplear el lenguaje de forma explícita y transparente, con la finalidad de crear un espacio donde se negocien los significados (para evitar confusiones), y a su vez utilizar el lenguaje para recontextualizar y reconceptualizar la experiencia pedagógica

Sin embargo, en términos de estrategias, estas se pueden subdividir en distintos grupos. Para una mejor comprensión de las mismas, la **Figura 1** muestra un panorama general. Estas, claramente, no se restringen a temas aplicables a ciencias, ya que su uso es extendido a cualquier disciplina. Por ejemplo, las líneas de tiempo y los diagramas de flujo son de especial utilidad en las humanidades y acontecimientos históricos, mientras que el aprendizaje basado en el análisis y discusión de casos, es de particular aplicación en la rama del derecho (Díaz Barriga y Hernández, 2010). De esta manera, cada una tiene un foco de aplicación particular (pero no único), y para el caso de las ciencias de los primeros ciclos a nivel universitario, son múltiples las estrategias utilizadas (con las variaciones nominales correspondientes). No obstante, existe una predominancia por utilizar aquellas como el Aprendizaje Basado en Problemas, Aprendizaje Mediante Proyectos, y en menor medida, los distintos tipos de organizadores de ideas. La aplicación de cada una de estas representa una innovación y a su vez riesgo para

cada materia, pero como se verá a continuación en el siguiente subcapítulo, los beneficios potenciales son enormes, frente a una enseñanza que se ha mantenido rígida e inmutable por mucho tiempo (Buteler, 2021).

Figura 1

Estrategias para la promoción del aprendizaje significativo



Nota. Elaboración propia basado en Díaz Barriga y Hernández (2010)

Por su parte, Caballero (2009) revisa diversas experiencias de innovación a inicios de siglo y remarca el estudio previo del contexto - en su caso, de estudiantes universitarios de Física, abarcando desde las necesidades de la población, sus problemáticas y falencias; y, en base a ello, elige aquella estrategia que mejor se adecúe. No fue ninguna sorpresa que existieran coincidencias en las dificultades para diversos temas científicos; como lo son el ejercicio de la teoría y su relación con la práctica, así como el trabajo colaborativo, y los obstáculos para consolidar los conceptos más trascendentales en la estructura cognitiva. Más adelante, se retomará el tema analizando únicamente al ABP, estrategia que a raíz de esta revisión, surge como la principal candidata para hacer frente a esta coyuntura.

1.1.4 Enseñanza-aprendizaje de la Física a nivel universitario

En las secciones anteriores se afirmaba que bajo observación empírica y distintos estereotipos construidos con el tiempo era posible dar fe del uso masificado de las estrategias relacionadas con la memorización. No obstante, estas conclusiones anticipadas alrededor de cómo se aprende Física no son suficientes para establecer un panorama desalentador o una generalización en términos de la utilización de dichas técnicas para el estudio. Investigaciones al respecto señalan y critican la recaída desmedida hacia estas prácticas, que relacionándolas nuevamente con el factor de la memoria, es posible establecer que no basta con una práctica repetitiva o con vistazos rápidos a la teoría (con el fin de recordar un tema por breves momentos - por ejemplo; antes de una evaluación) para que los conceptos se queden grabados en la memoria de largo plazo (Lesea y Alexandra, 2019). Es así que el papel del olvido vuelve a cobrar importancia, aunque surge igualmente un término previamente no explorado tal como es la motivación.

Coello et al. (2023) examinan dicha característica frente a distintos factores en el aprendizaje de esta ciencia, concluyendo que tanto la metodología utilizada en clase como el desconocimiento previo son los principales detonantes de una falta de motivación para el estudio de la Física (puesto que cerca del 90% de la población analizada de 250 personas lo afirma). En dicho caso, el desempeño académico se vuelve el principal foco de interés, conduciendo a un proceso de estudio que se centra mayoritariamente en las calificaciones, y a la larga, llevando al alumno a que no se preocupe realmente por aprender o interiorizar conceptos, sino en recordarlos sin necesariamente haberlos comprendido en su esencia (Coello et al., 2023).

Johnston y Miller (2006), por su parte, observaron las cuestiones metodológicas al comparar los resultados entre las clases magistrales tradicionales (*lectures*, como se les suele conocer) y sesiones mucho más interactivas. Aunque es difícil cuantificar el grado de éxito de cada una, se vieron efectos concretos en el cambio de motivación entre una y la otra. Se percibió una clara tendencia a llamar la atención del estudiante en mayor medida y captar su atención, aunque los autores encontraron difícil el hecho de que la mayoría de docentes pueda cambiar su forma de enseñar por una a la que no está acostumbrado. La voluntad del profesor y sus

ánimos por tomar riesgos presuponen igualmente un factor clave para lograr un cambio, aunque una mejora en el rendimiento del 20% en las evaluaciones luego del dictado de clases bajo esta concepción dinámica fue más que suficiente en aquella investigación para que más de un docente replanteara su forma de trabajar (Johnston y Miller, 2006).

Hussain et al. (2011) se enfocaron, en cambio, en la misma comparativa - que tiende a ser la más recurrente en la enseñanza de la disciplina, aunque desde la perspectiva de los papeles que cumple cada uno de los actores involucrados. En dicho sentido, que el docente cumpla un papel guía y no de erudito estimula a los estudiantes a involucrarse más en la construcción del conocimiento, al poder desarrollar diferentes habilidades no exploradas previamente. No obstante, una de las características que más destacó fue que en aquellas sesiones en las que se permitía investigar o lidiar con situaciones del mundo real favorecía en que los conocimientos adquiridos sean mucho más significativos. Es por ello que, la posibilidad de aplicar lo aprendido en situaciones cotidianas resultaba una mejora sustancial a conferencias monologales (Hussain et al., 2011).

A raíz de esto es que la futura propuesta debe tener en consideración todos estos elementos, y aunque se pretende dar un giro completo a la metodología, no se debe descuidar ninguno de los aspectos. Es por ello que en las siguientes secciones se profundizará en cómo buscar motivar al estudiante, dejar de lado las sesiones carentes de diálogo, y cómo a través del trabajo con problemas prácticos se puede eliminar las tendencias a la memorización y construcción de A.S.

1.2 Revisión bibliográfica y antecedentes de innovación didáctica

Es determinante explorar variadas experiencias de innovación antes de plantear una propuesta concreta, con miras de rescatar los aportes más valiosos de cada una de ellas y que a su vez sirvan como punto de partida para sentar las bases de la misma. Por ello, para este segundo subcapítulo, se examinan algunos de los pilares de la didáctica universitaria en el área de las ciencias, recabando finalmente en el análisis de 10 artículos de investigación destacados de distintos países de distintas regiones del mundo. De estos, se busca extraer la información más

relevante para la construcción de una futura propuesta cimentada en ella, todo, desde la óptica de la innovación en ciencias universitarias.

1.2.1 Propuestas de innovación en el contexto hispanoamericano

Existen diferencias entre las propuestas de innovación presentadas en los países hispanohablantes y aquellos del resto del mundo, ya sea en materia de la magnitud y alcance, grado de los cambios planteados y resultados, por ejemplo. Ambos panoramas deben ser analizados individualmente, puesto que los contextos no permiten una fiel reproducción de dichas innovaciones en un sentido, o del otro. A continuación se presentan dos acápites, uno que engloba el contexto peruano y otro al resto de Hispanoamérica, en donde se revisará de manera general 2 *papers* destacados por categoría sobre innovaciones en ciencias básicas que funcionan como antecedentes, para así analizar su relación con el A.S., y por supuesto, las estrategias involucradas en la ejecución. No son del todo numerosos los proyectos de este tipo, especialmente aquellos que involucren los aspectos cognitivos del estudiante con las prácticas metodológicas u otros elementos de la planificación didáctica, por lo que se seleccionaron los más destacados según el área geográfica.

1.2.1.1 Contexto peruano

Si bien no son abundantes las investigaciones en innovación didáctica en el contexto de las ciencias a nivel superior, el trabajo de Pozsgai y Malaspina (2014) titulado *“Diseño de tareas que contribuyen a un aprendizaje significativo del concepto de derivada en estudiantes de ciencias administrativas”*, resulta un primer acercamiento en el cambio de metodologías tras identificar complicaciones en la enseñanza de la matemática.

Como propuesta para hacer frente a este hallazgo, los autores parten de la teoría del A.S. para la búsqueda y creación de materiales que resulten potencialmente significativos para el aprendizaje. Bajo esa consigna, el diseño de tareas innovadoras fue el foco de atención, de manera que se centralizó en: Primero, en explorar los conocimientos previos de funciones; segundo, en construir ejemplos que se relacionen con objetos matemáticos familiares; tercero, en una explicación verbal y dialogada de los trabajos; y cuarto, en reflexiones sobre cada resultado (cálculos y gráficos) (Pozsgai y Malaspina, 2014).

La puesta en práctica de esta estrategia favoreció enormemente en la comprensión de conceptos, de tal manera que se observó una respuesta positiva frente al cambio de metodología, que en contraposición al enfoque tradicional de clase magistral, el trabajo de los alumnos en clase trasciende al hecho de solo resolver operaciones numéricas, sino que brindan sentido, análisis y exploración a distintos pasos del proceso de hacer matemáticas.

Finalmente, en términos globales, si bien fue posible analizar igualmente los resultados obtenidos con datos numéricos (puesto que se asignaba una calificación a cada uno de los ejercicios resueltos), ello no fue del todo explorado, puesto que se clasificaron los distintos temas y se hizo una valoración respecto a cada uno de ellos. Por ejemplo, para el tema de las pendientes de recta, los docentes comentaron que “la comprensión de los estudiantes del concepto es en muchos casos solo instrumental, lo que no les permite poder determinar la pendiente a partir de una gráfica” (Pozsgai y Malaspina, 2014, p. 148). Es así que resalta no únicamente el peso que se le otorgaba a la metodología en el cambio, sino la valoración que se le da a los temas tratados y cómo se cumplen los objetivos.

El segundo trabajo en cuestión surge a raíz de la pandemia del Covid-19, que dentro de las distintas ramas de la ciencia, obligó repentinamente no solo a adaptar las metodologías de educación a distancia, sino también a brindar un acercamiento, desde la óptica de cada curso, sobre lo que el virus podía devenir. Quispe (2022) aprovechó este contexto desafiante para investigar sobre el *“Análisis del grado de completitud de una organización matemática basada de un recorrido de estudio e investigación sobre el COVID-19 en el nivel superior”*. El autor propuso entonces un proyecto para que los propios estudiantes resolvieran diversas cuestiones sobre aspectos matemáticos de la propia pandemia, tal como la tasa de propagación, número de contagios, inmunidad de rebaño, entre otras características, todo, desde la perspectiva matemática. Aunque no se menciona como tal, esta estrategia encaja dentro del aprendizaje basado (o mediante) proyectos (a profundizar posteriormente), pero además se hace especial énfasis en el acompañamiento del curso, tal que las actividades funcionan como refuerzo para las teorías de funciones exponenciales, series y sucesiones y cálculo diferencial (Quispe, 2022). El

acercamiento a la realidad es especialmente importante, puesto que no solo el estudiante practica con información y data verídica, sino que comprende aspectos, en este caso del Covid-19, que resultaban seriamente trascendentales para la época de implementación. Además, al cooperar en grupos de trabajo, se asemejó mucho más a la realidad, tal que durante 6 sesiones durante el ciclo, se asignaron distintos problemas a resolver.

En dicho sentido, existe un componente relacionado al A.S. intrínseco, tal que al tratarse de enseñanza de las matemáticas, el trabajo no se centra en la repetición, sino en el pensamiento creativo para la resolución de cuestiones complejas, integrando el trabajo de grupo, ámbitos de la vida real (Fink, 2013), mientras se que refuerzan los conceptos numéricos pertinentes. Para concluir, el aspecto del análisis de los resultados estuvo igualmente presente, mas este se manifestó únicamente como la recopilación del diverso *feedback* entregado. Las acotaciones del docente se centran especialmente en identificar los aspectos de mejora, como por ejemplo, para el uso del “método de mínimos cuadrados y resolver el sistema de ecuaciones, y hallar los coeficientes para expresar a la función cuadrática, se halló un poco de dificultades” (Quispe, 2022, p. 128).

1.2.1.2 Latinoamérica y España

Para el resto del mundo hispanoparlante, el primer estudio es titulado “*Aprendizaje basado en un proyecto de gamificación: vinculando la educación universitaria con la divulgación de la geomorfología de Chile*”, autoría de Rodríguez-Oroz et al. (2019). Tal como se infiere, la investigación hace uso de la estrategia del AMP, que en términos resumidos, presenta como punto de partida una pregunta concreta a la cual debe encontrarse respuesta mediante la planeación y ejecución de un proyecto sustancial, valorando tanto el producto final como las actividades de proceso (Botella y Ramos, 2019).

Para el caso de la Geomorfología (ciencia que estudia la superficie terrestre), se plantea que el proyecto sea del tipo de gamificación, lo que lo caracteriza como una estrategia cuyo objetivo es motivar a los participantes de un modo poco convencional, tal que al usar elementos tradicionales relacionados con el juego, se puedan lograr ciertas metas en la clase (Romero y López, 2021). Por ende, como se

desea divulgar ciencia a través de la creación de un juego de mesa, resulta entendible que de manera lúdica se revisan los conceptos más importantes aprendidos en clase y se presenten de manera sencilla, tal que cualquier persona pueda interactuar con el juego independientemente si conoce el tema o no.

Esta innovación incide especialmente en lograr A.S. en la medida que trasciende al trabajo tradicional del aula, relacionando habilidades sociales y competencias comunicativas para la divulgación, así como aprendizaje respecto al entorno natural (y teórico), que permite integrar distintos niveles de conocimientos de la geomorfología (al tratarse de una ciencia aplicada igualmente). Por último, esta investigación sí contó con una encuesta con escalas de valoración ampliamente detallada sobre el grado de éxito y aprobación, lo que determinó, entre otros resultados, que el 70% de la población encuestada afirmaba la utilidad de un proyecto basado en la gamificación, mientras que el 80% alegaba que esta estrategia permitía una mejor aplicación de los contenidos, aunque solo la mitad de los alumnos estaba de acuerdo a que se realicen experiencias similares en otros cursos de la facultad (Rodríguez-Oroz et al., 2019). Ello se asomaba como un aspecto importante a analizar, y que prevé a su vez escepticismo en la recreación de ciertas metodologías en contextos diferentes.

Finalmente, el segundo estudio en cuestión fue la investigación *“Incremento de la motivación de los estudiantes de matemáticas en Ingeniería – Una propuesta desde la gamificación”*, de Zavala-Vargas et al. (2019), siendo un proyecto colaborativo entre educadores colombianos y españoles. Nuevamente se vuelve a tomar a la gamificación como estrategia central, aunque en este caso, con el objetivo de buscar motivar a los estudiantes a raíz de la alta tasa de deserción de las carreras de ingeniería (puesto que el curso analizado es Introducción a las matemáticas). La propuesta consistió en el uso de la plataforma Kahoot! como cuestionario en línea y el de los crucigramas vía páginas web, de tal manera que se analizó el impacto de estos en las dimensiones de atención, confianza, satisfacción y relevancia para con el curso, en tanto que se desarrollaban ambas actividades una semana previo a la realización de los exámenes parciales. Ello evidentemente “modifica la preparación de los estudiantes con miras a dichas evaluaciones, que en

vez de preparar talleres, se recurría a estas plataformas con preguntas específicas de los temas indicados” (Zavala-Vargas, 2019).

La característica particular que repercutió de manera positiva en los alumnos, y a su vez en consolidar un aprendizaje significativo, fue la presentación de un *feedback* efectivo tras cada pregunta de los diversos cuestionarios. Todo esto a raíz de que la búsqueda de información nueva (o que se está aprendiendo) se relacione de primera mano con la previamente conocida, y que a su vez se entienda su esencia, y no basado en la mecanización, como anteriormente ya se ha comentado. La suma de todos estos factores pudo generar un impacto meramente positivo en la clase, tal que tras la realización de una encuesta sobre los factores de análisis (atención, confianza, etc), se encontró números muy positivos (cerca de un 90% de aprobación en los diversos casos), dando testimonio que el carácter lúdico incidió especialmente en la mejora de los resultados en promedio para el salón de clases (Zavala-Vargas, 2019).

1.2.2 Propuestas de innovación en el contexto mundial

En el resto de países del mundo, sobra decir que es extenso el número de innovaciones practicadas tanto en cursos, como facultades o incluso universidades, comparado con la región hispanoamericana. Algunos contextos, mucho más favorables que otros, cuentan con los medios para implementar cambios con ayuda de recursos tecnológicos o equipamiento especializado, o por otro lado, cuentan con un grupo de trabajo mayor y poblaciones de estudio igualmente cuantiosas. Se decidió dividir en 3 regiones geográficas por cuestiones de simplicidad, tal que solo se enfocarán investigaciones en Norteamérica, Europa, y la región de Asia-Pacífico. A continuación, nuevamente, se presentan 2 *papers* destacados por cada zona, con tal de analizar la práctica, ejecución y relación con el A.S. de cada una de ellas.

1.2.2.1 Norteamérica

En el caso de States et al. (2023), un grupo de investigadores del departamento de Química de la Universidad de Iowa, detectó la necesidad de presentar a los estudiantes de la carrera contextos cotidianos propios de su campo, involucrando el área de la investigación, tal que su estudio titulado “*Creating Meaningful Learning Opportunities through Incorporating Local Research into*

Chemistry Classroom Activities. Inquiry-Based Learning” demuestra la viabilidad de la propuesta y las estrategias necesarias para lograr el cometido. El trabajo en conjunto tiene muy presente al A.S. en cada una de sus etapas, por lo que enfocó, lógicamente, en integrar los nuevos conceptos con los marcos de conocimiento preexistentes, de tal manera que en algunas semanas específicas de clase, luego de varias sesiones teórico-prácticas, se daba pie a insertar actividades de investigación, como por ejemplo, la determinación de compuestos en partículas y el uso de espectroscopía de masas para la confirmación de dichos compuestos (States et al., 2023).

Como estrategia *per se*, es posible identificar la denominada “*Inquiry-Based Learning*” (o Aprendizaje Basado en Indagación), la cual se caracteriza por ser especialmente útil en el campo de las ciencias. Pedaste et al. (2012) afirman que esta estrategia permite descubrir relaciones causales en los conocimientos, así como dar respuesta a interrogantes mediante la realización de experimentos y comprobación de hipótesis, tal como los científicos trabajan, hecho justamente demandado al inicio de la investigación. De esta manera, al acercar al estudiante a su futuro actuar y forma de pensar profesional, se torna en un primer contacto con la disciplina que ejercerán.

Es por ello que tras la ejecución de las diversas actividades (sesiones de trabajo con esta metodología en 4 semanas distintas a lo largo del semestre), fue posible rescatar que la inclusión de la “investigación auténtica incrementó la complejidad de las preguntas realizadas, hecho que produjo más oportunidades de aprendizaje significativo a través de la integración de conocimientos [...] y la capacidad de hacer conexiones con conocimientos previos” (States et al., 2023). Esto no fue medible mediante resultados estadísticos concretos al tratarse de un estudio cualitativo, por lo que el carácter de las acotaciones es netamente interpretativo, sin embargo, el comparativo de las respuestas de los estudiantes antes y después de la implementación son prueba fehaciente de lo que se afirma.

El segundo caso de análisis es titulado “*Problem-Based Learning in Earth and Space Science classroom*”, autoría de McConnell et al. (2017), que incorpora de manera dinámica el aprendizaje basado en problemas (ABP), en la enseñanza de la

astronomía en su trabajo para la *National Science Teachers Association* (de los Estados Unidos). Posteriormente se ahondará detalladamente de las diversas características, ventajas y desventajas de esta estrategia, pero en términos generales para este contexto puntual, destaca por la presentación de problemáticas tal como la ciencia las expone en el mundo real, exigiendo la colaboración de los estudiantes (en grupos) para dar solución tras un largo proceso de análisis y discusión (McConnell et al., 2017). Como se verá, las ciencias se adaptan de buena manera a esta metodología, y la astronomía, no es la excepción.

La investigación, entonces, plantea diversos problemas, como por ejemplo, uno concerniente a las auroras boreales; en donde se contextualiza ampliamente un relato que concluye con una pregunta que debe tener respuesta mediante un modelo matemático. El caso igualmente es de carácter práctico, por lo que involucra algunas características del trabajo de campo (por la necesidad de observación de cuerpos celestes) (McConnell et al., 2017). Sumado a ello, en relación al A.S., las conexiones son bastante evidentes, puesto que no solo promueve la realización de diversas tareas en más de un campo disciplinar, sino que el estudiante se ve inmerso en una situación donde construye su propio conocimiento, mientras que descubre y refuerza sus nociones (Díaz Barriga y Hernández, 2010). Cabe resaltar que este artículo no presenta los resultados de ejecución de la propuesta, puesto que únicamente se centra en explicar los pormenores de cada problema, por lo cual no es posible rescatar alguna observación de dicho carácter.

1.2.2.2 Europa

En el contexto europeo, una investigación destacada a analizar fue “*The use of GBL to teach mathematics in higher education*”, de Naik (2017), en el Reino Unido. Nuevamente, se valió de la gamificación (*GBL* o *Game-Based Learning* por sus siglas inglés) para la presentación de un proyecto que plantee el uso de una diversidad de juegos para demostrar el amplio potencial de una herramienta poco ortodoxa y explorada pero también con muchos aspectos positivos. Este trabajo presenta algunas similitudes con el de Zavala-Vargas (2019) comentado previamente, puesto que se centra en la misma disciplina, y a su vez la misma estrategia, aunque con la diferencia de que no se enfoca únicamente en el

incremento de la motivación por la materia (pese a que se concluye que el 80% de los participantes sí lo logra).

En dicho caso, explora diversos aspectos del juego (sin enfocarse solo en recursos TIC), tal como la utilidad en el aprendizaje, si es que son más interesantes que la enseñanza, si es que son sencillos de aprender y entender, si es que los premios son atractivos, si es que deberían ser utilizados en más universidades o si el favorito fue el bingo (Naik, 2017). Todos estos aspectos fueron consultados en una encuesta, donde todos los criterios superaron el 70% de aceptación, lo que fue un indicador de su eficacia, pero a su vez, una muestra de que repercutió en los resultados, puesto que la tasa de aprobación ascendió hasta el 84% en la clase. Por otro lado, en términos del A.S., se pudo concluir que la inclusión del juego debe ser casi mandatorio, puesto que aporta en la interacción en la clase, en la mejora del desempeño general de los estudiantes, y en la adaptación a nuevas formas de aprender (Naik, 2017), lo que en conjunto se relaciona con tres de los diferentes aspectos taxonómicos del A.S. que Fink (2013) propone.

Segundo, otro trabajo de renombre fue el realizado por Zamyatina et al. (2014) en Rusia para su investigación *"Implementation of Games in Mathematics and Physics Modules"*. Esta investigación recurre al uso de juegos como una herramienta para solucionar problemas, en lo que se llega a aproximar al mencionado ABP. El artículo resulta muy importante porque intenta actualizar las metodologías a lo que otras disciplinas vienen impartiendo, creando una plantilla para módulos de matemáticas y físicas capaces de ser reproducidos en contextos similares. Es debido destacar el análisis que posee la elaboración de cada juego, en tanto que se promueve el reto, la competencia y la cooperación, mientras que se estimula la participación mediante premios y un ambiente emocionante (Zamyatina, 2014). Ejemplos de ello fue un laberinto donde cada ruta posible era delimitada por un ejercicio y su correspondiente respuesta para el tema de álgebra lineal, y la veracidad o falsedad del mismo permitían al estudiante saber si era el camino correcto, o no. En general, la investigación proponía 7 juegos ampliamente descritos, de los cuales era evidente un alto grado de dinamismo y atracción para con los participantes (Zamyatina, 2014).

Por otro lado, cada juego proponía potenciar ciertas competencias en los estudiantes, que iban desde las facetas comunicativas, de trabajo en equipo y empatía, así como manejar leyes fundamentales de la óptica o realizar cálculo de integrales (Zamyatina, 2014). Todo ello, en retrospectiva hacen de esta experiencia una actividad que promueve el A.S. de manera efectiva, porque no solo los juegos servían de reforzamiento y revisión de conceptos, sino también que presentan otros nuevos, lo que llevaba al aprendizaje a un espacio diferente fuera del aula de clases pero igualmente válido. Y asimismo, una oportunidad para desarrollar el pensamiento crítico, todo lo contrario al panorama mecanizado de las ciencias en la actualidad. Finalmente, es de recalcar que este trabajo guarda ciertas similitudes con el de McConnell et al. (2017), puesto que únicamente presentan diversas opciones de problemas, mas no ahondan en la práctica, por lo que no es posible establecer ciertas conclusiones a base de resultados.

1.2.2.3 Región Asia-Pacífico

La extensa región de Asia-Pacífico incluye las superpotencias del mundo oriental como China, Japón o India, sin embargo, una de las investigaciones que fueron analizadas es *“Implementing problem based learning in a science faculty”*, llevado a cabo en la Universidad de Australia Occidental, por Pepper (2008). En ella, se reincide en el mencionado ABP pero no precisamente para su implementación en un único curso, sino de manera extendida en varias unidades de la facultad de ciencias. Es por ello que las acciones, en adición al planteamiento de un problema concreto a ser resuelto, se enfocaron en el aprendizaje colaborativo, en la flexibilidad en los tiempos de trabajo, en enfocar diversos intereses, en el desarrollo de habilidades blandas y la propia investigación (Pepper, 2008). Estas decisiones no son arbitrarias, sino que surgen como respuesta a una apatía frente a las tareas de los cursos y la necesidad de interacciones sociales.

Este trabajo no prioriza el “qué” de los problemas ni en el detalle de los mismos, sino en el “cómo” y el “contexto” necesario para dar solución, brindando las herramientas requeridas. Es por ello que previo a la resolución de las tareas, se brinda una breve capacitación sobre el ABP, para que los estudiantes se familiaricen con la dinámica de trabajo y sepan sus responsabilidades y deberes. Se brinda espacios para la discusión, otros para la planificación y para la ejecución,

diferenciando contextos y dando soporte al alumno en todo momento (Pepper, 2008). Capacitar al estudiante a estas metodologías resultó imperativo por la decisión de implementar al ABP alrededor de toda la facultad, y a su vez permitió una cultura de trabajo cimentada en la cooperación. Con relación al A.S., y como se verá posteriormente, el ABP es una estrategia que sumamente prioriza la construcción de este tipo de aprendizajes. En dicho sentido, que los docentes comenten que “el ejercicio ABP les pareció beneficioso para ayudar a sus alumnos a involucrarse en cuestiones del mundo real, y que las conversaciones de los estudiantes se centraron predominantemente en el problema” (Pepper, 2008, p. 66), brinda indicios de una estrategia que genera desafíos concretos pero a su vez en la cual el profesor pueda supervisar y guiar en el proceso (Fink, 2013).

En términos del éxito de la implementación, se solicitó a los participantes poder brindar una retroalimentación por escrito, a modo de comentarios, para analizar aspectos positivos y de mejora. No obstante, las respuestas de los 36 alumnos encuestados (de los 75 a quienes se les invitó a dar su testimonio) no fueron examinadas en términos estadísticos, sino únicamente de manera cualitativa. Pese a la carencia de un tratamiento numérico, se presenta una apreciación común respecto al trabajo colaborativo como incentivo para la socialización, así como la misma capacitación recibida, aliciente frente a la adaptación a retos distintos (Pepper, 2008).

Finalmente, como último antecedente de innovación, se presenta “*A mobile/desktop application to integrative science, technology, engineering, and mathematics project-based learning curriculum for continuous improvement*”, llevado a cabo en Taiwán por Yeh y Chen (2022), en un proyecto conjunto con el país chino y la Universidad Shih-Chien. Esta investigación dista de las anteriores 9 porque centra su aplicación en el uso de las TIC y el método de proyectos.

En grupos de trabajo, a lo largo de un semestre académico, se tuvo la labor de desarrollar un aplicativo digital funcional, que pueda ser implementado a una tienda virtual como App Store o Google Play, con el fin particular de facilitar el trabajo, de cierta manera u otra, en las ciencias e ingenierías (Yeh y Chen, 2022). Por el interés especial en temas informáticos, igualmente el *paper* desarrolla los

apartados técnicos y teóricos relacionados a la programación, mientras que los aspectos de trabajo cooperativo se potenciaron a lo largo de la implementación. En dicho sentido, en la óptica del A.S., es importante resaltar que el artículo trabaja bajo el enfoque STEM, que según diversos autores, entre ellos Bertrand y Namukasa (2022), resulta tener uno de los panoramas más favorables para la construcción de aprendizaje significativo.

Por otro lado, no se presentan algunos resultados destacados, sin embargo, el éxito de esta iniciativa no fue medido numéricamente, pero pese a esto, es innegable lo fructífera que ha sido, puesto que desde 2006 hasta 2017 se trabajó de manera ininterrumpida, dando un total de 258 aplicaciones realizadas, cada año beneficiándose aún más de las propuestas previas y aumentando el nivel y complejidad de los productos entregados (Yeh y Chen, 2022).

1.2.3 Aprendizaje basado en problemas

Tras haber revisado distintas experiencias de innovación, fue posible notar un uso mayoritario del aprendizaje basado en problemas, en proyectos y la gamificación. Ello no solo se reduce a los artículos consultados, sino que la mayor parte de la bibliografía respecto a innovaciones didácticas en ciencias recurre a estas metodologías, y al uso del aula invertida igualmente (Coil et al., 2010); aunque finalmente se decidió dar prioridad y énfasis al ABP. Las razones principales para esta elección serán expresadas a continuación y posterior a la revisión del contexto (universidad, estudiantes, cursos, entre otros), por lo que se prosigue a dar un panorama general de lo que dicha metodología permite, estipula y potencia en las clases; esto, como complemento de lo ya presentado en la sección de estrategias para la promoción del aprendizaje significativo. Esta decisión no intenta denigrar al método de proyectos ni a la gamificación (aunque ello representa un caso distinto que se presentará al final), sino que son las bondades del ABP aquellas que permiten convencer de manera segura para su uso en la Física, frente a las características (que superficialmente se expresaron) de los otros dos métodos al revisar su contexto en las experiencias de innovación.

No obstante, en la propia comparativa de las estrategias es clave detectar las diferencias encontradas y también relacionadas al contexto de innovación. “El

trabajo práctico desempeña un papel central en cualquier visión de la educación científica” (Millar, 2004, p.3), y aunque no debe significar un factor decisivo, la costumbre a trabajar bajo esta dinámica puede suponer un punto de partida en la elección a tomar. El método de proyectos, por su parte, ofrece el trabajo colaborativo de desarrollo de habilidades interpersonales y acercamiento a la realidad, pero no cumple en su totalidad con los efectos de los cursos que se describirán en el siguiente capítulo. De hecho, otra disciplina científica como la Estadística sí se adecúa a este método puesto que la naturaleza del ejercicio de la profesión es de resolver proyectos, mientras que la Física por su parte, tiende a centrarse principalmente en las problemáticas (Farrell y Carr, 2019). Asimismo, no se debe obviar lo que los estudiantes han venido trabajando en la etapa escolar, y plantear un primer acercamiento totalmente alejado a ello no se presenta como la mejor alternativa. Por ello, teniendo en cuenta que se desea profundizar en construir A.S., resulta lógico apostar por una estrategia que condense todas estas características.

Históricamente, el ABP no es ajeno al contexto de las ciencias en general, puesto que su origen se remonta a la segunda mitad del siglo XX en la facultad de Medicina de la Universidad McMaster de Canadá, otra vez, como respuesta frente a una enseñanza extremadamente tradicionalista y sin orientación a la práctica, acción, mas sí teórica (Palta et al., 2018). La concepción de una estrategia de enseñanza innovadora, y a su vez, que permita desarrollar competencias dejadas de lado por las universidades se tornaba urgente, tal como lo presenta Barrows (1986), a quien se le atribuye una detallada caracterización del mismo. Ante ello, el propio autor reafirma lo que en la época ya era tendencia: el aprendizaje debía de estar centrado en el estudiante, y es este quien debe participar constantemente para adquirir nuevos conocimientos, lo que se conoce como aprendizaje autodirigido (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2015). Ello desplaza al docente hacia una función guía, facilitadora o de tutoría, mientras que otro de los puntos principales es la faceta colaborativa y de trabajo en equipo. De esta manera, el enfoque para con los problemas debía de ser estimulante, motivador y a su vez con la capacidad de movilizar al estudiante hacia nuevas habilidades de diversa índole (Barrows, 1986).

En adición a todas estas características, resulta sumamente importante la relación con el A.S., especialmente promovido por el ABP, y una de las razones por las cuales se prefirió como estrategia, a raíz de que son los propios problemas aquellos que proporcionan el carácter significativo en las situaciones (Marra et al., 2014). Es importante resaltar que una experiencia, implementación o proyecto de innovación de esta clase, ha de cumplir ciertos principios de instrucción, iniciando con la apropiación de la tarea (o problema), así como la presencia de un aprendizaje auténtico y personalizado. Por otro lado, el apoyo y desafío al pensamiento del alumno (lo que incita el pensamiento crítico), así como la multidireccionalidad del aprendizaje para una reflexión final concluyen el ciclo bajo la mirada del constructivismo (Arruza et al., 2023).

Una de las principales ventajas que el ABP proporciona es el fomento de las competencias interpersonales y de trabajo en grupo (sin desvirtuar las actividades individuales), así también como la posibilidad de mayor autonomía y desarrollo de habilidades en el aprendizaje. Ello, sumado a una mejor capacidad de retención y comprensión de la información (lo que se vincula con el A.S.) y por supuesto, un incremento en las capacidades de análisis, solución de problemas y toma de decisiones denotan, entre otras virtudes, todos los beneficios que la metodología escogida puede brindar (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2015).

Esta visión presentada resulta un acercamiento inicial a lo que el ABP puede ofrecer, no obstante, el verdadero alcance será mostrado tras el proceso de planificación de la experiencia. Asimismo, es debido mencionar que esta metodología no excluye un uso compartido con otras, es decir, es posible combinarla, por ejemplo, con la tan mencionada estrategia de la gamificación (Daba et al., 2019), que junto a los distintos saberes recolectados de las 10 experiencias de innovación mostradas anteriormente, serán el cimiento para el proyecto a futuro.

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DEL CONTEXTO UNIVERSITARIO, DE LOS PROGRAMAS ACADÉMICOS Y DE LAS ASIGNATURAS OBJETO DE INNOVACIÓN

En este capítulo, se presentan y analizan algunos de los elementos más importantes que se encuentran inmersos en el contexto de la innovación. De esta manera, desde una visión panorámica hasta una perspectiva más específica y detallada, se repasará el ambiente universitario, así como diversa información relacionada con las carreras, para finalmente aterrizar en una indagación concerniente a los cursos objeto de innovación, de los alumnos y docentes.

Para esta descripción y reflexión se hará uso de diversas técnicas de recolección de información, siendo una de las más importantes el análisis de documentos, por ejemplo, para el modelo educativo de la institución en cuestión y los diversos sílabos. En el caso de las entrevistas, para recoger el testimonio de los profesores y las metodologías que utilizan, y las encuestas, para conocer los conocimientos previos que los alumnos traen consigo desde el colegio hasta la universidad. Cada una de estas técnicas con sus respectivos instrumentos, permitirán esclarecer tanto cuantitativa como cualitativamente algunos parámetros de suma utilidad al momento de concretar la propuesta de innovación.

2.1 Contexto universitario: modelo educativo y EEGCC

La universidad en la que se plantea el proyecto de innovación es de carácter privada, ubicada en la ciudad de Lima, Perú. Posee 13 facultades (además de 2 Estudios Generales - a profundizar más adelante) y ofrece 55 carreras situadas en diversas áreas del conocimiento. Para el objeto de estudio, se analizará en primer lugar el modelo educativo concerniente a la institución, haciendo especial énfasis en sus ejes transversales, para proseguir luego con una descripción de diversas características de la unidad de Estudios Generales Ciencias, pues es en donde se focaliza el trabajo posterior (tanto desde la justificación de su existencia e importancia a partir del modelo educativo, así como de documentos oficiales que detallan algunas de sus características). Finalmente, se ahondará de manera general en los aspectos pertenecientes a los programas/carreras que incluyen dentro de su plan de estudios a los cursos mencionados.

2.1.1 Modelo educativo

Se analizó el documento correspondiente a la revisión del modelo educativo del 2023, en la que la universidad en cuestión adopta el eslogan “Aprende, Crea, Impacta” dentro de un enfoque orientado a competencias - aunque esto no resulta una novedad, puesto que desde 2016 se viene trabajando bajo esta propuesta (Vicerrectorado Académico, 2023). En dicho sentido, es posible describir este modelo en el marco en que favorece la formación de profesionales con las habilidades necesarias para abordar y dar solución a diversas situaciones en futuros contextos sociolaborales, demostrando responsabilidad, autonomía, reflexión, crítica y un sentido ético (Vicerrectorado Académico, 2023).

Es por ello que los aspectos más importantes presentes en el modelo son los ejes transversales, siendo 7 acápites que caracterizan a la identidad institucional y son piezas claves para una formación integral, los cuales son: 1) Investigación, creación e innovación, 2) Interdisciplinariedad, 3) Responsabilidad social universitaria, 4) Sostenibilidad y ecología integral, 5) Inclusión, equidad y reconocimiento de la diversidad, 6) Internacionalización, y 7) Arte, cultura y patrimonio (Vicerrectorado Académico, 2023).

2.1.2 Estudios Generales Ciencias

Todo estudiante que aspira a graduarse de una carrera perteneciente a la Facultad de Ciencias e Ingeniería, antes de la estancia obligatoria de 6 semestres que se estipula, debe completar el programa de 2 años en los Estudios Generales Ciencias (en adelante, EEGCC). Todas estas carreras de índole científica comparten una estructura similar, y es el primer contacto universitario con el que el estudiante tiene cercanía, por lo que recae en esta unidad el peso de la presentación de las vivencias que le sucederán los siguientes ciclos.

2.1.2.1 La unidad: misión, visión y perfil de egreso

Según el modelo educativo de la universidad (Vicerrectorado Académico, 2023), la existencia de Estudios Generales (indistintamente de su naturaleza científica o ligada a las letras), se fundamentan en el poder acercar al estudiante a una serie de actividades que no solo le permitan confirmar una correcta decisión profesional frente a su carrera, y que igualmente le aseguren el desarrollo de una

serie de competencias. Ello funge como el nexo inmediato tras la etapa escolar, y le permite al alumno ampliar sus conocimientos, en especial contacto con sus contemporáneos, para proseguir después con los estudios de especialidad (en este caso, en la Facultad de Ciencias e Ingeniería).

En dicho sentido, EEGCC posee una misión definida, la cual es “ser una unidad Académica que brinda durante la primera etapa universitaria una formación integral, científica y humanística inspirada en los principios éticos y valores de la universidad, de modo que sus egresados estén calificados para continuar los estudios de especialidad” (Estudios Generales Ciencias, s.f.), mientras que la visión que se detalla es “ser una unidad académica reconocida por su excelencia que forme integralmente a estudiantes para que prosigan con éxito sus estudios de profesionalización” (Estudios Generales Ciencias, s.f.).

Por otro lado, existe una serie de competencias genéricas, en concordancia con el propio modelo educativo, que se espera que los estudiantes desarrollen en su estancia en la unidad, las cuales se pueden precisar a través del perfil de egreso (perteneciente a la unidad, no a las carreras per se), de donde se pueden enlistar las siguientes características: Aprendizaje autónomo, Ética y ciudadanía, Comunicación eficaz, Razonamiento lógico-matemático, Investigación, Trabajo en equipo, y Trabajo experimental. Todo ello, sumado a una actitud innovadora, y que responde progresivamente a las necesidades del mercado será de suma importancia para el desarrollo profesional (Estudios Generales Ciencias, s.f.).

Ello mantiene bastantes semejanzas con las competencias genéricas que la propia universidad establece para la totalidad de su alumnado, las cuales se precisan a continuación: Aprendizaje autónomo y adaptabilidad, Ética, ciudadanía y conciencia ambiental, Investigación, creación e innovación, Pensamiento crítico y creativo, Habilidades colaborativas, y Comunicación eficaz: oral, escrita y no verbal (Vicerrectorado Académico, 2023). En la comparativa, se puede observar que, salvo las competencias ligadas con el trabajo y manejo científico, el resto resultan adaptaciones entre sí que se establecen como competencias paralelas.

2.1.2.2 Carreras

En el presente, la universidad ofrece 15 carreras de estructura similar entre programas de ciencias básicas e ingenierías, las cuales están representadas en la **Tabla 1**. De estas, se puede destacar (salvo la excepción de Ingeniería Biomédica - por ser una carrera en co-dictado con otra universidad), un primer ciclo muy uniforme e igualitario para todas. Es claro que, con el paso de los ciclos, los cursos deberán ser distintos según el programa, pero para el caso de estudio, el 100% de los estudiantes de las carreras en cuestión debe cursar de manera obligatoria Fundamentos de Física y Física 1 en su primer y segundo semestre académico, respectivamente (puesto que la aprobación del primer curso es requisito para llevar el segundo). En cierta manera, ello estandariza el nivel que se espera contar para las áreas de matemáticas y física progresivamente.

Tabla 1

Listado de carreras ofrecidas por la universidad a la fecha de ciencias e ingenierías

Ciencias Básicas	Ingenierías	
Estadística	Ingeniería Ambiental y Sostenible	Ingeniería Geológica
Física	Ingeniería Biomédica	Ingeniería Industrial
Matemáticas	Ingeniería Civil	Ingeniería Informática
Química	Ingeniería de las Telecomunicaciones	Ingeniería Mecánica
	Ingeniería de Minas	Ingeniería Mecatrónica
	Ingeniería Electrónica	Ingeniería Química

Nota. Elaboración propia en base a Estudios Generales Ciencias (2023).

La igualdad en el dictado de estos cursos para todas las carreras, sin embargo, no representa la diversidad ni acoge las diferencias que cada una de estas posee. Por una parte, es lógico que los estudiantes de ciencias básicas deseen un enfoque mucho más teórico, conceptual y explicativo de la realidad que pueda serle útil a lo largo de su trayectoria de estudios, dado que es la visión que, por un ejemplo, un físico y matemático requiere. No obstante, los estudiantes de

ingeniería tienen otras necesidades, puesto que sus carreras les exigen el desarrollo de otras competencias específicas propias, que no necesariamente se alinean con la de los otros programas previamente mencionados; tal como competencias en manejo de software para el área de informática, o del rubro de construcción para ingeniería civil (Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2023). En dicho sentido, una visión mucho más aplicada de la Física se presenta como oportuna para aquellos alumnos. La relevancia y utilidad de todos los contenidos (para todas las carreras) deberá ser puesta en tela de juicio, a menos que se proceda con una división de los cursos tal que existan de manera exclusiva para ciertos programas.

Pese a esta disyuntiva, otra de las particularidades que giran entorno a los planes de estudio, es que ambas materias, más allá de ser una prerrequisito de la otra, es el hecho de que una parte de los tópicos se suelen repetir (aunque con un grado de complejidad más elevado, tal como se puede observar más adelante en las **Tablas 3 y 4**). Para el estudiante, esto puede sonar repetitivo y hasta redundante (especialmente por el hecho de llevar un curso a continuación del otro), y es de analizar la necesidad de continuar con dicha dinámica, o si por el contrario, como se verá en la subsección 2.3.1.4, se debería regresar al antiguo sistema, en donde existía la posibilidad de convalidar el primer curso mediante un examen, y comenzar los estudios únicamente partiendo con Física 1. Futuras revisiones del plan de estudios de cada programa deben advertir estas situaciones, puesto que solo buscan el beneficio de los estudiantes de cada una de las carreras.

2.2 Alumnos de EEGGCC de los cursos de FFIS y FIS1

El estudiante de primer año en EEGGCC, con poca experiencia en la vida universitaria, enfrenta diversos retos desconocidos y que pueden generar alteraciones de variada índole en su psiquis. Desde los cambios propios de la adolescencia, la inseguridad por una carrera equivocada, el miedo por no obtener resultados esperados y otros factores coaccionan a que se encuentre en una etapa crítica (si es que no es la más crítica) de toda su estancia en la institución (Álvarez et al., 2012). A continuación, se revisa el contexto que el estudiante promedio trae consigo, y cómo es que gran parte de los conocimientos previos condicionan a estos, y en algunos casos, a una repitencia prolongada en alguno de los cursos.

2.2.1 Análisis del contexto y conocimientos previos

En concordancia con los programas de estudio, Fundamentos de Física y Física 1 corresponden al primer y segundo semestre de estudio para todas las carreras mencionadas, por lo que para un alumno que apruebe la primera de estas materias en su ciclo de ingreso, en condiciones estándares, debería cursar Física 1 inmediatamente después. Esto, no obstante, agrupa diversos factores tales como la edad, los conocimientos previos y los distintos cambios que provoca una estancia universitaria a diferencia de una en la educación secundaria.

En la mayoría de los casos, los estudiantes ingresantes se encuentran en la etapa media y tardía de la adolescencia, lo que influye en gran parte de su contexto: Cambios físicos y emocionales, una alta tasa de variabilidad en el comportamiento, y una gran dependencia a círculos sociales son solo algunas de las características, todo ello sin considerar que la mayoría de los ingresantes pasaron los últimos años de colegio inmersos en clases a distancia, lo que condicionó aún más su proceso de aprendizaje, y a su vez, incrementó los síntomas de depresión, soledad, niveles de *burnout* y un peor desempeño en los estudios (Masten y Motti-Stefanidi, 2020). Ello igualmente está supeditado por la edad en la que se lleven los cursos en cuestión, aunque en términos porcentuales, son los 16 años la edad predominante en ingresantes en los pasados 4 ciclos (desde el 2022-1 al 2023-2), acaparando al 52% de la población, mientras que el segundo valor más alto es para los 17 años, con un 28% de los nuevos alumnos (Sistema de Apoyo a la Gestión, 2023).

Es importante resaltar que, para los primeros ciclos de estudio por año, es decir, el 2022-1 y el 2023-1, los ingresantes de 16 años ocupan en promedio casi el 60% de nuevo alumnado, mientras que para los segundos semestres, las brechas se reducen y son los de 17 años, con un 50% de ingresantes, aquellos que representan la mayoría (Sistema de Apoyo a la Gestión, 2023). Ello no resulta extraño, puesto que se entiende que gran parte de la población que no fue admitida inicialmente, vuelva a postular inmediatamente después, lo que representa en la mayoría de casos, un aumento en la edad.

En términos de conocimientos previos, fue necesario realizar una breve encuesta para indagar sobre los tópicos de física que los estudiantes revisaron durante la etapa escolar, para así poder identificar las principales falencias a las cuales se debería prestar atención. En dicho sentido, se formularon 5 preguntas (de casillas de verificación, por lo que la suma de las respuestas no equivale al 100%), aplicadas inicialmente a un grupo de 39 estudiantes pertenecientes a la unidad, de donde se puede destacar participantes que llevan en la actualidad alguno de los cursos estudiados, y, por otro lado, un grupo que ya los ha aprobado. Las preguntas fueron respondidas de manera anónima y voluntaria, por lo que se muestran los detalles obtenidos en la **Tabla 2**, mientras que la encuesta completa, en el **Anexo 1**.

El diagnóstico inicial no presenta un panorama del todo alentador. Respecto a los temas revisados en la educación básica regular, surge el inconveniente de que las primeras 3 opciones (vectores, cinemática y dinámica) no muestren una totalidad de resultados positivos. Ello implica que dichos temas deberán ser revisados desde cero en las clases de Física, generando disparidad en relación con quienes ya los habían estudiado previamente. Sin embargo, esta situación no es algo que se pueda controlar, puesto que se ve influenciado por el Currículo Nacional y lo que cada institución decida enfatizar, lo que permite concluir que, en cualquier caso, deberá plantearse como temas a abordar desde lo más elemental. No obstante, ello no representa un cambio desde la situación actual, lo que permite imaginar ciertas opciones para equilibrar las brechas encontradas. La formulación de talleres de nivelación para aquellos alumnos que declaren no conocer los temas de antemano surge como una potencial alternativa en la búsqueda de una población que se desarrolle con más y mejores herramientas en su primer contacto con la Física.

De manera análoga, los tópicos de matemática deben tener un tratamiento especial. Si bien, para los efectos de los cursos no será necesario un manejo avanzado de lo descrito en la encuesta, velar por una mejora del nivel general (y funcional para la Física) se debe volver una prioridad. Aplicar de manera similar los talleres resultaría clave, aunque bajo la tutela de los cursos de Cálculo para que se potencien estos aspectos y las facetas operativas. Un trabajo conjunto dentro de la unidad será necesario para que ambas partes se vean beneficiadas, porque para el futuro del estudiante de EEGGCC, un empleo docto de los números es esencial.

Tabla 2*Distribución de respuestas de la encuesta aplicada a alumnos*

¿Usted llevó el curso de Física en el colegio? De ser así, ¿puede marcar los temas que abarcó dicho curso?						
Pregunta 1	Vectores	78%	Cinemática (MRU, MRUV)	87%	Dinámica (Leyes de Newton) y Trabajo y Energía	70%
	Electrostática	41%	No llevé Física en el colegio	3%		
Señale los temas de matemáticas que le fue enseñado en el colegio						
Pregunta 2	Funciones	89%	Geometría analítica	41%	Límites y derivadas	24%
	Matrices	27%	Otros	8%		
¿Cómo describiría usted que eran las clases de Física en el colegio?						
Pregunta 3	Prácticas, para aprender fórmulas y aplicarlas directamente	81%	Analíticas, para aprender la teoría y entender fenómenos	22%	Experimentales, de trabajo en laboratorio o proyectos científicos	11%
	Una combinación de las 3	11%	No llevé Física en el colegio	3%	Otros	3%
¿Cómo estudiaba usted Física?						
Pregunta 4	Repasando las clases y haciendo ejercicios	60%	Leyendo libros de texto y consultando videos en Internet	24%	Solo era necesario prestar atención en clase para rendir las evaluaciones	54%
	Estudiaba en grupos de trabajo con amigos	8%	Otros	3%		

¿Cómo le gustaría aprender Física?						
Pregunta 5	Con clases expositivas y de desarrollo de ejercicios	49%	Reforzando la teoría, y de una manera más analítica	78%	Realizando proyectos aplicativos con lo aprendido	46%
	Con más material audiovisual y dinámicas	43%	Con situaciones reales y resolviendo problemáticas útiles	68%	Otros	3%

Nota. Elaboración propia



La situación se complica conforme las preguntas continúan, puesto que lo recogido de los ítems 3 y 4 lleva a pensar que las experiencias de enseñanza-aprendizaje en Física no han sido óptimas. De manera general, que la mayoría haya indicado que las clases en el pasado eran prácticas y de aplicación con fórmulas advierte de una enseñanza poco ligada al entendimiento de fenómenos o de comprensión teórica, que lejos de ligarse a la construcción de un A.S., se emparenta con la memorización y mecanización de procesos matemáticos. En dicho sentido, aunque genere un gran contraste para el estudiante, debe ser imperativo buscar romper con dicho esquema, y que las sesiones en la universidad jamás se presenten bajo dicho enfoque (posteriormente se proseguirá con la discusión metodológica, juntamente con la perspectiva del docente).

Al preguntar por métodos de estudio, era previsible esperar que un sector de la población únicamente necesitara de los conocimientos de clase, sin requerir de un estudio adicional, con miras de rendir algún tipo de evaluación. Aunque la encuesta no preguntó por ello, resulta difícil de imaginar que dicha situación se reproduzca en el contexto universitario, por lo que cada estudiante deberá adecuarse según le parezca a algún método. No obstante, la manera en la que el curso se dicte puede influenciar las decisiones de los alumnos, por lo que la forma en la que se ejecute el ABP deberá ser cuidadosamente planeada en aras de que dicha técnica sea también aplicable en el trabajo individual de repaso de cada uno.

Finalmente, fue muy importante recoger la opinión respecto a cómo le gustaría aprender Física a los encuestados; aunque los resultados fueron mixtos. Las dos respuestas predominantes priorizaron el refuerzo teórico-analítico, y el trabajo con situaciones reales y problemáticas útiles. De primera mano, es posible identificar que esta última variable es la que más se asemeja con el ABP, aunque sin dejar de lado la importancia que tiene el desarrollo conceptual de la ciencia (que como se verá posteriormente, es uno de los pilares en los cursos). Por otro lado, existe un triple empate estadístico en la segunda respuesta con mayor acogida, aunque estas no presenten tantas similitudes entre sí. En primer lugar, es previsible la aceptación de la idea de tener sesiones muy parecidas a como normalmente se han llevado a cabo, es decir, con un carácter expositivo y de desarrollo de ejercicios. Ello lleva a pensar que los estudiantes, o se sienten cómodos con la dinámica

existente, o al estar acostumbrados a dicha realidad, prefieren mantener el *status quo* antes de cambiar a nuevas metodologías. Por otro lado, la opción relacionada a la realización de proyectos se presenta como una alternativa, que, encajando dentro del contexto de la construcción de aprendizaje significativo, pertenece al denominado Aprendizaje Basado en Proyectos. Se evaluó dicha posibilidad, y aunque no se descarta su uso, en el capítulo anterior se optó por preferir las bondades del ABP por encima de otras estrategias.

Por último, optar por la utilización de material audiovisual y de trabajo con dinámicas puede convertirse en una herramienta de suma utilidad. Anticipando lo que se analizará, nuevamente, en la sección de la labor docente, aplicar este tipo de recursos es especialmente atractivo con el fin de captar la atención del estudiante. Sin embargo, los criterios de elección, por ejemplo, de videos o dinámicas, deben ser revisados con mucho cuidado para no perder la propia atención del alumno. Aunque por la cantidad de respuestas favorables recibidas, debería ser discutida esta alternativa para la propuesta, o se incorpore en otros contextos.

2.2.2 Evolución de matriculados en el tiempo (2019-1 al 2023-1)

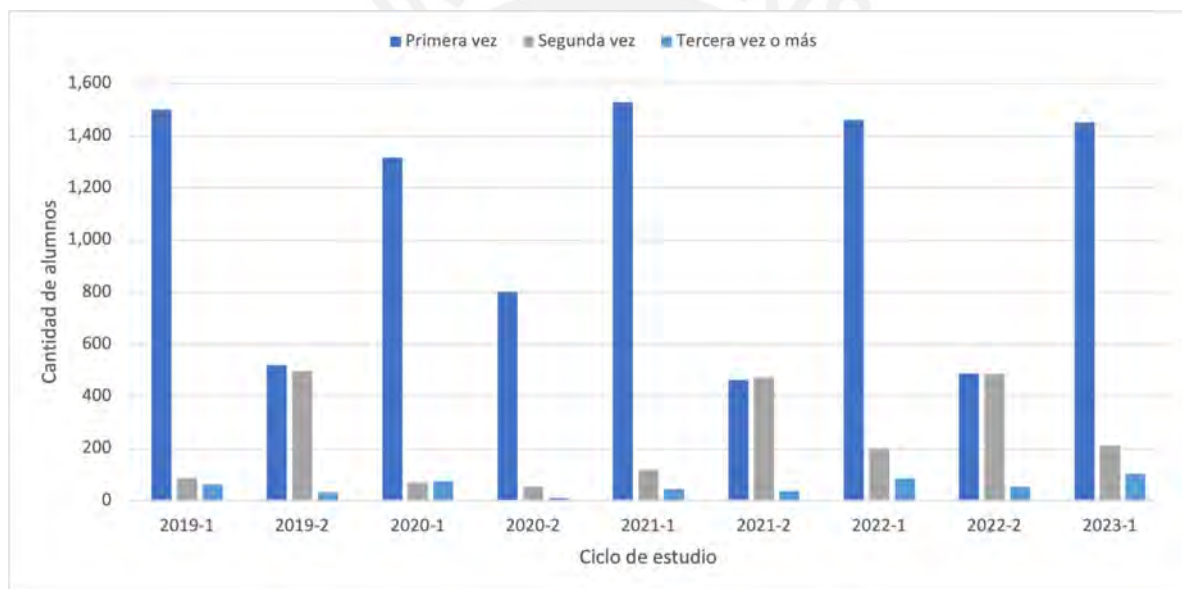
Durante los pasados 4 años, la cantidad de matriculados tanto en Fundamentos de Física (en adelante, FFIS), como en Física 1 (FIS1), ha variado considerablemente. La **Figura 2** presenta de manera detallada estas fluctuaciones para el caso de FFIS, mientras que la **Figura 3**, la situación análoga para FIS1. La primera de las particularidades a destacar es la presencia de la pandemia y cómo es que alteró la cantidad de alumnos matriculados por vez en ambas materias, especialmente en el segundo semestre de 2020 y el primero de 2021. Este es un caso excepcional que debe ser analizado por separado, pero una de las conclusiones preliminares es una reducción precipitada del número de inscritos por segunda y tercera vez en dichos ciclos. Ello, evidentemente, está supeditado a una mayor tasa de aprobación el ciclo inmediatamente anterior, hecho que deja en descubierto lo que se revisará con más detalle en el siguiente subcapítulo.

Sin embargo, apartando estas anomalías, algo notorio que observar es casi la uniformidad existente en FFIS (en la **Figura 2**) respecto a la cantidad de alumnos de primera y segunda matrícula en segundos ciclos de cada año. A excepción del

2020, en los semestres 2019-2, 2021-2 y 2022-2, son prácticamente iguales los números de inscritos, estableciendo una relación proporcional cercana a 1 entre los nuevos ingresantes, y aquellos repitentes (aumentando la demanda). Esto solo resulta un indicativo que reincide en el bajo nivel académico observado que los ingresantes poseen (en el primer semestre del año), concluyendo en una repitencia inmediata. Las acciones por tomar deben considerar estas estadísticas críticas como una guía para evitar que continúen. Pese a esto, las cifras para primeros cursantes de FFIS prosigue sin alteraciones, marcando picos elevados en los primeros semestres, mientras que no se presentan irregularidades en otros casos.

Figura 2

Evolución de cantidad de alumnos de EEGGCC por vez en FFIS por ciclo

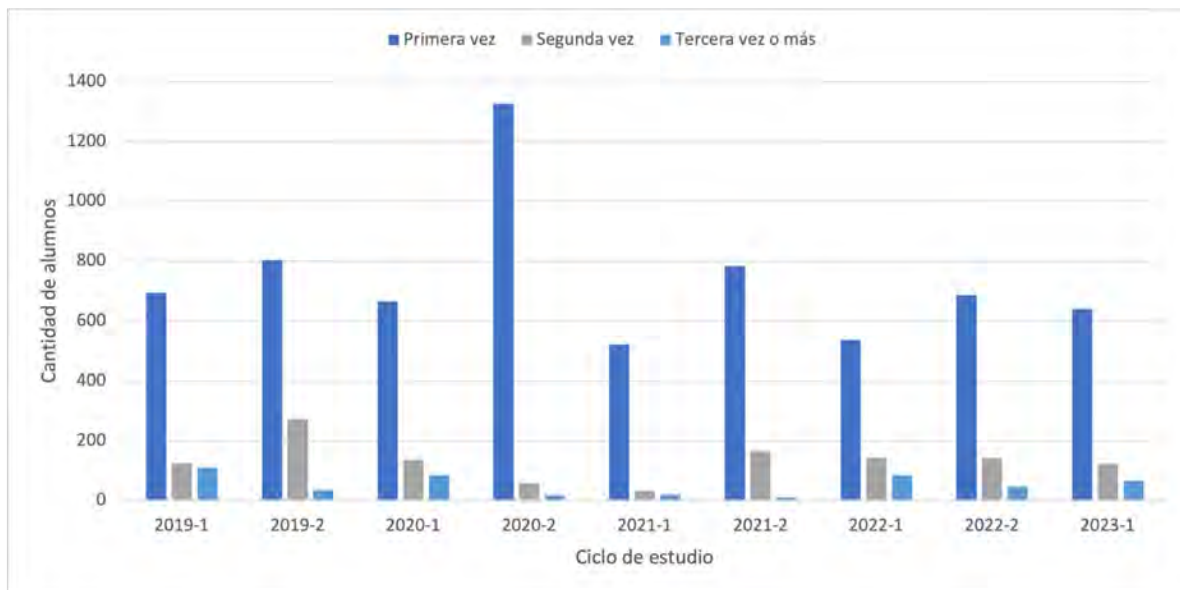


Nota. Elaboración propia basada en PUCP (2023).

La **Figura 3**, por su parte, no esconde mayores misterios respecto a los matriculados, aunque es debido destacar que la cantidad de repitentes no asciende a valores tan drásticamente altos como en su curso predecesor, ni tampoco se pueden establecer relaciones de equivalencia entre los alumnos de primera, segunda o tercera matrícula. Sin embargo, salvo alguna excepción (sin contar el caso mencionado de la pandemia), la cantidad de repitentes a lo largo de los ciclos ha ido disminuyendo muy lenta y progresivamente, lo que puede prever que los resultados mejoren con el tiempo (como se analizará posteriormente).

Figura 3

Evolución de cantidad de alumnos de EEGGCC por vez en FIS1 por ciclo



Nota. Elaboración propia basado en PUCP (2023).

2.3 Cursos designados como objeto de innovación

En el presente subcapítulo, se analizará a detalle las características de ambos cursos presentados como objeto de innovación, para los cuales se enfatizará en observar críticamente elementos de cada uno de sus sílabos, en el cómo es que se interrelacionan con la población estudiada previamente, y la manera en que posibles cambios en los contenidos a lo largo del tiempo han afectado su desarrollo.

2.3.1 Fundamentos de Física

Este curso cuenta con 3 horas teóricas semanales, y 2 de práctica quincenales, llegando a ocupar 3.5 créditos según el plan de estudios. De esta manera, al ser el primer acercamiento a la Física para un estudiante universitario, según la sumilla oficial, FFIS presenta la siguiente descripción (Estudios Generales Ciencias, 2024):

Se aborda de manera teórico-práctica la mecánica de la partícula, profundizando en los temas de cinemática y dinámica; para este fin, se realizan operaciones con magnitudes escalares y vectoriales. En cinemática, se estudian temas de movimiento rectilíneo, casos de velocidad o aceleración

constantes, cuerpos en caída libre y su representación gráfica en el tiempo, así como el movimiento de proyectiles. En dinámica, se desarrollan las tres leyes de Newton, los conceptos de masa y peso, y la fuerza de rozamiento. Finalmente, se generan espacios de aprendizaje para la aplicación de los conceptos básicos de Trabajo y Energía. (p.2)

2.3.1.1 Descripción general y análisis del sílabo

Una de las principales cuestiones que se debe advertir respecto a cursos pertenecientes a EEGGCC, dentro de la universidad, es el bajo grado de descripción que los sílabos han tenido con el tiempo, y con ello, sumillas que expresan de manera literal los contenidos (y que resultan redundantes y auto-explicativas frente a otros elementos del propio programa del curso). Sin embargo, y aun cuando el modelo educativo está orientado a competencias (Vicerrectorado Académico, 2023), estas no se presentan de manera explícita en el documento (Estudios Generales Ciencias, 2024), sino que se explican como objetivos generales que vuelven a sonar repetitivos en comparación con los contenidos. En conclusión, tanto la sección de “I. Objetivos”, “III. Sumilla”, y “IV. Descripción del programa” comparten muchas componentes entre sí que podrían adecuarse no solo en aras de alinearse con lo que el modelo educativo estipula, sino que, a su vez en términos de redacción, presentan oportunidades de mejora.

Por otro lado, y uno de los aspectos centrales que se espera reformular a raíz de este proyecto, es aquel relacionado a la sección “II. Metodología”. En ella, se expresa la intención y necesidad de la utilización de clases expositivas como método central para la discusión teórica, demostraciones y formalidad matemática (en acompañamiento con la resolución de diversos problemas y ejercicios, y trabajo cooperativo) (Estudios Generales Ciencias, 2024), sin embargo, y como se verá en el subcapítulo de análisis de la práctica docente, cada profesor ejecuta su libre cátedra como mejor le parezca, lo que puede concluir en resultados distintos, o dispares, pero sobre todo, no óptimos frente a las necesidades del estudiante. Se vio en el capítulo anterior que un enfoque basado en problemas puede ser positivo para la construcción de A.S., pero de no ser llevado correctamente, es decir, centrando las sesiones en clases magistrales y con poca interacción de los

alumnos, puede devenir en riesgos para el proceso de enseñanza-aprendizaje (que lamentablemente, es lo que el diagnóstico previo presenta).

Finalmente, respecto al sistema de evaluación del curso, el mismo cumple con la fórmula recurrente que se suele regir en EEGGCC para cualquier curso que cuente con un examen parcial, otro final, y una serie de prácticas calificadas, todas, de desarrollo individual. En dicho sentido, se estipula que:

$$\text{Nota final: } \frac{3 \text{ Examen 1} + 3 \text{ Examen 2} + 4 \text{ Promedio prácticas}}{10}$$

siendo el promedio redondeado al decimal más alto, y tras haber eliminado previamente el calificativo con la menor nota de las prácticas (como en total son 5, solo se promedian aquellas 4 de notas superiores) (Estudios Generales Ciencias, 2024). No obstante, se debe examinar el valor que cada uno de estos instrumentos de evaluación aporta al curso con relación a los resultados de aprendizaje, que lamentablemente, son inexistentes en el sílabo. Una reformulación completa del mismo se presenta como la mejor opción para establecer una concordancia entre las competencias, los propios resultados de aprendizaje, y posteriormente, las evidencias (en conjunto con sus respectivos criterios e indicadores).

Una de las realidades más complicadas que atraviesa FFIS es el manejo y coordinación de la totalidad de salones. La **Figura 2** mostró la inmensa cantidad de alumnado por semestre, lo que desencadena en que existan, en promedio, más de 20 salones en simultáneo (y en algunos casos, hasta más de 30). Ello involucra una labor de gestión complicada, por la gran cantidad de docentes, y una labor logística de elaboración y corrección de material para todos los matriculados. En la búsqueda de alternativas que aligeren el trabajo de dirigir a un grupo humano tan extenso, no se contempla la reducción de vacantes - porque ello dejaría sin cupos a muchos estudiantes, pero una de las posibilidades recae en la subdivisión del curso en grupos de salones y que cada uno tenga un coordinador interno.

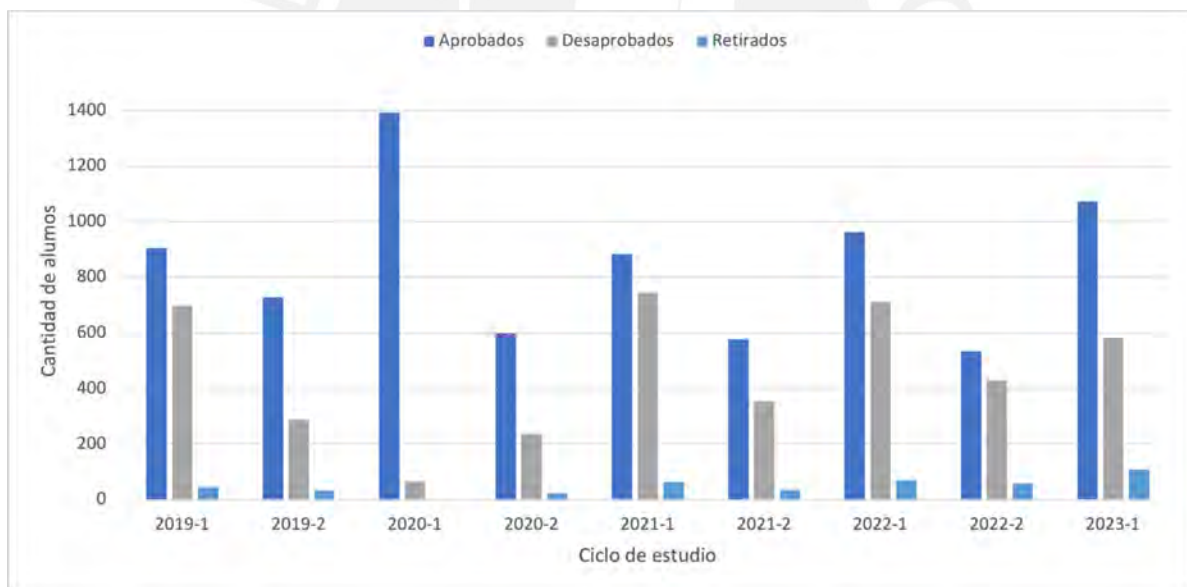
2.3.1.2 Evolución del rendimiento en el tiempo (2019-1 al 2023-1)

Tras la revisión de los elementos del sílabo, notar algunas deficiencias en ciertos aspectos formales, e igualmente analizar en la sección previa cómo los alumnos fluctuaban entre segundas y terceras matrículas, es debido reflexionar

sobre los resultados concretos por ciclo. La **Figura 4**, por su parte, muestra esta evolución desde un año antes de la pandemia hasta la actualidad, con el fin de observar cómo dicho periodo desestabilizó la uniformidad existente, y a su vez, creó una nueva normalidad y tendencia. En general, las condiciones que impuso la modalidad a distancia influyó dramáticamente en los instrumentos de evaluación del curso, que como estuvieron pensados inicialmente, jamás contemplaron un trabajo asincrónico mediante tareas que, lamentablemente, dio pie a una serie de prácticas irregulares y desleales por parte de los alumnos para mejorar sus calificaciones (Castro et al., 2022). Ello no resultó en un reflejo real de lo que sus conocimientos mostraron, pero no tuvo otra consecuencia que disminuir en picada el número de desaprobados y retirados en el 2020, y a su vez, de los promedios más elevados jamás registrados en la historia de la unidad (Estudios Generales Ciencias, 2024).

Figura 4

Evolución de los resultados finales en EEGGCC para FFIS por ciclo



Nota. Elaboración propia basado en PUCP (2023).

Es claro que aquel fue un caso aislado que se llegó a solucionar con una mejor planificación los semestres posteriores, pero como se mencionó, se instauró un nuevo periodo de cambios que afectaron los resultados hasta la actualidad. En primer lugar, es visible que cada primer ciclo del año, la tasa de reprobados se eleva considerablemente, ascendiendo, sin marcha atrás, a representar más del 50% de

la población aprobada (lo que concuerda con lo visto y analizado en la **Figura 3**). Es igualmente importante resaltar que el número de retirados no se ha estancado, sino por el contrario, incrementado progresivamente, y duplicando los valores anteriores registrados. Esto, lamentablemente, no resulta una práctica compleja de entender, puesto que es la principal salida que los estudiantes han encontrado a fin de no desaprobado un curso, puesto que optan por retirarse del mismo antes de cierta fecha límite, y que no se les cuente como una materia reprobada (en el caso de que el propio alumno prevea una situación crítica y sin vuelta atrás en sus calificaciones).

Ello se ve directamente influenciado por el tema psicológico y las tensiones generadas en EEGGCC. Cada estudiante puede desaprobado como máximo un total de 9 cursos antes de verse eliminado por la unidad, o en su defecto, no obtener la nota mínima aprobatoria por tercera vez en una misma materia. No es poco habitual entonces observar cifras cercanas a las centenas en términos de estudiantes llevando FFIS por una tercera oportunidad, lo que alarma de un panorama poco alentador para muchos. Pese a esto, la “ventaja” que admite poder retirarse de las responsabilidades del curso hasta cierto punto, advierte del riesgo a la unidad de un posible incumplimiento de los lineamientos, al existir cierta manera de llevar un curso por más de tres veces, por ejemplo.

2.3.1.3 Comparativa de resultados de ingresantes y repitentes

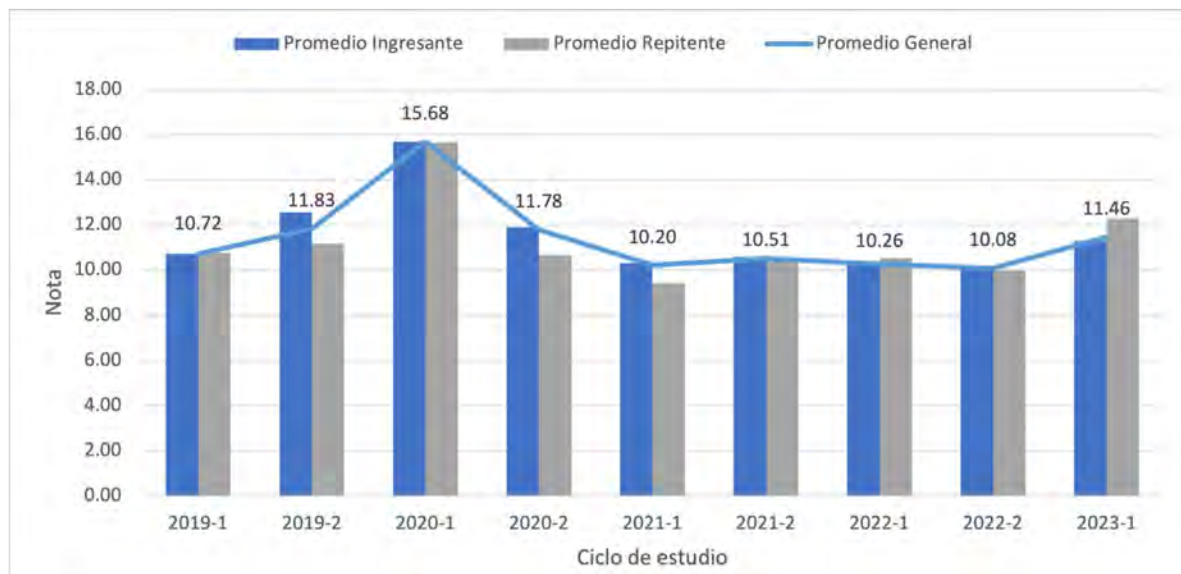
Una característica para destacar en el curso de FFIS es que existen horarios exclusivos para alumnos ingresantes, y otros, reservados para aquellos repitentes. De esta manera, es sencillo agrupar a estos salones en conjunto y analizar si es que existe alguna diferencia notoria, previendo de antemano la inexperiencia de los recién admitidos y la hipotética ventaja que otorga el llevar un curso por segunda vez, al ya evidentemente conocer su funcionamiento (dejando de lado los motivos por los cuales un estudiante desaprobó). La **Figura 5** analiza la variación del promedio agrupado, que, a primera impresión, no encubre irregularidades.

De estos resultados, la hipótesis que beneficia a los repitentes no tomó forma hasta tiempo después del periodo de la pandemia, siendo el único caso relevante el del ciclo 2023-1, donde sí se encontró más de 1 punto de promedio de diferencia entre ambas agrupaciones. Por el contrario, venía sucediendo el caso opuesto o

neutro, en donde los primeros ingresantes destacaban sobre el resto, o en su defecto, las diferencias decimales no eran del todo significativas como para establecer conclusiones. Ante estas evidencias, no es posible determinar el origen de los resultados negativos, pero sí se puede establecer que las diferencias entre ambos grupos modifican las condiciones que el docente tiene en sus clases.

Figura 5

Evolución del promedio en FFIS (horarios de ingresantes y horarios de repitentes)



Nota. Elaboración propia basado en PUCP (2023).

La distinción por horarios, entonces, expone una situación que no había sido advertida previamente, y a su vez, que representa una oportunidad de mejora: el planteamiento del ABP podría presentar diferencias entre los salones exclusivos de ingresantes y de repitentes. Este panorama debería ser también examinado, pero al plantear dos propuestas distintas, se tendría la posibilidad de reforzar aquellos tópicos que generaron mayores dificultades en el pasado (en el caso de los que llevan el curso por segunda vez), y en cambio, partir desde lo más elemental para los nuevos estudiantes. El trabajo con los problemas podría adaptarse a las necesidades particulares de cada grupo, y cambiar según el desempeño varíe.

2.3.1.4 Contenidos de cursos introductorios de Física en el tiempo

Por muchos años, Estudios Generales Ciencias no imponía una serie de requisitos para poder iniciar en los cursos de Física tal como tradicionalmente se

presentan (por numeración ascendente). Sin embargo, fue a partir del cambio de malla en esta unidad del año 2007 en donde se estipuló que los ingresantes debían de rendir exámenes adicionales de matemáticas y física para poder verse eximidos de llevar cursos adicionales de nivelación/introducción. Bajo ese contexto es que surgió, en una primera instancia, FIS009 (ver **Tabla 3**), y posteriormente 1FIS01, materias con el objetivo de estandarizar los conocimientos; aunque con el paso del tiempo, estos cursos dejaron de ser exclusivos para quienes no aprobaron los exámenes, y se impusieron como requisitos para todo el alumnado ingresante.

Pese a este cambio, aun cuando ambos cursos se presentan muy similares, poseen ciertas diferencias, especialmente en temas de contenidos, que, habiéndose adaptado a las necesidades de los alumnos y los colegios, fueron transformándose. Como se vio en el análisis del sílabo de la subsección previa, la descripción de los contenidos es bastante extensa, caso contrario al de su predecesor, en donde únicamente se enunciaban con poco detalle cada temática. Este cambio se rescata como algo positivo, aunque no lo deja exento de todas las falencias detectadas.

Por otro lado, retomando la **Tabla 3**, la principal desigualdad es la desaparición de la temática de “Electricidad” (la cual se impartió entre 2007 y 2012) - y que actualmente se delega directamente a Física 3, lo que aligera la extensa cantidad de temas. Ello es coherente con lo mostrado en la encuesta, puesto que menos de la mitad de la población afirmaba haber estudiado dicho tema, lo cual se presenta como óptimo para trasladar esa revisión conceptual para un curso más avanzado. Más allá de ello, no se encontraron mayores diferencias, a excepción de la agrupación de las unidades (y su nomenclatura) y a lo sumo, ligeras variaciones con relación a la inclusión (o remoción) de un acápite adicional por unidad. Resulta importante realizar esta comparativa porque muestra evidencias de algunas mejoras implementadas con el paso del tiempo, pero lo más importante - y que guarda relación con la futura propuesta de innovación, es que se podrá realizar la misma comparativa con miras de comprobar que en efecto, las modificaciones guardan sustento y que son prueba de una versión perfeccionada de FFIS.

Tabla 3*Comparación de contenidos entre los dos cursos existentes históricamente de introducción a la Física*

Curso	Introducción a la Física Universitaria (FIS009) 2007-1 al 2016-2	Fundamentos de Física (1FIS01) 2017-1 al presente	
Sistema Internacional	✓	✓	
Unidad 1	Magnitudes fundamentales y derivadas	✓	
	Prefijos de múltiplos y conversión de unidades	✓	
Unidad 2	Magnitudes escalares y vectoriales	✓	
	Definición, vectores en dos dimensiones		✓
	Adición por métodos gráficos y analíticos	✓	✓
Unidad 3	MRU, MRUV, Caída libre, Tiro de proyectiles	✓	✓
	MCU	✓	
Unidad 4	Leyes de Newton	✓	✓
	Dinámica sin y con fricción - rozamiento	✓	✓
Unidad 5	Trabajo y energía cinética	✓	✓
	Energía potencial y conservación de la energía	✓	✓
Unidad 6	Electricidad	✓	

Nota. Elaboración propia basada en Estudios Generales Ciencias (2007) y Estudios Generales Ciencias (2024).

2.3.2 Física 1

Este curso cuenta con 4 horas teóricas semanales, y 2 de práctica quincenales, llegando a ocupar 4.5 créditos según el plan de estudios. A diferencia de en FFIS, Física 1 acoge al estudiante como un segundo peldaño en la carrera, partiendo de una base mucho más sólida en el manejo matemático y teórico, para el cual se encuentra la siguiente sumilla (Estudios Generales Ciencias, 2024):

Se estudia de manera teórico-práctica la mecánica de la partícula y de los sistemas de partículas desarrollando la capacidad del alumno para aplicar sus conocimientos de matemáticas en la resolución de problemas de ingeniería utilizando un pensamiento crítico y la actitud para enfrentar problemas complejos. La mecánica de la partícula comprende tanto su estudio cinemático como dinámico. Se enfatiza en estas capacidades que fortalecen las competencias de aprender a aprender; luego, se procede a estudiar los métodos basados en los conceptos de trabajo y energía como una alternativa a las leyes de Newton para la descripción y estudio del movimiento. La mecánica de los sistemas de partículas comprende el uso de los principios de conservación de momento lineal, de energía y de momento angular para el estudio de la interacción de dos o más partículas, considerando inclusive el caso en que las partículas no cambian su posición relativa entre ellas (sólido rígido). (p.1)

2.3.2.1 Descripción general y análisis del sílabo

En síntesis, los principales problemas encontrados en el programa analítico de FFIS se hallan también presentes para el caso de FIS1. La sobre-explicación de contenidos en la sumilla en contraposición a una correcta adecuación al modelo educativo orientado a competencias de la universidad (Vicerrectorado Académico, 2023) son factores a tener en cuenta para una futura revisión del documento (juntamente con la no enunciación de objetivos per se), y de igual manera, se debe volver a resaltar el aspecto metodológico como aquel más crítico.

En dicha sección, se enuncia nuevamente a las clases expositivas como eje del trabajo, describiendo algunas de las características centrales de las mismas

como el desarrollo de simulaciones, ejercicios, formalidad matemática y “énfasis en la discusión y trabajo colaborativo entre los alumnos a fin de desarrollar sus habilidades básicas, competencias y habilidades de carácter” (Estudios Generales Ciencias, 2024, p.1). Bajo dicha óptica, se puede presuponer un papel mucho más activo del estudiante en las sesiones (posteriormente se retomará la validez o no de dicha percepción), pero no se debe dejar de lado que para este curso se cuenta con una actividad que indirectamente favorece este dinamismo. La naturaleza de las prácticas dirigidas (a diferencia de en FFIS, que no existen), cumplen un papel muy similar a las prácticas tradicionales, con la diferencia particular de que se desarrollan colaborativamente y acumulan una parte del puntaje de las siguientes prácticas calificadas. De esta manera, “son espacios de reforzamiento de la teoría trabajada en clase [...] que aportan al logro de los resultados de aprendizaje del curso” (Estudios Generales Ciencias, 2023, p.4).

Por último, respecto al sistema de evaluación, el mismo varía ligeramente con respecto a la fórmula tradicional de EEGCC presentada previamente, pero no difiere en los elementos a considerar: examen parcial, examen final, y una serie de prácticas calificadas personales. En dicho sentido, se formula que:

$$\text{Nota final: } \frac{3 \text{ Examen 1} + 4 \text{ Examen 2} + 3 \text{ Promedio prácticas}}{10}$$

nuevamente, siendo el promedio redondeado al decimal más alto, y tras haber eliminado previamente el calificativo con la menor nota de las prácticas (EEGCC, 2024). Esta diferencia en el sistema de evaluación respecto a FFIS no genera una variación respecto a los comentarios generales que se presentaron en aquel análisis. La completa reformulación del documento impera frente a la carencia de un sistema de evaluación que no se contrasta con resultados de aprendizaje, en adición a las demás falencias detectadas.

2.3.2.2 Evolución del rendimiento en el tiempo (2019-1 al 2023-1)

De manera análoga a lo presentado para FFIS, es posible analizar cómo el promedio fue variando con el tiempo para FIS1. La **Figura 6**, por su parte, detalla la distribución de aprobados, desaprobados y retirados según el ciclo, mientras que la **Figura 7**, la misma variación en términos del promedio vigesimal. En el primero de estos gráficos, a simple vista, es notorio (posterior del tan reiterado caso a raíz del

Covid-19), un punto de inflexión en relación a la cantidad de reprobados, y que, con el paso de los ciclos, viene aumentando lentamente, tal como sucedía de manera similar en FFIS, aunque no tan drásticamente en la proporción frente a los aprobados, puesto que nunca equiparó a dichas cifras.

Figura 6

Evolución de los resultados finales en EEGGCC para FIS1 por ciclo



Nota. Elaboración propia basado en PUCP (2023).

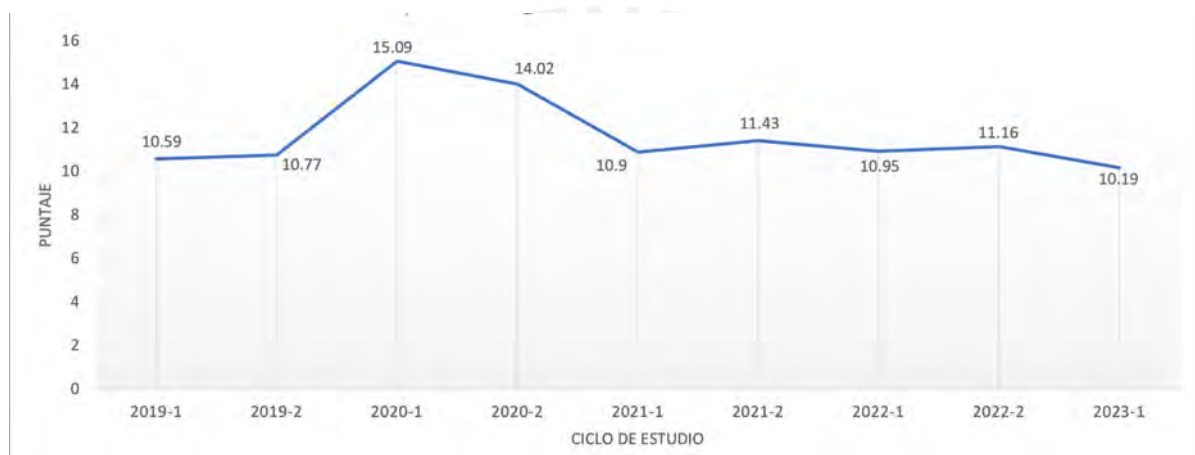
Por otro lado, los resultados de la cantidad de retirados por ciclos no se presenta tan alarmante, puesto que no ha visto cambios significativos ni ascensos súbitos, lo que puede dar indicios de que existen mayores dificultades en aprobar FFIS más que FIS1 (hipótesis que se refuerza por lo presentado en la **Figura 3**, en la que no era visible tantos terceros repitentes, como sí lo fue en la **Figura 2**). Ante este hallazgo prematuro, es posible teorizar nuevamente en torno a las dificultades que recae en una primera (y repetida) experiencia universitaria, a diferencia de un contexto con menos presiones fuera del ciclo de ingreso, en donde, el alumno libre de tanto estrés novedoso puede rendir de mejor manera.

No obstante, que la cantidad de alumnos desaprobados no sea extremadamente elevada no es precisamente indicativo de algo positivo, puesto que en la otra cara de la moneda, ver un promedio estancado (y a la baja) en los pasados 5 ciclos (como lo muestra la **Figura 7**), lleva a la necesidad de replantear

tanto el aspecto metodológico como de evaluaciones. El pico que generó la pandemia, pese a representar una “mejora”, no debe interpretarse como una solución positiva si es que no se optimizaron las herramientas adecuadas en aras de una evaluación que sea coherente con el paradigma educativo. Con ello, tras el breve *impasse*, que se haya vuelto a la constante de siempre solo admite una conclusión inequívoca: las estrategias didácticas no son las más precisas dado el contexto con el que se trabaja.

Figura 7

Evolución del promedio de FIS1 por ciclo



Nota. Elaboración propia basado en PUCP (2023).

Ello no se avista como algo cambiante a futuro, puesto que no ha habido reformas o cambios que induzcan a este tipo de evidencias. Es entonces de suma prioridad reevaluar cada aspecto de la innovación didáctica como premisa ulterior.

2.3.2.3 Contenidos de cursos de Física 1 en el tiempo

En contraposición a lo que sucede con FFIS y su antiguo curso equivalente, el caso de Física 1 es mucho más sostenido en el tiempo, tanto, que se remonta a casi 35 años en el pasado. Sin importar los cambios en la nomenclatura, el calificativo “1” se mantuvo con el paso de los semestres, y con ello, los temas quedaron prácticamente inmutables desde su concepción original. Siempre ha existido en EEGCC las Físicas en orden ascendente, y de cierta manera u otra, preservaron sus contenidos. Física 1 ocupó una introducción a la mecánica clásica, y la **Tabla 4** es una evidencia de ello.

Tabla 4

Comparación de contenidos entre los tres cursos existentes históricamente de Física 1

Curso	Física General 1 (FIS104) 1987-2 al 2000-2	Física 1 (FIS129) 2001-1 al 2016-2	Física 1 (1FIS02) 2017-1 al presente	
Unidad 1	Introducción a la Física	✓		
	Magnitudes físicas y vectores		✓	
	Cinemática de una partícula	✓	✓	✓
Unidad 2	Mecánica relativa. Sistemas no inerciales	✓	✓	✓
	Dinámica de la partícula	✓	✓	✓
Unidad 3	Trabajo y energía	✓	✓	✓
Unidad 4	Sistema de partículas	✓	✓	✓
Unidad 5	Dinámica del sólido rígido	✓	✓	✓
Unidad 6	Gravitación	✓		
Lab.	6 Sesiones de laboratorio		✓	

Nota. Elaboración propia basada en Estudios Generales Ciencias (2000), Estudios Generales Ciencias (2016) y Estudios Generales Ciencias (2024).

No se pueden encontrar demasiadas diferencias en cuanto a las unidades, mas únicamente en su agrupación, o a lo sumo en términos de las horas designadas. La principal desigualdad se halla para el caso de FIS129, para la cual se encontraba dentro sus contenidos a las experiencias de laboratorio, hecho que en la actualidad se deben llevar como curso aparte, pero en simultáneo a 1FIS02. Ello entonces no representa un cambio sustancial, lo que como conclusión establece un paralelismo casi idéntico entre las 3 diferentes materias de las distintas épocas, que, pese a ligeras variaciones, conservan la esencia del curso.

Con relación a la propuesta de innovación, pese a que luego se hará un proceso de evaluación frente a la elección de cada uno de los contenidos (y su necesidad de ser incluidos o no en el curso), se adopta el mismo enfoque presentado para la comparativa en FFIS: la observación de los cambios es una muestra de la evolución del curso. Sea positiva o negativa, posteriormente se podrá juzgar el valor de cada una de las decisiones, y analizar en retrospectiva si es que la nueva versión a plantear de FIS1 refleja una evolución frente a sus antecesoras.

2.4 Docentes de EEGCC de los cursos de FFIS y FIS1

La cantidad de docentes en FFIS y FIS1 ha venido en aumento con el tiempo, tanto por el incremento en la demanda de horarios de ingresantes como en la cantidad de repitentes que se ha observado, también en aumento. En el siguiente subcapítulo, se presentarán diversos alcances relacionados a los docentes, partiendo desde sus características, desempeño histórico en términos de resultados, para finalmente recaer en un análisis de la práctica docente guiado por testimonios en primera persona de algunos profesores participantes de los cursos que se tienen como objetos de innovación.

2.4.1 Análisis de las características generales de los docentes

Desde el punto de vista del modelo educativo, el docente de la universidad, entre sus características más importantes, debe alinearse con la misión de la institución, enfocarse en un proceso educativo centrado en el estudiante, fomentar el aprendizaje significativo (así como experiencial, colaborativo y situado), impulsar la formación orientada a competencias, creando así un entorno de libertad tanto en

el aula como fuera de ella (Vicerrectorado Académico, 2023). El cumplimiento de estas condiciones viene determinado estrictamente por la universidad, velando por una excelencia en las labores académicas.

Por otro lado, y aterrizando el contexto en los cursos a analizar, la **Tabla 5** muestra algunas de las estadísticas más relevantes en torno a los docentes de dichas materias. Ello solo confirma el gran número de profesores involucrados por semestre (relacionado a los inconvenientes logísticos de coordinación), mientras que el alza en la demanda se refleja en la cantidad total de profesores diferentes, que con 33 y 22 docentes respectivamente para FFIS y FIS1, representan picos históricos en la unidad (Estudios Generales Ciencias, 2023).

Tabla 5

Estadísticas docentes por curso

Curso	FFIS	FIS1
Número máximo de profesores por ciclo	19, en el ciclo 2023-1 (de 32 horarios)	15, en el ciclo 2020-2 (de 22 horarios)
Número de profesores totales diferentes entre 2019-1 y 2023-1	33	22
Categoría del docente en la universidad en el 2023-1	Principal	1
	Asociado	3
	Auxiliar	2
	Contratado	12
Grado de instrucción máxima en el 2023-1	Doctor	1
	Magíster	8

Nota. Elaboración propia basada en PUCP (2023).

Otro aspecto relevante para analizar es la categoría y el grado de instrucción de los docentes, puesto que puede existir una tendencia para establecer relaciones directas entre profesores con los más altos cargos (y más títulos) y aquellos que

obtienen los mejores resultados de sus alumnos (como se examinará inmediatamente después). Sin embargo, validar esta hipótesis es mucho más complicado de lo que se aparenta, puesto que no son numerosos aquellos docentes quienes ostentan estos cargos (en ninguno de los cursos), sino que, por el contrario, la mayoría son únicamente contratados e igualmente magísteres, como se presenta en la **Tabla 5**. Ello no se debe reducir como una crítica hacia el grupo que se conforma para ambas materias, porque igualmente los docentes más destacados actualmente son asociados y auxiliares, como se profundizará más adelante.

2.4.2 Rendimiento histórico en el tiempo (2019-1 al 2023-1)

De los muchos docentes que fueron y son parte de FFIS y FIS1 en el periodo indicado, no todos, en términos de resultados, han obtenido para sus respectivos horarios, los mejores promedios. Esta situación es esperable teniendo en consideración que la cantidad de aprobados no se encuentra especialmente al alza; y las notas, pasando por una época de estancamiento. Sin embargo, ello no ha eximido que un grupo selecto pero reducido de docentes destaque de manera continua por encima del resto.

Ocurre una situación particular para FIS1, curso en el que el alumno tiene la posibilidad de escoger directamente a su docente en la matrícula, hecho que condiciona al grupo de estudiantes que el profesor recibe para enseñar. Suele suceder que aquellos con promedios más altos, tienden a acoger los siguientes ciclos a los mejores alumnos, como resultado de comentarios y conversaciones en distintos medios (especialmente en redes sociales), en donde los estudiantes suelen valorar y criticar la labor de cada uno. Esto por supuesto no es un hecho aislado, sino que viene sucediendo desde hace mucho, y es algo que indirectamente forja la reputación docente, encasillándolo en un número como el promedio, el porcentaje de aprobados, y en menor medida, los resultados de la encuesta docente.

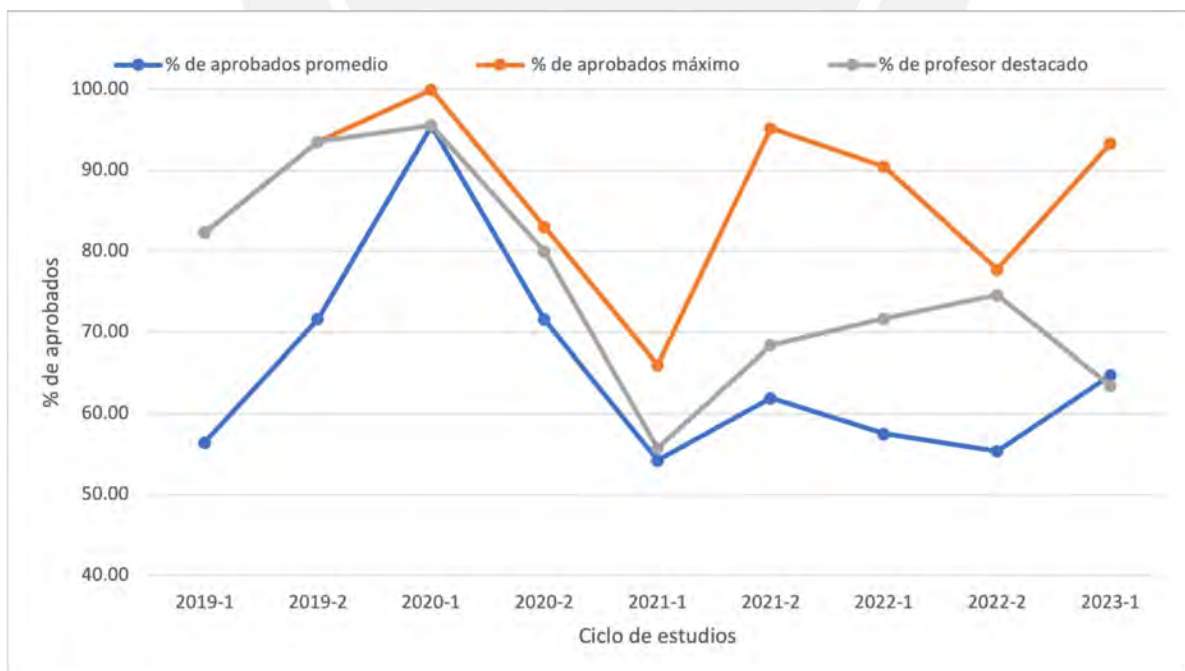
Sin embargo, en FFIS, al no suceder este proceso en la matrícula (puesto que cada horario de nuevos alumnos recibe aleatoriamente a un docente), es mucho más difícil de rastrear patrones entre profesores que típicamente producen los mejores resultados con sus alumnos y salones con una predisposición al trabajo.

No obstante, las estadísticas sugieren que los docentes con mejores calificaciones no suelen variar esta tendencia (sin importar que se le haya asignado un horario o no), situación que se advierte en la **Figura 8** y **Figura 9**. En ellas, la línea naranja representa el porcentaje de aprobados más elevado en general del curso, mientras que la línea ploma, el mismo valor, pero perteneciente al profesor destacado que históricamente obtuvo los mejores resultados. En FFIS (**Figura 8**) el panorama no es del todo drástico, pero en FIS1 (**Figura 9**) se ve representado fielmente la situación mencionada: aquellos profesores quienes son escogidos (lógicamente, por los mejores alumnos) tienen un mejor desempeño, lo que repercute en que las líneas naranjas y plomas sean casi idénticas (en otras palabras, el mejor salón coincide con ser regularmente del mismo docente).

En los semestres de pandemia, es visible un recorte de las diferencias en el porcentaje de aprobado promedio versus el de los mejores salones, pero tras dicho periodo, tanto en FFIS como en FIS1, las diferencias se atenúan progresivamente, estableciendo un diagnóstico preocupante en cuanto a los resultados.

Figura 8

Porcentaje de aprobados en FFIS

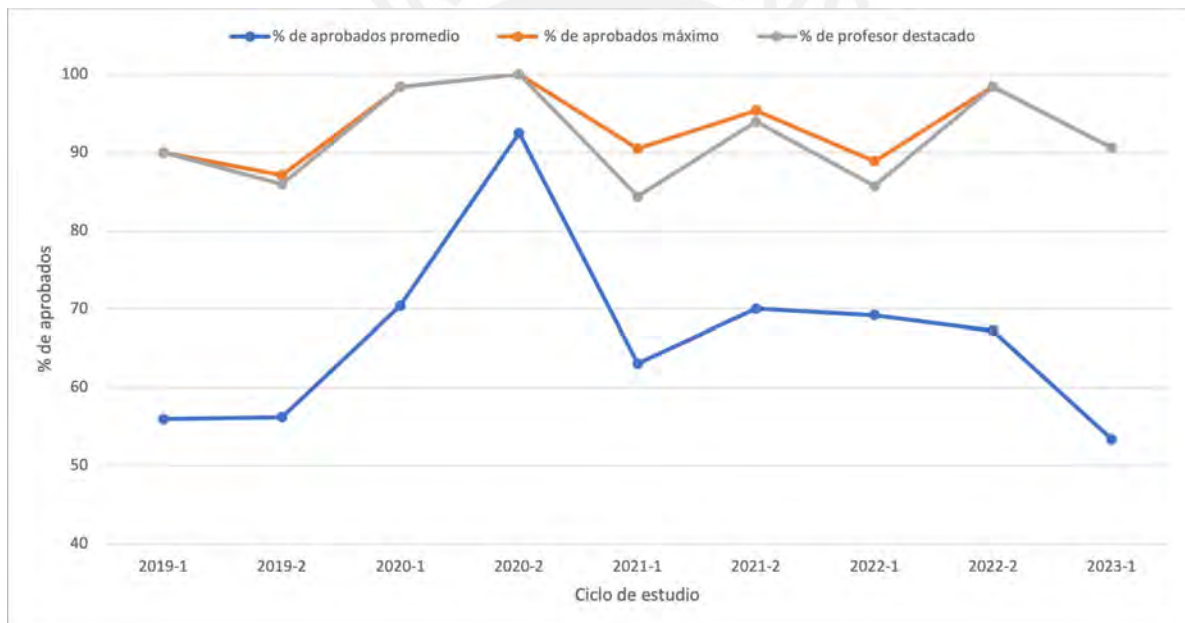


Nota. Elaboración propia basado en PUCP (2023).

Que en Física 1, para el ciclo 2023-1 exista en cierto salón una tasa de aprobación que supere en 40% al del promedio general no debe tomarse como una situación aislada, sino como una oportunidad de replantear los elementos de evaluación (como fue mencionado anteriormente). Esto solo indica que dichos instrumentos están siendo aprovechados por una minoría, o en su defecto, que aquellos alumnos que tuvieron acceso a los “horarios con mejor rendimiento” tienen asegurado un buen desempeño porque aquellos profesores manejan, por ejemplo, una metodología de enseñanza más adecuada para el contexto que les permite potenciar su rendimiento.

Figura 9

Porcentaje de aprobados en FIS1



Nota. Elaboración propia basado en PUCP (2023).

2.4.3 Análisis de las metodologías de enseñanza

El proceso de análisis de la práctica docente no puede verse concluido sin una explicación de primera mano de lo que los propios involucrados pueden comentar. Es por ello por lo que se llevó a cabo una serie de entrevistas a distintas personalidades, con diferentes características, para conocer tanto el aspecto práctico de cada una de sus metodologías de enseñanza, pero a su vez recoger testimonios sobre las principales dificultades en la ejecución y algunas salidas a futuro para mejorar las condiciones generales. La **Tabla 6** por tanto

sintetiza los datos más relevantes respecto a los docentes entrevistados. Y retomando los temas de rendimiento, es debido comentar que se cuenta con la participación de dos de los docentes destacados, según lo mostrado anteriormente.

Dado que el tema principal en el que giraron las entrevistas fue una descripción completa del proceso metodológico, se hizo hincapié en recoger aquellos recursos necesarios para la ejecución, así como distintos espacios en las sesiones para implementar alguna técnica en concreto. Las preguntas a detalle se encuentran en el **Anexo 2**.

Tabla 6

Descripción de características de docentes entrevistados

	Cursos a cargo en el ciclo 2023-2	Descripción
Prof. 1	1 salón de FFIS, 1 salón de FIS1	Profesor contratado, con 4 años de experiencia docente en EEGCC
Prof. 2	1 salón de FFIS, 2 salones de FIS1	Profesor auxiliar, con 11 años de experiencia docente en EEGCC
Prof. 3	2 salones de FFIS, 2 salones FIS1	Profesor asociado, con 17 años de experiencia docente en EEGCC

Nota. Elaboración propia en base a PUCP (2023).

El Prof. 1 (comunicación personal, 26 de octubre, 2023) por su parte, brindó detalles respecto a la estructura que prefiere seguir en cada clase, en la que intenta conversar y recuperar saberes previos para “romper el hielo”, y proseguir con una exposición dialogada - en compañía de diapositivas y el uso de la pizarra para la explicación de la teoría y la resolución de ejercicios. No obstante, procura introducir videos cortos entre cada explicación para fomentar la reflexión y la participación, factor al que encuentra como uno de los limitantes más complicados a la hora de desarrollar una clase.

El Prof. 2 (comunicación personal, 31 de octubre, 2023) comparte esta postura, puesto que fomentar que los alumnos expongan sus dudas o preguntas es muy complicado, ya que la mayoría es muy callada, además de introvertida, o se les percibe distraídos, o prefieren no preguntar por el temor existente a que el

cuestionamiento sea visto como muy elemental, o hasta incluso ridículo por parte de sus compañeros. Otra de las principales dificultades es, como fue observado tanto de la encuesta como de la evolución del promedio, el nivel general de los estudiantes. Tanto el Prof. 2 como el Prof. 3 (comunicación personal, 2 de noviembre, 2023) inciden en esta problemática, y a su vez en la disparidad encontrada, incluso, llegando a observar que los alumnos que previamente tienen conocimientos de Física poseen pocas dificultades para aprobar, o al contrario, son aquellos que destacan con las calificaciones más altas.

El propio Prof. 2 mantiene una distribución similar para sus clases, aunque prefiere hacer un mayor énfasis en la parte teórica. Debido a que las sesiones duran 3 horas, asigna el primer tercio de la clase para este espacio, mientras que la segunda hora la toma para resolver ejercicios en la pizarra y/o diapositivas. El tiempo restante por su parte, lo designa para trabajar en parejas o tríos y que los estudiantes pueden discutir para dar solución a algún problema más difícil o que no resulte inmediato. Ello aplica especialmente para FFIS, notando que guarda cierta similitud con el espacio de las “prácticas dirigidas” existentes en FIS1, aunque en este caso, se trabaja sin la presión de la calificación.

No obstante, la visión del Prof. 3 es la que más dista de los otros docentes. Si bien suele dividir las clases en momentos explicativos y de problemas (1 ejercicio para cada concepto), es quien tiene una visión de la enseñanza que mejor se adapta a la búsqueda del aprendizaje significativo. Vela por una correcta asimilación del conocimiento en tanto no pretende que el alumno almacene información sin comprenderla, pero que, mediante la resolución de problemas y preguntas abiertas en la clase, pueda construir sus propios significados. En ese sentido, suele consultar a todos los alumnos personalmente en cada uno de sus sitios por las dudas que tienen, y a su vez, esto promueve a que exista mucha más participación abierta, pese a la ya mencionada timidez.

Pese a estas ciertas diferencias en la ejecución, los 3 informantes concluyen que, para el momento de la planificación de las sesiones, un elemento clave es la identificación de las necesidades del grupo, aunque siempre sin perder de vista los ajustados cronogramas que la unidad impone. El Prof. 1 comenta que es imperativo

realizar modificaciones sobre la marcha, incluso, en plena clase, a raíz de temas no comprendidos a la profundidad debida, mientras que el Prof. 2 expone que es difícil controlar los tiempos estrictamente, de manera particular, cuando se suscita alguna pregunta y se explaya más de lo planeado.

Con relación a la implementación de otras metodologías alternativas a futuro - dado que es evidente que predominan las clases expositivas y de resolución de ejercicios, el Prof. 1 considera que no es oportuno experimentar con algo novedoso, debido a los enormes riesgos que se corren al plantear algo por primera vez, en un contexto tan estricto como el de EEGGCC (por el cumplimiento de contenidos y plazos). No obstante, el Prof. 2 optaría por realizar una transformación a su enfoque, brindándole mucho más peso a aquella tercera hora de trabajo con problemas, y en cierta manera u otra, incorporar el ABP de manera formal. Comenta que cree que este cambio no sería inmediato, pero sí un objetivo a mediano plazo, con la necesidad previa de equiparar el nivel promedio traído desde el colegio. Finalmente, el Prof. 3 comenta que no ha contemplado esa idea del todo por las restricciones del sílabo, pero que intentaría introducir más material audiovisual, como solía suceder en la época de pandemia. Ello podría reemplazar alguna de las explicaciones históricas que suele contar sobre el contexto físico, que, por el momento, son solo exposiciones narradas por su persona.

En general, por los testimonios de los 3 docentes, se observa que pese a que la mayoría de las sesiones son de revisión teórica seguido de práctica con ejercicios, ello no se encuentra tan alejado de lo que el ABP puede plantear. Se identifican los primeros acercamientos a la función guía del profesor más que un erudito que imparte conocimiento, mientras que los trabajos grupales para resolver problemas evidentemente se emparentan con lo que esta metodología desea lograr. Es claro que estos problemas deberán reflejar un contexto real y útil (como se plantea en la encuesta), pero es un paso más en la búsqueda de situar al alumno como centro del aprendizaje, y desde el aspecto teórico y conceptual, que pueda construir A.S., fomentando las capacidades de discusión y análisis.

Resulta una necesidad sin embargo que se actúe frente a la poca participación en clase, y a su vez, que se evite trabajar excesivamente con ejercicios

numéricos. Es claro que el manejo matemático requiere de gran ayuda en EEGGCC, sin embargo, recurrir de manera continua a este tipo de estrategias solo termina mecanizando al estudiante y enseñándole una manera unívoca de resolver algún problema. En cambio, focalizando la teoría necesaria y luego, dando espacios para tareas colaborativas en base al ABP, permitiría una mejor consolidación de los aprendizajes.

2.5 Necesidades de mejora en los cursos de FFIS y FIS1

A modo de síntesis, se presenta a continuación una lista de elementos que deben ser revisitados en conjunto para que la propuesta del ABP para la construcción de A.S. se alinee con lo que la indagación ha presentado previamente.

En primer lugar, es imperativo la revisión completa de los sílabos de ambos cursos en estudio, tanto desde una óptica orientada a competencias y que va acorde con el modelo educativo de la institución, así como una readaptación completa a los aspectos metodológicos y del sistema de evaluación. Mejorar todos estos ámbitos va a permitir que la propuesta resulte coherente (más allá de tratarse en sí únicamente de una nueva metodología puesta en práctica) no solo con los contenidos, sino también con las propias competencias, desempeños, evidencias e instrumentos que se desarrollarán en el curso. En dicho sentido, resultaría paradójico únicamente variar entre estrategias si es que los demás elementos del sílabo no se ven alterados.

Respecto a los actores involucrados, en cuanto a los docentes, es importante asegurarse que puedan adecuarse a los lineamientos que el ABP ofrece, y que de forma estandarizada su uso sea masificado a lo largo de los cursos. En dicho sentido, capacitar a los mismos sería un paso importante en la consecución de esta meta, mientras que puedan adaptar sus propias preferencias al enseñar dentro de las bondades que esta metodología otorga. No sería propicio que el ABP sea puesto en práctica igual y en simultáneo por todos los docentes, por lo que se preferiría que aquellos con un rendimiento destacado a lo largo de los ciclos puedan plasmar esta visión y que todo el equipo del profesorado pueda aprovechar sus experiencias y virtudes en aras de una correcta implementación posterior y generalizada. De igual

manera y como se comentó, al haber demasiados horarios para gestionar en conjunto, lo más óptimo sería dividir la totalidad de horarios en al menos 2 subgrupos independientes, de tal forma que las coordinaciones internas sean llevadas a cabo en equipos de trabajo no tan numerosos - a la larga complica velar por el correcto funcionamiento de cada una de las partes.

En relación a los alumnos, bajo la intención de construir aprendizajes significativos y que vayan en contra de prácticas memorísticas y repetitivas, lo principal inicialmente es buscar que el grupo de estudiantes posea los mismos conocimientos base en toda su extensión. La propuesta de generar talleres para aquellos alumnos con mayores dificultades acarreadas desde el colegio (para Física y Matemáticas) debería considerarse como una necesidad crucial, así como una búsqueda por consolidar hábitos de estudio mucho más acordes con la metodología deseada. Si bien la encuesta realizada presentó un diagnóstico alarmante respecto a estos 2 aspectos, la propuesta del ABP es el punto de partida para erradicar esta situación adversa, y que por ejemplo, pueda diferenciarse en su aplicación en tanto se ejecute de cierta manera para estudiantes recién ingresados, y de otra, para aquellos repitentes o de ciclos más avanzados. Combatir igualmente los resultados negativos encontrados durante los últimos años (cantidad de repitentes excesivamente alta, promedio general bajo, cantidad alumnos retirados al alza) se presenta como una oportunidad a combatir con el ABP, que conducido por la necesidad de buscar nuevamente A.S., un reflejo del mismo sea cambios en estos acápite mencionados.

SEGUNDA PARTE: DISEÑO METODOLÓGICO Y RESULTADOS

CAPÍTULO III: DISEÑO DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA

En este capítulo se presenta el desarrollo a detalle de cada aspecto del proyecto planteado, abarcando desde un completo rediseño innovador de muchos de los elementos del sílabo, así como una explicación profunda de cómo se deben ejecutar los denominados problemas - con sus respectivos ejemplos.

3.1 Innovación en la docencia universitaria

La necesidad de enfoques distintos frente a situaciones adversas se presentan a menudo en el contexto educativo. Las ciencias básicas no están exentas de estos casos, para lo cual se recurre al concepto de innovación, o en su defecto, a una propuesta de innovación didáctica en el ámbito universitario. Esta puede ser entendida como la introducción de cambios justificados, implicando una variación en los procesos o metodologías para tener un producto o servicio nuevo o mejorado, con un valor añadido y diferenciado (García y Gros, 2013; Zabalza, 2013). Así, las innovaciones poseen tres condicionantes en su práctica, tal como son la apertura, actualización y mejora, lo que permiten flexibilidad y capacidad de adaptación, la puesta al día en nuevos conocimientos y recursos, y a su vez, un permanente compromiso de mejora con la calidad (Zabalza, 2013). La innovación es de suma importancia por la generación y promoción del constante cambio en la enseñanza-aprendizaje, permitiendo fomentar la relación con la investigación y que los alumnos tomen parte de las experiencias de aprendizaje (García y Gros, 2013).

Además de la innovación, es posible hacer también referencia a la didáctica de las ciencias a nivel universitario, para posteriormente buscar entablar ambos conceptos en una sola idea. Ante ello, dicha disciplina está referida a los procesos de estudio y enseñanza-aprendizaje de los tópicos referidos a las ciencias básicas (astronomía, biología, estadística, física, química, matemáticas, entre otras) (Acevedo, 2008), tal que se le puede posicionar como una rama de la disciplina

pedagógica, o por el contrario, un campo interdisciplinar de aplicación (Adúriz-Bravo, 2009). En dicho sentido, al mencionar a las innovaciones didácticas, se entiende la presentación de una propuesta de cambio, que dentro del contexto científico - en toda su amplitud interdisciplinar, inserta una distinta o mejorada metodología, estrategia de evaluación, recursos, contenidos, competencias, entre otros elementos que intenta hacer frente a un panorama, o paradigma de enseñanza (Prieto y Sánchez, 2017). En dicho caso, en lo que continúa del capítulo se presentará lo que se entiende por innovación reflejado a modo del diseño de un proyecto que abarca todas las áreas mencionadas previamente.

3.2 Resumen del proyecto y datos generales

Lugar de aplicación: Universidad Privada de Lima

Tiempo de duración: 1 semestre académico - 16 semanas

Cantidad de cursos asociados: 2

Unidad de trabajo en la universidad: Estudios Generales Ciencias

Carreras asociadas: 15 - todas los programas de Ciencias e Ingeniería

Metodología: Aprendizaje Basado en Problemas

3.2.1 Título del proyecto

Uso de metodología basada en problemas para construir aprendizajes significativos en cursos de Física en una Universidad privada de Lima

3.2.2 Resumen del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de una propuesta metodológica, centrada en el ABP que pueda hacer frente a la continua tendencia del aprendizaje memorístico y repetitivo. Para ello se introducirán problemáticas complejas (reales, útiles y verídicas) del tema de una unidad que semanalmente se irán resolviendo por partes en espacios de trabajo (individual y grupal), hasta poder unir todas las partes al concluir las semanas designadas al capítulo - y encontrar una solución consistente. Se pretende desarrollar autonomía en el trabajo del estudiante, tal que podrá llegar a aprendizajes significativos que se mantengan en su estructura cognitiva con el tiempo a su vez que sus habilidades colaborativas se vean

potenciadas a lo largo del semestre, teniendo también un rol más analítico, activo y central en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.2.3 Problema priorizado

La principal problemática encontrada luego del proceso de indagación fueron las metodologías empleadas por los docentes, las cuales se han caracterizado por ser regidas por técnicas expositivas y no por un exceso de interacciones con los alumnos. Dichas clases magistrales igualmente han propiciado que la información sea retenida y olvidada rápidamente - y mientras que los estudiantes se enfocaban general y únicamente en la rendición de evaluaciones, esto terminó modificando también la forma en estudiaban y aprendían. Esto ha convertido a la ciencia en una disciplina repetitiva de memorización y mecanización de conceptos y procesos que pueden ser reproducidos sin la necesidad de una comprensión precisa o almacenamiento de información en la memoria de largo plazo. No obstante, este panorama tan desalentador no se presenta imposible de cambiar, por lo que se espera que una modificación en la metodología pueda lograr que el paradigma educativo sea totalmente distinto. De igual forma, se presenta necesario modificar este enfoque puesto que cada uno de los posteriores cursos de Física hacen uso de los conocimientos previamente adquiridos, por lo que de no haber comprendido los conceptos desde su etapa inicial, la labor se dificultará progresivamente más conforme se lleguen a instancias más avanzadas de la carrera.

Pese a la negativa de muchos docentes de experimentar con nuevas técnicas, experiencias similares respaldan esta propuesta como los trabajos de McConnell et al. (2017) y Pepper (2008), que en condiciones similares a las comentadas, lograron que los estudiantes construyan aprendizajes significativos tras la aplicación del ABP. De esta manera, habiendo seleccionado una metodología distinta pero probada en su ejecución es que no resulta insensato plantear que los procesos de enseñanza-aprendizaje cambien por completo, y a la larga, también los resultados en términos del rendimiento de los alumnos.

3.2.4 Cursos asociados al proyecto

Fundamentos de Física (FFIS) y Física 1 (FIS1)

3.2.5 Área disciplinar

Ciencias básicas - Física

3.2.6 Población beneficiada

Estudiantes en su primer y segundo ciclo universitario de las carreras de Ciencias e Ingeniería pertenecientes a la unidad de Estudios Generales Ciencias.

3.2.7 Fecha de inicio y fin

Del 19 de agosto al 12 de diciembre de 2024 (Semestre académico 2024-2)

3.3 Justificación de la importancia del proyecto de innovación

Tras la identificación de algunas dificultades en la ejecución de los cursos, se plantea como alternativa al uso del ABP, de manera que permita ser la estrategia que cambie el enfoque preexistente, favorezca el desarrollo de competencias no del todo potenciadas (como el pensamiento crítico y las habilidades colaborativas), estandarice el nivel promedio en el ejercicio de la ciencia (manejo de teoría y resolución de problemas), pero sobre todo, permita la construcción de A.S.. Cuando se construyen este tipo de aprendizajes, existe un entrelazamiento entre los conceptos previamente conocidos hasta ese momento y los nuevos, creando un carácter “significativo” en el sentido que se asimilan los contenidos y se forjan nexos entre ellos en la estructura cognitiva perdurando en el tiempo (Martín y Solé, 1990).

Es así que el mencionado ABP es la herramienta clave para promover esta dinámica, tal que estimula la participación activa en diversas tareas, busca la comprensión de temas a través de un trabajo tanto personal como colaborativo, y más importante, permite relacionar en el contexto a los conocimientos previos traídos de colegio con los novedosos de la universidad (Díaz Barriga y Hernández, 2010). Los “problemas” a plantear cumplen este papel de brindar el carácter buscado, que al ser situaciones reales y útiles, permiten fomentar una mejora en la toma de decisiones (en lo teórico y numérico) y propiciar un pensamiento crítico.

Durante el proceso de indagación, se llevaron a cabo encuestas y entrevistas para comprender el contexto de innovación y verificar si el diagnóstico coincidía con

las tendencias anticipadas en la bibliografía. La confirmación del panorama reforzó la idea de una ruptura total con la construcción de un aprendizaje significativo y la falta de alineación con el modelo educativo de la institución (Vicerrectorado Académico, 2023). En la búsqueda de establecer un ABP coherente con estas necesidades, es fundamental involucrar a los estudiantes y centrar las sesiones en ellos, desplazando el rol del docente hacia el de un guía o tutor, y fomentar la capacidad de análisis a través de la resolución de los mencionados "problemas" (Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey, 2015).

Una de las finalidades es revisar el sílabo completo para reestructurar las materias no solo en términos metodológicos, sino también del sistema de evaluación, ya que este último puede condicionar la perspectiva de los estudiantes hacia los cursos. Esta revisión es crucial porque impacta en la consolidación a largo plazo de los conocimientos en la estructura cognitiva de los estudiantes (Caballero, 2009). A diferencia de un proceso caracterizado por la repetición y el olvido, estos aprendizajes serán útiles en el futuro, lo que subraya la importancia de asegurar una asimilación adecuada de los conceptos, tanto para las necesidades intrínsecas de los alumnos como para las de la universidad (Fink, 2013).

Finalmente, se empalma con el mencionado proceso de indagación realizado para conocer la perspectiva de los estudiantes y sus aspiraciones. De allí se rescata la voluntad por encontrar un enfoque que vea a la Física de una manera mucho más analítica, pero igualmente centrada en la posibilidad de trabajar con recursos útiles, prácticos y reales que sean aprovechados desde las primeras instancias de la universidad. Ello, sumado con las intenciones de algunos docentes de poder innovar en el mediano plazo, se presenta como la oportunidad idónea para que el ABP cumpla un rol protagónico en reemplazo de clases magistrales y tradicionalistas.

3.4 Objetivos del proyecto de innovación

Desarrollar aprendizajes significativos a través de una propuesta metodológica en 2 cursos de Física básica en una universidad privada de Lima a través del uso de una metodología basada en problemas (ABP).

Entre los resultados esperados se encuentra que la propuesta permita el desarrollo del trabajo autónomo del estudiante al resolver problemáticas científicas, siendo capaz de compartir sus técnicas de estudio de manera colaborativa para la construcción permanente de sus aprendizajes en física y en la práctica científica. De igual manera, se espera que el alumno pueda explicar la solución a dichos problemas físicos de manera contextualizada a partir de los conceptos y leyes correspondientes, tal que se puedan consolidar aprendizajes significativos.

3.5 Diseño detallado del proyecto

Como fue revisado ampliamente en el primero de los capítulos, se hará uso del ABP como respuesta y alternativa ante el desalentador panorama encontrado luego de la indagación. A continuación, prosigue la descripción de cómo se pretende lograr aprendizajes significativos a través de variadas problemáticas.

3.5.1 Propuesta de innovación

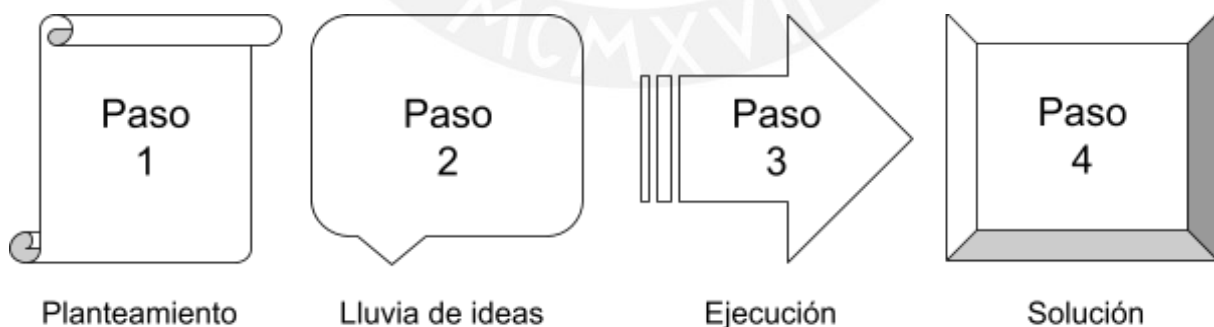
El ABP será el eje central de trabajo para los cursos que se pretende innovar, aunque su implementación obedece a una secuencia metodológica y a una adaptación que surge desde sus planteamientos más elementales revisados en los antecedentes de innovación. En dicho sentido - y como se profundizará más adelante, se trabajará a través de pequeños pasos para la construcción de una solución a un “gran” problema, y es de esta manera en la que se espera alcanzar los mencionados aprendizajes significativos. Para ello, resulta pertinente explicar la **Figura 10**, en la que se presenta la secuencia didáctica a seguir para la ejecución de la propuesta (cuando se desarrolle ABP). En ella, se precisan 4 etapas distintas para la resolución de problemáticas (sin importar su naturaleza, complejidad o temática) que es aplicable para ambos cursos con los que se trabaja. Cabe recalcar igualmente, como se ha mencionado con anterioridad, que existirá un espacio de trabajo personal y otro grupal, en donde se buscará primeramente una verificación del entendimiento de lo aprendido, para luego tener un espacio para compartir los hallazgos y colaborar entre los miembros para dar solución a la pregunta planteada. Es allí donde el estudiante podrá utilizar su propio conocimiento y vocabulario para dar por entendido y resuelta cada parte de las problemáticas.

Yendo de lleno a los pasos, el primero de estos momentos resulta el más importante en términos del A.S., puesto que plantear el problema, las variables, incógnitas y objetivos permite lograr claridad en el funcionamiento posterior. Un aprendizaje memorístico únicamente busca encontrar patrones y repetirlos al momento de plantear; a diferencia de uno que resuena en la estructura cognitiva a largo plazo - que no solo permite un mayor grado de análisis pero también la capacidad de extrapolar diversos procesos a situaciones que no únicamente se ciñen al contexto presentado en aquel problema (Eleizalde et al., 2010).

Las etapas 2 y 3 por su parte cobran importancia desde la perspectiva científica del trabajo con teorías y ecuaciones, puesto que se debe considerar de vital importancia el ejercicio numérico tras una búsqueda interna en retrospectiva de fórmulas útiles que se hayan revisado en clase (o materiales concernientes a la temática física relacionada), surgidas a través de un proceso de *brainstorming*. El último paso solo sirve como conclusión luego de haber llegado a la respuesta puntual que se desea, aunque no lo exime de poder dar una interpretación o significado al fenómeno que la matemática previamente ha descrito. Posteriormente se proseguirá con la descripción del papel que cada uno de los actores cumplirá a través de esta secuencia didáctica, que regirá el trabajo a lo largo del semestre.

Figura 10

Secuencia Didáctica de la propuesta de ABP



Explicado esto, resulta oportuno presentar los sílabos modificados al ser la evidencia inicial que agrupa una descripción completa del proyecto. En ellos se podrá observar el rediseño de la metodología y evaluación, aunque también existe otro gran cambio; la redacción en términos de competencias (y no basada en

objetivos). Para una mejor visualización de las adaptaciones frente a las versiones originales, ver los **Anexos 3 y 4**. También se optó porque los sílabos de los cursos sean iguales en cada aspecto a excepción de los contenidos, puesto que solo con estas similitudes se podrá llegar a un hilo conductor entre las materias y que las relacione como una propuesta. No se planteó una variación en los contenidos respecto al pasado al tratarse de la primera versión piloto, aunque para el futuro, se valoraría modificar los mismos dependiendo del manejo del tiempo y resultados.

3.5.1.1 Sílabo de FFIS

PROGRAMA ANALÍTICO

CURSO : **FUNDAMENTOS DE FÍSICA (FFIS)**
 CLAVE : 1FIS01
 TIPO : OBLIGATORIO PARA TODAS LAS ESPECIALIDADES
 CRÉDITOS : 3.50
 HORAS DE:
 TEORÍA : 3 SEMANALES
 PRÁCTICA : 2 QUINCENALES
 REQUISITOS : NO TIENE
 SEMESTRE : 2024-1

I. Competencias

Competencia^[1]	Resultados de aprendizaje
El estudiante se desenvuelve con responsabilidad e iniciativa en su aprendizaje al planificar sus actividades en función de sus objetivos y metas académicas. Además, verifica que su producción sea coherente e identifica sus aciertos y errores sobre la base de la retroalimentación de profesores o compañeros.	Trabaja autónomamente en el planteamiento de una solución para una problemática científica
El estudiante analiza un problema identificando sus variables significativas y las representa mediante modelos lógicos, matemáticos o gráficos. Estructura, formula y aplica procedimientos acordes a su análisis para, finalmente, interpretar los resultados sobre la base del sentido común, el contexto y la eficiencia de la solución propuesta.	Resuelve problemas de índole físico-matemática utilizando las leyes y teorías científicas correspondientes
El estudiante identifica su rol dentro de un equipo. Planifica actividades en función de las metas establecidas por él y se responsabiliza de sus propias tareas, bajo la supervisión del docente. Además, demuestra una actitud de escucha y respeto frente a las diferentes opiniones de los miembros del equipo.	Colabora conjuntamente con sus pares para la resolución de problemáticas científicas según el nivel designado

[1] Extraído directamente de PUCP (s.f.)

II. Metodología

La metodología escogida para el curso es mixta, contemplando momentos expositivos y también una metodología basada en problemas. Si bien se optará por tener una serie de clases teóricas para la revisión de conceptos, teorías y ejercicios cortos (70% del curso), el resto del tiempo será utilizado para resolver grandes problemas divididos en pequeñas partes que en su totalidad puedan dar solución a la cuestión en conjunto. Durante estas lecciones (denominadas "Sesiones ABP"), los estudiantes trabajarán primero individualmente

para verificar su entendimiento de lo estudiado previamente, para luego pasar a un espacio colaborativo en el que puedan reunir sus hallazgos y encontrar una respuesta a la parte del problema fijado para dicha fecha. Esta dinámica se repetirá durante todo el semestre, mientras que los grandes problemas serán resueltos y completados a través de cada una de las unidades del curso. Tanto en las clases teóricas como las de resolución de problemas, se propiciará un diálogo multidireccional entre todos los actores involucrados, velando por que el alumno sea el centro del aprendizaje en todo momento, mientras que el docente y los jefes de práctica cumplirán un rol guía y de tutor.

III. Sumilla

Se aborda de manera teórico-práctica la mecánica de la partícula, profundizando en los temas de cinemática y dinámica; para este fin, se realizan operaciones con magnitudes escalares y vectoriales. En cinemática, se estudian temas de movimiento rectilíneo, casos de velocidad o aceleración constantes, cuerpos en caída libre y su representación gráfica en el tiempo, así como el movimiento de proyectiles. En dinámica, se desarrollan las tres leyes de Newton, los conceptos de masa y peso, y la fuerza de rozamiento. Finalmente, se generan espacios de aprendizaje para la aplicación de los conceptos básicos de Trabajo y Energía.

IV. Descripción del programa

CAPÍTULO 1. Cantidades físicas (3 horas)

Sistema internacional de unidades. Magnitudes fundamentales y derivadas. Prefijos de múltiplos y submúltiplos. Conversión de unidades. Magnitudes escalares y vectoriales.

CAPÍTULO 2. Vectores en una y dos dimensiones (6 horas)

Definición de vector. Vectores en dos dimensiones. Adición de vectores en dos dimensiones por métodos gráficos: regla del polígono y regla del paralelogramo. Adición de vectores en dos dimensiones por métodos analíticos: descomposición rectangular, ley de senos y ley de cosenos. Resta de vectores en dos dimensiones.

CAPÍTULO 3. Cinemática de la partícula en una y dos dimensiones (15 horas)

Conceptos de cinemática. Sistema de coordenadas. Origen de coordenadas e instante inicial de tiempo. Cinemática en una dimensión: posición, desplazamiento, distancia recorrida, velocidad media y rapidez.

Movimiento rectilíneo con velocidad constante. Definición de velocidad constante a partir de la velocidad media. Gráfica velocidad-tiempo (v_x-t). Análisis de la velocidad y del desplazamiento en la gráfica v_x-t . Determinación de la posición como una función del tiempo (ley de movimiento) $x(t)$. Gráfica posición-tiempo ($x-t$). Análisis de la posición, del desplazamiento y de la velocidad en la gráfica $x-t$.

Movimiento rectilíneo con aceleración constante. Aceleración media. Definición de aceleración constante a partir de la aceleración media. Gráfica aceleración-tiempo (a_x-t). Análisis de la aceleración y variación de la velocidad en la gráfica a_x-t . Determinación de la velocidad como una función del tiempo (ley de velocidad) $v(t)$. Gráfica v_x-t . Análisis del desplazamiento, de la velocidad y de la aceleración en la gráfica v_x-t . Determinación de la posición como una función del tiempo (ley de movimiento) $x(t)$. Gráfica $x-t$. Análisis del desplazamiento, de la velocidad y de la aceleración en la gráfica $x-t$. Determinación de las ecuaciones $v_f^2=v_o^2+2a\Delta x$ y $\Delta x=\Delta t(v_f+v_o)/2$, a partir de la ley de movimiento y la ley de velocidad.

Caída libre. Convención: sistema de referencia con el eje positivo siempre hacia arriba (eje y). Velocidad como función del tiempo (ley de velocidad) $v_y(t)$. Posición como función del tiempo (ley de movimiento) $y(t)$. Características del movimiento: tiempo de subida igual al tiempo de bajada, respecto a un punto específico; rapidez de subida igual a la rapidez de bajada, respecto a un punto específico. Gráficas de aceleración-tiempo (a_y-t), de velocidad-tiempo (v_y-t) y de posición-tiempo ($y-t$).

Tiro de proyectiles. Movimiento parabólico: aceleración no paralela a la velocidad inicial. Ley de velocidad y ley de movimiento para cada eje (eje x : velocidad constante, eje y : caída libre). Vectores aceleración, velocidad y posición en función del tiempo (dos componentes). Determinación de la ecuación de la trayectoria, del alcance y del tiempo de ascenso a partir de la ley de movimiento y de la ley de velocidad. Alcance máximo. Dibujo de los vectores aceleración, velocidad y posición en la trayectoria.

CAPÍTULO 4. Dinámica de la partícula en una y dos dimensiones (12 horas)

Leyes de Newton. Concepto de fuerza. Primera ley de Newton. Inercia. Segunda ley de Newton. Tercera ley de Newton. Concepto de masa y peso. Fuerza normal. Fuerza de tensión. Diagrama de cuerpo libre y sistema de coordenadas. Equilibrio de una partícula.

Dinámica sin fricción (rozamiento). Análisis del movimiento de bloques unidos por cuerdas ideales que pasan por poleas ideales. Análisis del movimiento de bloques que se encuentran apoyados sobre planos lisos (horizontales o inclinados).

Dinámica con fricción (rozamiento). Fricción estática. Fricción estática máxima, coeficientes de rozamiento estático. Fricción cinética, coeficiente de fricción cinético. Relación entre la fuerza aplicada, la fricción estática y la fricción cinética a través de una gráfica. Análisis del movimiento de bloques unidos por cuerdas ideales que pasan por poleas ideales y se encuentran apoyados sobre planos rugosos (horizontales o inclinados).

CAPÍTULO 5. Trabajo y energía (6 horas)

Trabajo y energía cinética. Trabajo efectuado por una fuerza constante. Unidades de trabajo y energía en el Sistema Internacional. Gráfica de una fuerza constante en función de la posición. Cálculo del trabajo del peso y de la fricción cinética. Energía cinética. Teorema del trabajo y la energía cinética.

Energía potencial y conservación de la energía. Energía potencial gravitacional. Conservación de la energía mecánica (sólo fuerzas gravitacionales).

V. Bibliografía

DOUGLAS, Giancoli
2006 *Física*. Vol. 1. Sexta edición. México D.F.: Pearson Educación.

HEWITT, Paul
2006 *Física Conceptual*. Décima edición. México D.F.: Pearson Educación.

SERWAY, Raymond y John Jewett
2008 *Física para ciencias e ingeniería*. Vol. 1. Séptima edición. México D.F.: Cengage Learning.

WILSON, J.D. y A.J. Buffa
2006 *Física*. Sexta edición. México D.F.: Pearson Educación.

VI. Sistema de evaluación

La evaluación del curso comprende prácticas calificadas, exámenes y el trabajo de las sesiones ABP.

➤ Exámenes (mitad y final de ciclo) (25 % de la nota final)

Son pruebas aplicadas a mitad del semestre académico y a la finalización del mismo, según el rol publicado por la Secretaría Académica de la Unidad. Abarca todo lo desarrollado en el curso hasta ese momento.

➤ Trabajo ABP (60% de la nota final)

Deberá entregarse un portafolio de evidencias que reúna todos los trabajos individuales y grupales realizados al finalizar cada unidad para la resolución de la gran problemática. No obstante, la calificación tendrá un porcentaje de la nota perteneciente a lo elaborado personalmente (30%), mientras que el resto a lo producido de manera colaborativa (70%). La nota final de Trabajo ABP será el promedio de todos los calificativos obtenidos en cada una de las unidades.

➤ Prácticas calificadas (15% de la nota final)

Las prácticas calificadas son evaluaciones individuales con preguntas de desarrollo, en las cuales el estudiante aborda cuestiones tratadas en el curso. Si el cálculo de la nota da un total con decimales, esta debe redondearse al entero más próximo. Si el primer decimal es menor de 5, se eliminan los decimales. Si un alumno no asiste a una práctica calificada, se le coloca faltar (F). No se realizarán prácticas calificadas de rezagados, aplazados, ni pruebas sustitutorias. Los promedios de prácticas se calculan con aproximación hasta las décimas. Cualquiera sea la cifra de las centésimas, no se tomará en cuenta.

La nota final del curso se expresa solo en números enteros. Si el cálculo de la nota final da un total con decimales, debe convertirse esa cifra a enteros (se añade un punto a la nota si el primer decimal es cinco o más; se elimina el decimal si es menor de 5). La nota final del curso se calculará utilizando la fórmula que a continuación se detalla. En ella se usa la siguiente nomenclatura:

N_f : nota final

EX 's : promedio de los dos exámenes

PC 's : promedio de prácticas calificadas (4 en total)

ABP 's : promedio de los trabajos presentados en las sesiones ABP

$$N_f = \frac{6 \text{ ABP's} + 2.5 \text{ EX's} + 1.5 \text{ PC's}}{10}$$

Para los alumnos que rindan el examen especial, este reemplazará el examen al cual el alumno faltó según los artículos 5° y 41° del Sistema de Evaluación de Estudios Generales Ciencias.

San Miguel, julio de 2024

3.5.1.2 Sílabo de FIS1

PROGRAMA ANALÍTICO

CURSO : **Física 1 (FIS1)**
 CLAVE : 1FIS02
 TIPO : OBLIGATORIO PARA TODAS LAS ESPECIALIDADES
 CRÉDITOS : 4.50
 HORAS DE:
 TEORÍA : 4 SEMANALES
 PRÁCT. CALIFICADA : 2 MENSUALES
 PRÁCT. DIRIGIDA : 2 MENSUALES
 REQUISITOS : 1FIS01, [1MAT06], [1FIS03]
 SEMESTRE : 2024-1

I. Competencias

Competencia ^[1]	Resultados de aprendizaje
El estudiante se desenvuelve con responsabilidad e iniciativa en su aprendizaje al planificar sus actividades en función de sus objetivos y metas académicas. Además, verifica que su producción sea coherente e identifica sus aciertos y errores sobre la base de la retroalimentación de profesores o compañeros.	Trabaja autónomamente en el planteamiento de una solución para una problemática científica
El estudiante analiza un problema identificando sus variables significativas y las representa mediante modelos lógicos, matemáticos o gráficos. Estructura, formula y aplica procedimientos acordes a su análisis para, finalmente, interpretar los resultados sobre la base del sentido común, el contexto y la eficiencia de la solución propuesta.	Resuelve problemas de índole física-matemática utilizando las leyes y teorías científicas correspondientes
El estudiante identifica su rol dentro de un equipo. Planifica actividades en función de las metas establecidas por él y se responsabiliza de sus propias tareas, bajo la supervisión del docente. Además, demuestra una actitud de escucha y respeto frente a las diferentes opiniones de los miembros del equipo.	Colabora conjuntamente con sus pares para la resolución de problemáticas científicas según el nivel designado

[1] Extraído directamente de PUCP (s.f.)

II. Metodología

La metodología escogida para el curso es mixta, contemplando momentos expositivos y también una metodología basada en problemas. Si bien se optará por tener una serie de clases teóricas para la revisión de conceptos, teorías y ejercicios cortos (70% del curso), el resto del tiempo será utilizado para resolver grandes problemas divididos en pequeñas partes que en su totalidad puedan dar solución a la cuestión en conjunto. Durante estas lecciones (denominadas "Sesiones ABP"), los estudiantes trabajarán primero individualmente para verificar su entendimiento de lo estudiado previamente, para luego pasar a un espacio colaborativo en el

que puedan reunir sus hallazgos y encontrar una respuesta a la parte del problema fijado para dicha fecha. Esta dinámica se repetirá durante todo el semestre, mientras que los grandes problemas serán resueltos y completados a través de cada una de las unidades del curso. Tanto en las clases teóricas como las de resolución de problemas, se propiciará un diálogo multidireccional entre todos los actores involucrados, velando por que el alumno sea el centro del aprendizaje en todo momento, mientras que el docente y los jefes de práctica cumplirán un rol guía y de tutor.

III. Sumilla

Se estudia de manera teórico-práctica la mecánica de la partícula y de los sistemas de partículas desarrollando la capacidad del alumno para aplicar sus conocimientos de matemáticas en la resolución de problemas de ingeniería utilizando un pensamiento crítico y la actitud para enfrentar problemas complejos. La mecánica de la partícula comprende tanto su estudio cinemático como dinámico. Se enfatiza en estas capacidades que fortalecen las competencias de aprender a aprender; luego, se procede a estudiar los métodos basados en los conceptos de trabajo y energía como una alternativa a las leyes de Newton para la descripción y estudio del movimiento. La mecánica de los sistemas de partículas comprende el uso de los principios de conservación de momento lineal, de energía y de momento angular para el estudio de la interacción de dos o más partículas, considerando inclusive el caso en que las partículas no cambian su posición relativa entre ellas (sólido rígido).

IV. Descripción del programa

CAPÍTULO 1. Cinemática de una partícula (16 horas)

Sistema de referencia. Vector posición. Ley de movimiento: ley horaria y trayectoria. Vector desplazamiento. Movimiento rectilíneo. Determinación de la velocidad instantánea a partir de la velocidad media y de la aceleración instantánea a partir de la aceleración media. Determinación del desplazamiento a partir del gráfico v_x-t y del cambio de velocidad a partir del gráfico a_x-t . Vector velocidad. Vector aceleración: constante y variable en el tiempo. Movimiento de proyectiles. Posición, velocidad y aceleración angular. Movimiento circular uniforme. Movimiento circular uniformemente variado. Cálculo del vector aceleración. Movimiento circular general (con aceleración angular variable en el tiempo). Componente tangencial y normal de la aceleración en un movimiento curvilíneo. Radio de curvatura. Movimiento relativo de traslación uniforme (relatividad de Galileo).

CAPÍTULO 2. Dinámica de la partícula (10 horas)

Concepto de fuerza. Tres Leyes de Newton. Sistema de referencia inercial. Ley de Gravitación Universal, cálculo de la aceleración de la gravedad. Diagrama de cuerpo libre. Dinámica con fricción (con fuerza variable en el tiempo). Dinámica del movimiento circular. Componente tangencial y normal de la fuerza (fuerza centrípeta). Dinámica del movimiento relativo. Sistema de referencia no inercial. Fuerza de arrastre en traslación.

CAPÍTULO 3. Trabajo y energía (8 horas)

Trabajo de una fuerza constante o variable con la posición (trayectoria rectilínea y curva). Fuerza elástica. Definición de energía. Energía cinética. Teorema del trabajo y la energía cinética. Fuerzas conservativas. Cálculo de la energía potencial (gravitatoria y elástica) a partir de la fuerza. Conservación de la energía mecánica total. Cálculo de la fuerza a partir de la energía potencial. Fuerzas no conservativas. Cambio en la energía mecánica para fuerzas no conservativas.

CAPÍTULO 4. Sistema de partículas (14 horas)

Centro de masa. Momento lineal de una partícula y su conservación. Impulso. Momento lineal de un sistema de partículas. Segunda ley de Newton para un sistema de partículas. Conservación del momento lineal para un sistema de partículas. Energía cinética de un sistema de partículas. Energía mecánica de un sistema de partículas. Colisiones entre dos partículas. Choques elástico, plástico e inelástico. Choques en dos dimensiones. Torque o momento de una fuerza. Definición de momento angular. Conservación del momento angular para una partícula. Cálculo del momento angular en el movimiento rectilíneo y circular uniforme. Definición de momento de inercia. Conservación del momento angular para el caso de fuerzas centrales. Momento angular de un sistema de partículas. Torque de un sistema de partículas. Cambio del momento angular debido al torque externo. Conservación del momento angular de un sistema de partículas. El problema de los patinadores.

CAPÍTULO 5. Dinámica del sólido rígido (8 horas)

Dinámica de rotación y traslación de un sólido rígido. Momento de inercia de un sólido rígido. Teorema de los ejes paralelos (Teorema de Steiner). Cálculo del momento angular para un sólido rígido que rota respecto a un eje fijo. Ecuación de movimiento de la rotación de un sólido rígido. Dinámica de la rodadura pura. Conservación del momento angular de un sólido rígido. Energía cinética de rotación. Conservación de la energía mecánica de un sólido rígido. Equilibrio del sólido rígido.

V. Bibliografía

SEARS, Francis W., Mark W. Zemansky, Hugh D. Young y Roger Freedman

2009 *Física Universitaria*. Vol. 1. Decimosegunda edición. México D.F.: Pearson.

SERWAY, Raymond y John Jewett
2008 *Física para ciencias e ingeniería*. Vol. 1. Séptima edición. México D.F.: Cengage Learning.

MEDINA, Hugo
2010 *Física 1*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial.

PIAGGIO, Miguel

1998 *Física con ejercicios*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial.

RESNICK, Robert, David Halliday y Kenneth Krane

2005 *Física*. Vol. 1. Quinta edición. México D.F.: CECSA.

TIPLER, Paul A. y Gene Mosca

2010 *Física*. Vol. 1. Sexta edición. Barcelona: Reverté.

VI. Sistema de evaluación

La evaluación del curso comprende prácticas calificadas, exámenes y el trabajo de las sesiones ABP.

➤ Exámenes (mitad y final de ciclo) (25 % de la nota final)

Son pruebas aplicadas a mitad del semestre académico y a la finalización del mismo, según el rol publicado por la Secretaría Académica de la Unidad. Abarca todo lo desarrollado en el curso hasta ese momento.

➤ Trabajo ABP (60 % de la nota final)

Deberá entregarse un portafolio de evidencias que reúna todos los trabajos individuales y grupales realizados al finalizar cada unidad para la resolución de la gran problemática. No obstante, la calificación tendrá un porcentaje de la nota perteneciente a lo elaborado personalmente (30%), mientras que el resto a lo producido de manera colaborativa (70%). La nota final de Trabajo ABP será el promedio de todos los calificativos obtenidos en cada una de las unidades.

➤ Prácticas calificadas (15 % de la nota final)

Las prácticas calificadas son evaluaciones individuales con preguntas de desarrollo, en las cuales el estudiante aborda cuestiones tratadas en el curso. Si el cálculo de la nota da un total con decimales, esta debe redondearse al entero más próximo. Si el primer decimal es menor de 5, se eliminan los decimales. Si un alumno no asiste a una práctica calificada, se le coloca faltó (F). No se realizarán prácticas calificadas de rezagados, aplazados, ni sustitutorias. Los promedios de prácticas se calculan con aproximación hasta las décimas. Cualquiera sea la cifra de las centésimas, no se tomará en cuenta.

La nota final del curso se expresa solo en números enteros. Si el cálculo de la nota final da un total con decimales, debe convertirse esa cifra a enteros (se añade un punto a la nota si el primer decimal es cinco o más; se elimina el decimal si es menor de 5). La nota final del curso se calculará utilizando la fórmula que a continuación se detalla. En ella se usa la siguiente nomenclatura:

N_f : nota final

EX 's : promedio de los dos exámenes

PC 's : promedio de prácticas calificadas (4 en total)

ABP 's : promedio de los trabajos presentados en las sesiones ABP

$$N_f = \frac{6 \text{ ABP's} + 2.5 \text{ EX's} + 1.5 \text{ PC's}}{10}$$

Para los alumnos que rindan el examen especial, este reemplazará el examen al cual el alumno faltó según los artículos 5° y 41° del Sistema de Evaluación de Estudios Generales Ciencias.

San Miguel, julio de 2024

3.5.2 Propuesta metodológica

El ABP en estos cursos de Física girará en torno a una pregunta clave por unidad para cada curso. En dicho sentido, se desarrollarán los temas con la finalidad de encontrar la solución a alguna problemática al término de cada una de las unidades. Independientemente de su duración, durante estas semanas se buscará consolidar los contenidos teóricos, mientras que los prácticos serán fortalecidos a través de la pregunta; por lo que en cada sesión por separado se abordará progresivamente un aspecto de la cuestión hasta poder darla por concluida, como uniendo piezas de un rompecabezas formando una figura completa. No obstante, es debido recordar que esta planeación deberá adaptarse a las necesidades de cada materia, puesto que debido al creditaje, hay variaciones entre ambas. En términos totales del semestre, FFIS contará, con 48 horas teóricas, 16 horas prácticas y 6 de exámenes, mientras que FIS1 con 64 horas teóricas, 16 de prácticas y 6 de exámenes (Estudios Generales Ciencias, 2024).

Al existir esta diferencia, no es posible establecer una misma estructura de trabajo para ambos cursos, por lo que en relación al manejo del tiempo, la **Tabla 7** aclara cada una de las partes, tanto del espacio designado a nivel macro como durante las sesiones. Es debido igualmente recalcar que en Física 1 la dinámica podrá variar semana a semana a como se tiene estipulado, dado que al contar con 2 sesiones teóricas, en algunas ocasiones se designará 1 hora y media para el repaso conceptual, y el restante para el trabajo con problemas, mientras que en otras ocasiones - dependiendo del tema, se preferirá tener una clase completa de teoría, y la segunda clase optar por dividir las actividades como se muestra en la tabla.

Igualmente, es pertinente explicar a qué se le denomina “Sesión ABP”. Aunque surge como un término propio al abreviar la idea general de trabajo personal y colaborativo basado en problemas, para los efectos de este proyecto se ha optado por darle aquel nombre y englobar todas aquellas tareas designadas para la búsqueda de una solución a la problemática/pregunta clave por unidad. De esta manera, las sesiones ABP ocuparán cierto tiempo en clase semana a semana, y en ocasiones, también parte de las originalmente programadas como horas prácticas, compartiendo dicho espacio con las tradicionales evaluaciones calificadas.

Tabla 7*Descripción de la propuesta del uso de las horas lectivas según el curso*

Curso	Horas teóricas (semanal)	Horas prácticas (quincenal)	Horas de examen (semestral)
Actual	1 clase de 3 horas (16 clases)	1 práctica de 2 horas (5 prácticas)	2 exámenes de 3 horas
FFIS Nuevo	2 horas de exposición teórica y 1 hora de Sesión ABP	4 prácticas calificadas de 2 horas y 1 Sesión ABP de 2 horas	2 exámenes de 3 horas
Actual	2 clases de 2 horas (32 clases)	1 práctica calificada y 1 práctica dirigida quincenal (8 prácticas)	2 exámenes de 3 horas
FIS1 Nuevo	3 horas de exposición teórica y 1 hora de Sesión ABP	4 prácticas calificadas de 2 horas y 4 sesiones ABP de 2 horas	2 exámenes de 3 horas

Nota. Elaboración propia basada en Estudios Generales Ciencias (2024).

Teniendo en consideración esta disposición, es que se puede establecer que en FIS1 habrá un mayor desarrollo del ABP (debido al mayor creditaje), ocupando 28 horas en total durante el ciclo, mientras que en FFIS solo se designarán 24 horas. Al momento de implementar cada propuesta, es igualmente necesario especificar cómo se trabajará en cada clase teórica/práctica, tanto en relación con los papeles que cumplen los actores y con las actividades que se ejecutan. La **Tabla 8** brinda un alcance más preciso al respecto y que es aplicable para ambos cursos. Es debido recordar que durante las prácticas calificadas y los exámenes se mantendrá la dinámica tradicional de trabajo personal sin una asesoría extensa, aunque el jefe de práctica puede resolver pequeñas dudas. Este mismo será el encargado de corregir los distintos productos (a excepción de la evaluación parcial y final) a lo largo del semestre tal que el docente no se sobrecargue de deberes. Posteriormente se profundizará en más de las labores de corrección en relación al trabajo de las sesiones ABP encargadas solo para los asistentes de docencia.

Tabla 8*Papeles de los actores en cada una de los tipos de sesiones*

	Sesión teórica		Sesión ABP (Horas de Práctica)
	Exposición teórica	Sesión ABP	
Docente	-Guía la recuperación de saberes previos -Expone de manera dialogada la teoría -Incita a los alumnos a involucrarse en clase	-Supervisa el trabajo grupal e individual - planteamiento y ejecución -Retroalimenta los resultados obtenidos	No está presente
Jefe de Práctica	No está presente	No está presente	-Supervisa el trabajo -Asesora la resolución de problemas individuales y grupales - ejecución -Retroalimenta los resultados obtenidos
Alumno	-Participa en las actividades propuestas	Plantea y ejecuta una solución a los problemas asignados personal o colaborativamente	Plantea y ejecuta una solución a los problemas asignados personal o colaborativamente

Nota. Elaboración propia

Una cuestión paradójica (frente a lo criticado anteriormente) es que no se ha prescindido de un espacio de asimilación teórica, mayoritariamente conducido por el docente, como ha venido sucediendo según lo que el proceso de indagación encontró. En dicho sentido, la ruptura del esquema previo viene a raíz de que no se pretende que aquel tiempo sea utilizado como solía ocurrir; por ejemplo, con un docente escribiendo indefinidamente fórmulas en las pizarras o comentando diapositivas, sino que las sesiones teóricas se tornen en un diálogo participativo.

Para los efectos esperados, sería deseable tener la posibilidad de contar con carpetas móviles para formar varias hileras en media luna y que los alumnos se concentren progresivamente alrededor de la pizarra y proyector, ello con la finalidad de que al dialogar todos se encuentren cerca entre sí. No obstante, las aulas de la

unidad son escalonadas y estáticas, además de que usualmente rondan los 60 estudiantes por clase, por lo que sería irreal plasmar esta alternativa. Como respuesta ante ello, aunque no sea posible modificar los espacios, sí resulta factible agrupar a los estudiantes en diferentes rincones del salón para que durante el tiempo de trabajo grupal, puedan encontrarse separadamente en aquel espacio.

En relación a los grupos, estos serán conformados de manera aleatoria por el docente en la primera sesión del curso, y se cambiarán a través de cada unidad, contando con un mínimo de 3 integrantes, y un máximo de 4. A propósito de la mención al trabajo colaborativo, es igualmente importante comentar respecto a cómo surgirá la división de tareas entre aquellas designadas para resolver en solitario y en grupo. Es más sencillo dilucidar esta cuestión en relación a un ejemplo detallado de problema, por lo que las **Tablas 9 y 10** evidencian su correcto entendimiento en FFIS y FIS1 (una descripción más precisa de los eventos descritos de cada tabla se encuentran en las **Fichas 1 y 2**). En la sección de **recursos** se completa cada uno de estos problemas con distintos recursos correspondientes, así como en la sección del desarrollo de unidades, una más precisa calendarización de cada aspecto. En adición a la secuencia didáctica de la **Figura 10**, estos pasos podrán verse adaptados según se trabaje de manera individual o colectiva, puesto que el paso 2 de lluvia de ideas cobra un giro distinto al realizarse en compañía.

De igual forma, estos problemas no tienen un carácter estático, sino que pueden ser adaptados semestre a semestre según la voluntad de cada docente y sus preferencias en cuanto al contexto de las preguntas; siempre, respetando el carácter real, útil y verídico. En dicho sentido, cada profesor puede conducir los problemas hacia cierto rumbo, tal como los ejemplos de las **Tablas 9 y 10** lo son en relación a la mecánica de vehículos. No se pretende que se repitan los casos dado que existe una alta probabilidad de copia a través de los ciclos, aunque dicha decisión queda totalmente en manos del equipo de coordinación de los cursos.

Un aspecto no contemplado hasta el momento es cómo la resolución de estas preguntas podrá permitir combatir al aprendizaje memorístico en aras de construir A.S. En dicho sentido, el problema de la **Tabla 9** de las trayectorias del avión y de los choques automovilísticos de la **Tabla 10**, parten ambos de

situaciones no solo reales, sino en el que para su entendimiento fue necesario un análisis similar al planteado para los alumnos (salvando las diferencias del caso y de nivel, claramente). Este carácter brinda no solo motivación pero también igualmente aporta en el empoderamiento, al hacerle saber al alumno que en una estancia temprana de su carrera está trabajando con problemáticas complejas, brindándoles confianza en su proceso de aprendizaje (Ardisana y Fidel, 2012). No obstante, el verdadero motivo recae en el constante trabajo que se viene desarrollando. En la indagación se advirtió que aunque se desarrollan clases con ejercicios en el aula, este proceso no es supervisado minuciosamente ni el principal foco de interés.

Para este caso, el acompañamiento del docente y del jefe de práctica será crucial, por lo que se pueda asegurar que todas las partes puedan elaborarse sin complicaciones, debido a que es necesario que el grupo completo colabore para llevar a cabo la actividad correctamente. En esta primera instancia, se puede asegurar que en la clase habrá un mínimo de conocimientos reforzados categóricamente por sesión, además de que no habiendo ninguna restricción de utilización de materiales, no será necesario que se memoricen fórmulas o procesos, sino que el foco sea el entendimiento de la base del problema. Si se cumple este cometido, no solo será posible su reproducción en otro escenario (que es lo que ya venía sucediendo), sino que bajo condiciones distintas y otras perspectivas también se verá fortalecida la lluvia de ideas basadas en las condiciones encontradas.

En conclusión, sumados todos estos factores es que se deja de apartado el aprendizaje por repetición, dando pie a que se construya, sesión a sesión, un A.S. No obstante, esto no asegura el cumplimiento del mismo. En relación a una posible vía de verificación de esta idea, serán las prácticas calificadas y los exámenes las herramientas precisas. Sin ahondar en demasía en lo que concierne a las evaluaciones escritas, las mismas tendrán un carácter y visión completamente reformado. No se pretende establecer ejercicios típicos que solo modifican valores de problemas pasados pero que siguen el mismo procedimiento, sino que se procurará incluir situaciones reales, verídicas y útiles (tal como los problemas de las Sesiones ABP) - que al cumplir estas condiciones pueden aportar al A.S. De esta manera, el estudiante podrá explicar fenómenos y dar solución a pequeñas interrogantes, siendo lo más importante el razonamiento y entendimiento del

contexto, mas no la ejecución pura de un cálculo (pero sí el planteamiento matemático). Así, en base a los grandes problemas por unidades se puede abstraer la forma de pensar hacia un escenario diferente, y tener la capacidad de dar respuesta sin importar qué criterios se establezcan.

Otro criterio a considerar es lo presentado en relación a la taxonomía del concepto de A.S. por Fink (2013) en el **Capítulo I**. En retrospectiva, la metodología permite ser aplicada en un contexto que fomenta la integración del grupo, que sin centrarse en los resultados, siempre hace más énfasis en los momentos de aprendizaje y su proceso. Posteriormente se profundizará lo relacionado a la dimensión humana (reflexión, autoevaluación y coevaluación), pero sumado a los distintos canales e instancias de motivación que se promueven, terminan de complementar los aspectos de la taxonomía del concepto que pueden velar por un correcto desarrollo y consecución de los A.S.

Finalmente, parte de la metodología incluye la utilización de recursos tecnológicos para potenciar todos los aspectos de la resolución de problemas. En el **Capítulo I** fue mencionado que era posible combinar esta adaptación de ABP junto a la gamificación, por ejemplo, y dicha idea cobra más relevancia al haber explorado la poca atención que muchas veces se presta en las sesiones. Aunque no es prioridad establecer dinámicas lúdicas siempre, al estar trabajando en equipos, alimentar una sana competencia por ver quienes obtuvieron mejores resultados mediante recursos como *Kahoot!* o *Quizizz* es una potencial alternativa a explorar. De igual manera, si se desea enseñar la secuencia didáctica que deben tomar los alumnos al resolver, durante el paso de “lluvia de ideas”, la plataforma de *Mentimeter* permite organizar correctamente las diferentes participaciones de los presentes. Finalmente, no se debe descartar que contar con apoyo de software especializado, en especial *PhET* (University of Colorado Boulder, 2024) (animaciones de conceptos básicos de física) y *Wolfram Mathematica* (programa especializado en cálculos simbólicos y la producción de gráficas).

Tabla 9

Ejemplo de problema detallado a ser resuelto en una unidad para FFIS

Unidad: Cinemática de la partícula			Pregunta clave de la unidad
Semana	Tema ABP	Trabajo	<i>¿Qué sucedió con el vuelo 1549 de US Airways?: un caso de análisis de trayectorias</i>
1 (1 hora)	Trayectorias	Personal	Cada alumno establece los vectores desplazamiento de la trayectoria en una mapa a escala impreso con una cuadrícula según la lectura asignada del caso
		Colaborativo	En grupo, generan la trayectoria completa del avión a escala. Trazan en conjunto otras posibilidades de rutas del avión utilizando nuevos vectores.
2 (1 hora)	Despegue y velocidades	Personal	Cada alumno individualmente analiza el movimiento del avión en la pista de aterrizaje. Explora distintas velocidad para el despegue en relación al tipo de aeronave según las lecturas
		Colaborativo	En grupo, se establecen las leyes de movimiento y velocidad del cuerpo para el despegue y las distintas zonas de la trayectoria previa al impacto
3 (1 hora)	Aceleración y gráficas	Personal	Cada alumno calcula los cambios de aceleración y esboza la gráfica de posición-tiempo. Plantea las distintas fórmulas de MRUV y algunos valores claves de la trayectoria.
		Colaborativo	En grupo se elaboran a escala las gráficas de velocidad-tiempo y aceleración-tiempo para todo el vuelo del avión previo al impacto.
4 (1 hora)	Impacto y caída libre	Personal	Cada alumno analiza independientemente el movimiento de las aves previas al impacto. Se grafica una hipotética trayectoria y velocidad de impacto para distintos tipos de aves.

		Colaborativo	Se estudia la caída libre de las partes luego del impacto. Ley de movimiento y gráfica posición (vertical)-tiempo. Se crea una gráfica completa con valores exactos de la trayectoria de ambos cuerpos hasta después del impacto.
5 (1 hora)	Amerizaje	Personal	Cada alumno por separado traza distintas trayectorias según la velocidad inicial del avión. Explora un distinto posible escenario de amerizaje o choque a elección.
		Colaborativo	Análisis de leyes de movimiento según el movimiento parabólico y el alcance en el mapa en conjunto. Se esboza el movimiento completo del avión desde el despegue hasta el amerizaje.
Sesión ABP (2 horas)	Exposición final	Colaborativo	Exposición breve de cada grupo (5 minutos por equipo + preguntas). Se presentan los distintos productos elaborados durante las semanas unificados.

Nota. Elaboración propia basada en Marra et al. (2009)

Tabla 10

Ejemplo de problema detallado a ser resuelto en una unidad para FIS1

Unidad: Sistema de partículas			Pregunta clave de la unidad
Semana	Tema ABP	Trabajo	<i>¿Qué sucede en un choque de alta velocidad?: el accidente de Guanyu Zhou en el Gran Premio de Gran Bretaña de 2022 de la Fórmula 1</i>
1 (1 hora)	Automóviles: dinámica, centros de masa y momento	Personal	Cada alumno estudia la dinámica de un automóvil. Realiza el DCL en un circuito según las pendientes, rectas y curvas con pendientes transversales. Aplica 2da Ley de Newton para los casos.

	lineal	Colaborativo	En grupo, analizan la información conjuntamente para establecer una comparativa entre los vehículos. Calculan los valores para los carros involucrados en el caso de estudio
2 (1 hora)	Automóviles: Fuerzas y Energía	Personal	Cada alumno elige un automóvil de Fórmula 1 histórico diferente para analizar su centro de masa, velocidad máxima y momento lineal según una lectura.
		Colaborativo	En grupo, se analiza la energía presente en distintos momentos del circuito y de la carrera, según los automóviles del caso asignado.
Sesión ABP (2 horas)	Accidentes en carrera: colisiones	Personal	Cada alumno analiza un choque distinto histórico del automovilismo. Se observa qué sucede con el momento lineal y el tipo de choque.
		Colaborativo	En grupo, se utiliza la información recolectada para comprender un choque de mayor complejidad (caso de estudio). Se analizan todos los valores y se reproduce el impacto mediante ilustraciones.
3 (1 hora)	Accidentes en carrera: momento angular	Personal	Cada alumno, en continuación a lo trabajado la sesión pasada analiza el giro de los automóviles posterior a los choques. Cálculo del momento angular y torque
		Colaborativo	En grupo, analizan el movimiento y giro del automóvil de Guanyu Zhou. Estudio de la dinámica del movimiento según los criterios
Sesión ABP (2 horas)	Exposición final	Colaborativo	Exposición breve de cada grupo (5 minutos por equipo + preguntas). Se presentan los distintos productos elaborados durante las semanas unificados.

Nota. Elaboración propia basada en Chandra et al. (2011) y F1 Technical (2024)

3.5.3 Propuesta de evaluación

En relación a los distintos aspectos de la evaluación, es preciso comentar que se ha optado por una reformulación parcial de las evidencias y sus respectivos instrumentos. No obstante, como cada uno de ellos guarda relación con las competencias y resultados de aprendizaje, las **Tablas 11 y 12** detallan cada uno de estos criterios. Es debido recalcar que los resultados de aprendizaje han sido redactados especialmente para la propuesta, y que las mencionadas competencias son extraídas directamente del perfil de egreso de la unidad de EEGGCC, por lo que serán únicamente de carácter genérico - y no relacionadas a las diversas carreras, puesto que cada una difiere en las perspectivas específicas que promueven. De la misma manera, ambos cursos compartirán la misma propuesta evaluativa, por lo que todo lo presentado en este acápite tiene validez para las dos materias.

Tabla 11

Competencias genéricas

Competencias genéricas	RA
El estudiante se desenvuelve con responsabilidad e iniciativa en su aprendizaje al planificar sus actividades en función de sus objetivos y metas académicas. Además, verifica que su producción sea coherente e identifica sus aciertos y errores sobre la base de la retroalimentación de profesores o compañeros.	RA1
El estudiante analiza un problema identificando sus variables significativas y las representa mediante modelos lógicos, matemáticos o gráficos. Estructura, formula y aplica procedimientos acordes a su análisis para, finalmente, interpretar los resultados sobre la base del sentido común, el contexto y la eficiencia de la solución propuesta.	RA2
El estudiante identifica su rol dentro de un equipo. Planifica actividades en función de las metas establecidas por él y se responsabiliza de sus propias tareas, bajo la supervisión del docente. Además, demuestra una actitud de escucha y respeto frente a las diferentes opiniones de los miembros del equipo.	RA3

Nota. Elaboración basada en EEGGCC (s.f.).

Ahora, centrándose principalmente en las evidencias que conformarán el sistema de evaluación del curso, la **Tabla 13** explica cómo se relacionan los mencionados resultados de aprendizaje con los productos a elaborar y sus

correspondientes instrumentos de evaluación. En este caso se ha optado por dos diferentes evidencias al contrario del pasado, en el que si bien existía cierta distinción entre los productos, es posible considerar tanto a las prácticas calificadas y a los exámenes como tipos de evaluaciones escritas que aprovechan las bondades de su instrumento; es decir, los cuestionarios. Es por ello que ahora se agrupan bajo una misma terminología (aunque con diferente peso en la fórmula) y se añade al continuo trabajo con problemas como la actividad central del curso (lo cual es coherente con la metodología y el tiempo que se le designa a estas tareas).

Tabla 12

Resultados de aprendizaje

Resultados de Aprendizaje (RA)	
RA1	Trabaja autónomamente y de manera organizada en el planteamiento de una solución para una problemática científica
RA2	Resuelve problemas de índole física-matemática utilizando las leyes y teorías científicas correspondientes y analiza los resultados
RA3	Colabora conjuntamente con sus pares para la resolución de problemáticas científicas según el nivel designado y comunica sus hallazgos

Nota. Elaboración propia

La elección de utilizar un portafolio para recopilar los distintos avances realizados sesión a sesión se presentó como la mejor opción, puesto que a diferencia de un informe escrito que se enfocaría principalmente en los resultados, la propuesta vela por supervisar los procesos de trabajo individual y grupal que se va elaborando con el paso del tiempo. En aras de organizar dichas actividades escritas cronológicamente y agruparlas en una sola carpeta, el portafolio será de carácter de cotejo, tal que anexando cada producto se pueda verificar un correcto funcionamiento de las actividades planteadas (Sancho, 2012). Otro motivo para optar por el portafolio de evidencias recae en su relación con el A.S., que tras recurrir a la literatura y antecedentes exitosos en la construcción del mismo, concluyen que una herramienta de evaluación continua y formativa como el portafolio permite desligarse parcialmente de la presión de un calificativo (como viene sucediendo anteriormente) (Aguilar, 2007). Por otra parte, admite al estudiante la posibilidad de mejorar clase a clase (y monitorear este avance), viendo cómo es

que las teorías y fórmulas quedan grabadas en la mente del mismo a raíz del trabajo y no debido a la memorización y repetición (puesto que deberá haberse completado cada paso del problema para poder realizar el siguiente con éxito).

Tabla 13

Sistema de evaluación del curso

Relación con RA	Evidencia (%)	Descripción	Instrumento
RA1, RA2, RA3	Elabora un portafolio grupal para la soluciones de problemáticas complejas (60% - promedio de los 5 trabajos)	El portafolio grupal tiene como objetivo presentar los hallazgos encontrados durante las horas de trabajo en clase y las sesiones ABP, para cada unidad. Se verán las evidencias recolectadas a través del tiempo, tanto las elaboradas individual como grupalmente.	Escala de estimación
RA1, RA2	Resuelve una evaluación escrita: 4 prácticas y 2 exámenes (40% - promedio de PC's: 15% y promedio de EX's: 25%)	Las evaluaciones tienen como objetivo hacer una revisión general de los contenidos correspondientes a las unidades. El alumno, de manera individual en el aula de clases, en un tiempo de 2 horas (para las prácticas) o 3 horas (para los exámenes), responderá en un cuadernillo la lista de preguntas que se le ha adjuntado.	Cuestionario

Nota. Elaboración propia

Habiendo explicado este apartado, recapitulando el sistema de evaluación, la nota del portafolio contará con un porcentaje proveniente del trabajo individual, y otro del grupal (lo que en conjunto otorgará un calificativo promedio por cada unidad, y que será diferente entre todos los miembros del grupo). La parte grupal será evaluada al finalizar la unidad con la exposición y la presentación del portafolio, y será equitativa para todos los integrantes del equipo (siendo 14 de los 20 puntos totales), mientras que la parte individual se otorgará cada vez que haya tareas personales, y esos 6 puntos restantes se obtendrán con el promedio de cada una de estas actividades. En conclusión, se seguirá la siguiente fórmula para obtener el

promedio final del curso, en donde NF es la nota final, ABP's es el promedio de los 5 portafolios, PC's es el promedio de las prácticas calificadas y EX's, el promedio de los exámenes escritos. Es debido recordar que cada una de estas calificaciones será truncada al primer decimal, y la nota final se redondeará al entero.

$$NF = \frac{6 \times ABP's + 1.5 PC's + 2.5 \times EX's}{10}$$

$$ABP \text{ (por unidad)} = \frac{7 \times \text{Portafolio grupal} + 3 \text{ Promedio de tareas personales}}{10}$$

Cada una de las evidencias lógicamente debe tener un instrumento que resulta igualmente coherente con lo planteado. En dicho sentido, las evaluaciones permanecen sujetas a cuestionarios como solía ocurrir (aunque las preguntas y el enfoque han de variar - se contará con menos ejercicios con ánimos de promover la reflexión y que se asemeje al trabajo en las Sesiones ABP), sin embargo, la presencia de los trabajos ABP presentan la necesidad de otras herramientas.

La escala de estimación es una idea altamente valorada en tanto permite cotejar y acreditar la consecución de distintos objetivos según variados criterios y que no dificulta la asignación de un valor numérico (Poma Huamán y Flores, 2019). En dicho caso, los jefes de práctica tendrán un trabajo simplificado puesto que sus labores serán mucho más arduas que en el pasado - en los que solamente se limitaban a corregir prácticas calificadas. Con esta propuesta sin embargo, se podrán dar muchos más alcances a los estudiantes al estar evaluándolos de manera continua y con una retroalimentación efectiva sesión a sesión. Los jefes de práctica tomarían el liderazgo para estas tareas de la revisión de portafolios aun cuando no se encuentren presentes en todas las sesiones, aunque siempre serán apoyados por los docentes para agilizar el proceso de corrección.

Un ejemplo útil para visualizar este instrumento es presentado en la **Tabla 14**, que continúa con los planteamientos del problema de la **Tabla 9** para el curso de FFIS, en este caso, para la parte grupal del calificativo del portafolio. Para las tareas personales, se apelará al criterio del jefe de práctica para asignar un valor objetivo según lo que el estudiante haya desarrollado en los problemas. En la sección de recursos es posible visualizar más de estos elementos de la evaluación como la **Tabla 15** - contraparte de la **Tabla 14** pero para FIS1 o la **Ficha 4**.

Tabla 14*Ejemplo de instrumento para la evaluación grupal del portafolio para FFIS*

Criterios de evaluación	6p.	5 p.	4 p.	3 p.	2 p.	1-0 p.
Aspectos formales y actitud <ul style="list-style-type: none"> Presenta una carpeta física organizada que incluye todos los trabajos realizados Todos los miembros del equipo trabajan con orden, responsabilidad, respeto y colaboración 						
Leyes físicas <ul style="list-style-type: none"> Plantea las leyes de movimiento y velocidad para el avión para toda la trayectoria Identifica el tiempo de vuelo, alcance y otros parámetros importantes 						
Gráficas <ul style="list-style-type: none"> Esboza correctamente las gráficas x-t, y-t, v-t y a-t para toda la trayectoria 						
Exposición <ul style="list-style-type: none"> Presenta los resultados y conclusiones de la problemática y responde a las preguntas 						

Nota. Elaboración propia

3.5.4 Propuesta de recursos

Los recursos a presentar son de especial utilidad para el proyecto y para un correcto desarrollo de los problemas. En adición a los problemas trabajados en las **Tablas 9 y 10**, es pertinente presentar diversas fichas que se entregarán a los estudiantes durante las Sesiones ABP con las instrucciones. Es por ello que las **Fichas 1 y 2** sirven como ejemplo para cada uno de los cursos en relación a los pasos a seguir en la introducción de cada unidad. Posterior a ello, se muestra la **Ficha 3** como una ayuda para dar cierre de todo lo aprendido, en el caso de FFIS. Esta ficha es uno de los productos más valiosos, puesto que representa la conclusión de los saberes compartidos. Será entregada al inicio, y se irá completando conforme se avance, tal que se puede recurrir a ella para revisar fórmulas o conceptos. Lo importante recae en que es construida por el propio estudiante, y será útil no solo en el momento, sino también en los cursos posteriores. De esta manera, no se incita a un proceso repetitivo, sino que se promueve el AS en tanto que el estudiante construye conocimientos, utilizando sus propias palabras para explicar lo entendido.

Ficha 1

Ejemplo de problema para Clase 1 de FFIS, personal y grupal

¿Qué sucedió con el vuelo 1549 de US Airways?: un caso de análisis de trayectorias

Durante esta unidad estudiaremos diversos aspectos físicos de lo sucedido el 15 de enero de 2009 con el vuelo 1549 de US Airways, que cumplía la ruta desde el Aeropuerto de LaGuardia en Nueva York, hasta la ciudad de Charlotte en Carolina del Norte, Estados Unidos. Aquel día, a los pocos segundos de haber despegado, una bandada de aves impactó al Airbus A320, destruyendo los motores por completo. Tras vivir momentos dramáticos, los pilotos optaron por llevar al avión hacia el río Hudson e intentar acuatizar allí, al no contar con la suficiente propulsión para ir de vuelta a uno de los aeropuertos cercanos. Se considera este suceso como una de las mayores hazañas de la historia de la aviación porque ninguna de las 155 personas estuvo herida de gravedad y menos, fallecida, teniendo en cuenta las graves condiciones que se sufrieron. De esta manera, analizaremos cada aspecto de la trayectoria, velocidad, aceleración y movimiento de la nave, desde su despegue hasta el amerizaje, considerando los cambios que se experimentaron y todas las posibilidades exploradas para intentar salvar a los tripulantes. Puedes visualizar esta película que recrea los hechos con gran detalle y exactitud: [SULLY: HAZAÑA EN EL HUDSON - Trailer 2 - Oficial Warner Bros. Pi...](#)

La clase de hoy será para analizar la primera parte de la trayectoria.

Las indicaciones a seguir para el trabajo personal son las siguientes:

1. Recibirás un mapa a escala de la zona del vuelo del avión
2. Lee la lectura respecto a la trayectoria del avión
3. En base a ello, esboza los vectores de desplazamiento en el mapa a escala

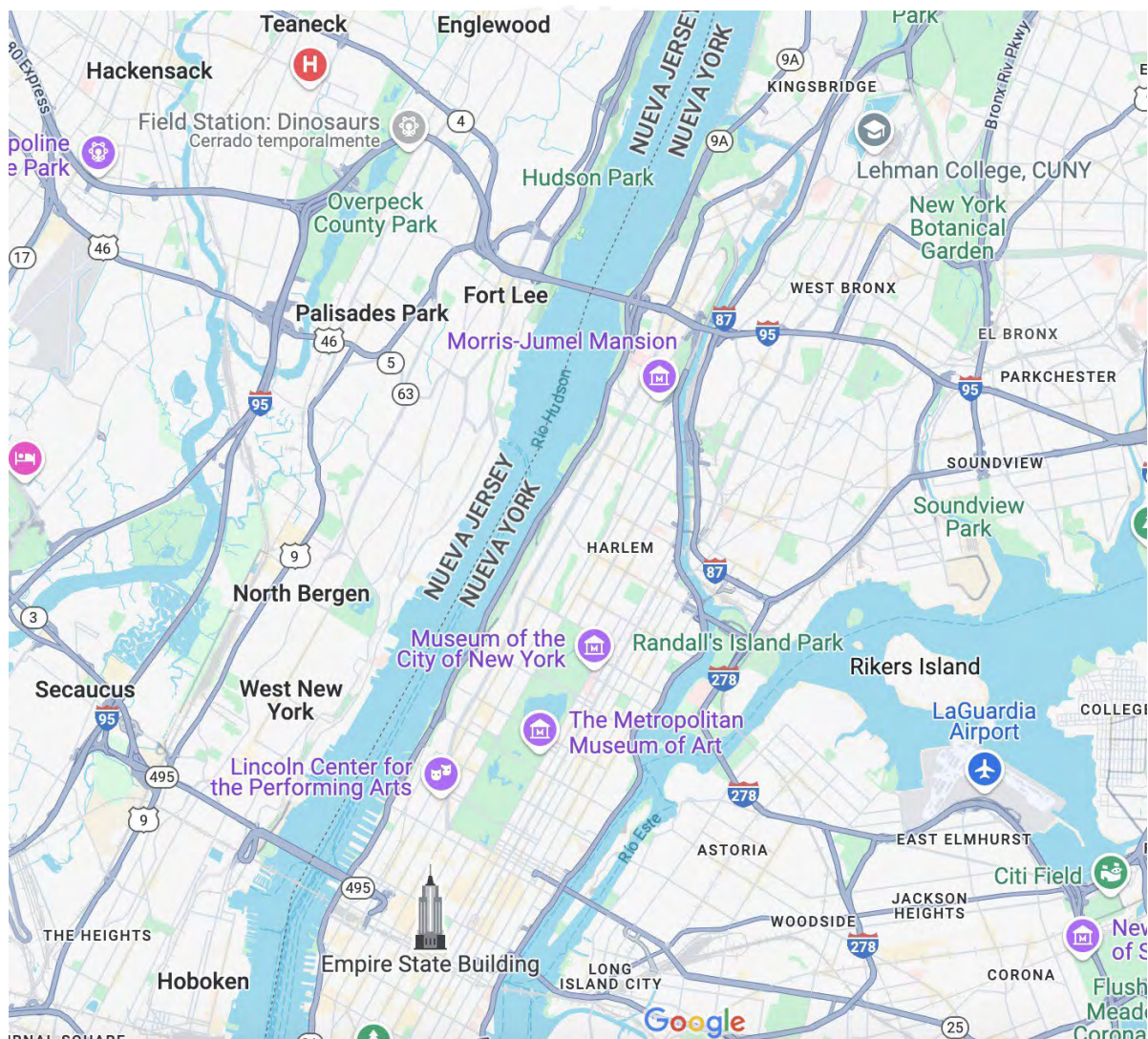
Las indicaciones a seguir para el trabajo colaborativo son las siguientes:

1. Recibirán un nuevo mapa a escala. Comparar sus respuestas y acordar en cuál es la correcta
2. Trazar a escala la versión final de la trayectoria
3. Leer la lectura respecto a las posibilidades de trayectoria del avión hacia otros aeropuertos.
4. En base a ello, esbozar los vectores de desplazamiento para estas nuevas trayectorias cumpliendo todas las condiciones

Información obtenida de: Marra, P. P., Dove, C. J., Dolbeer, R., Dahlan, N. F., Heacker, M., Whatton, J. F., ... y Henkes, G. A. (2009). Migratory Canada geese cause crash of US Airways Flight 1549. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(6), 297-301.

Lectura personal:

El vuelo 1549 parte de la pista de aterrizaje 4 del Aeropuerto de LaGuardia con dirección N7°E. Mantiene este curso por los siguientes 540 m, en donde cambia su curso a N20° por los siguientes 970 m. Llegado a este punto, gira 10 grados con dirección NO por los siguientes 609 m, en donde gira 84° SO. Este fue el punto crucial de la trayectoria, puesto que se decidió llevar el avión hacia el río y no hacia alguno de los otros aeropuertos. Con este curso se mantuvo por los siguientes 487 m, hasta girar S 30°O luego de corregir la trayectoria hacia el río Hudson. Se sobrevoló dicha zona por 365 m hasta pilotar la nave en descenso por 518 m con dirección S11°O. Para llegar al punto de impacto se volvió a corregir el curso S4°O durante los últimos 91 m.

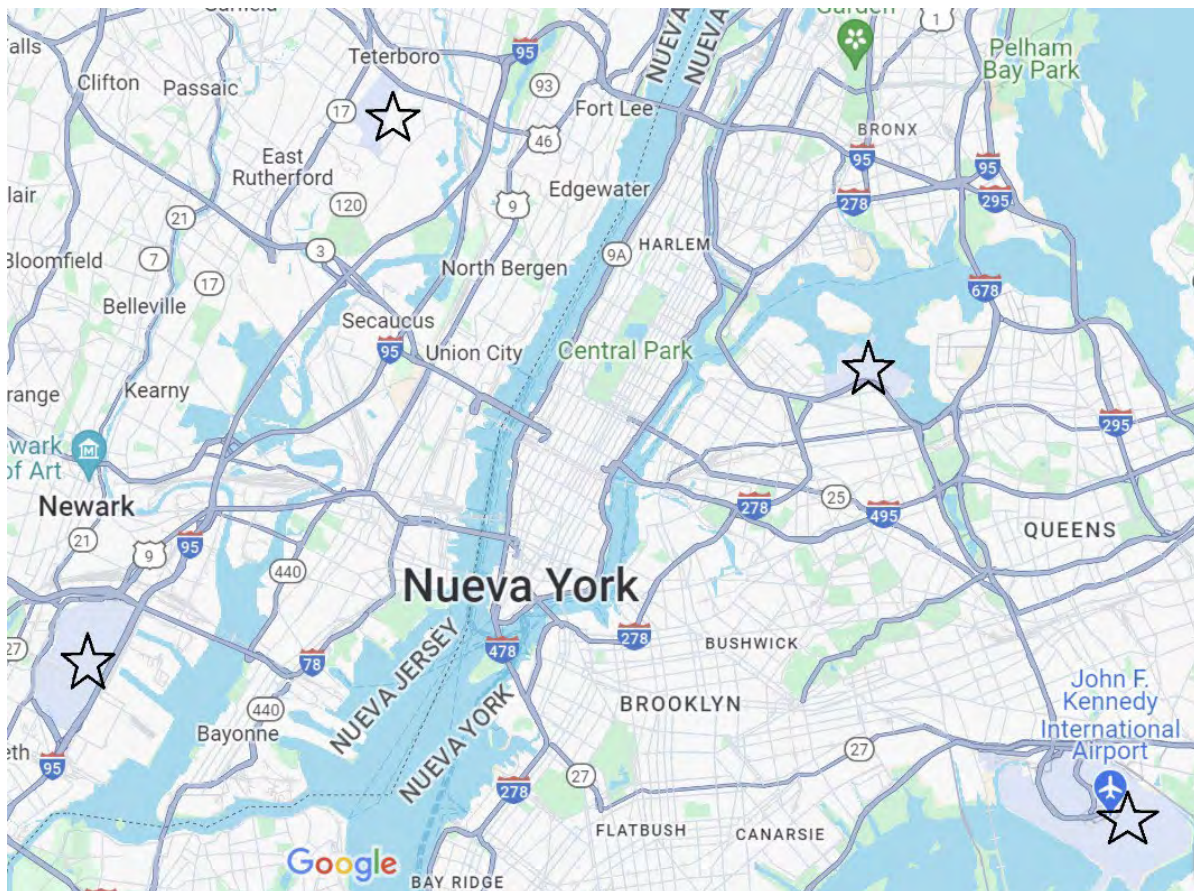


Información obtenida de: Google My Maps (2023). *US Airways 1549 Crash Flight Path Map*.

<https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1cOGa5sQKcMqAiYdiSyJcOYu3L0&hl=en&ll=40.815067841333395%2C-73.9448225&z=12>

Lectura grupal:

Luego de haber llegado al punto crucial de la trayectoria, los pilotos tomaron la decisión de llevar el avión al río, no sin antes haber hablado con distintas torres de control de los 4 principales aeropuertos de la ciudad en búsqueda de pistas de aterrizaje libres. El capitán y el copiloto hicieron los cálculos necesarios para averiguar si tenían suficiente propulsión para llegar a cualquiera de los otros aeropuertos, y aunque recibieron la conformidad de la liberación de las pistas, no fue suficiente. Una investigación posterior inicialmente mostró que sí pudo ser posible llegar a los aeropuertos, pero estudios después revelaron la inviabilidad de la propuesta, destacando aún más la decisión de la tripulación de salvar a todos los presentes al acuatizar.



Trazar un nuevo vector desplazamiento hacia los aeropuertos de Teterboro, Newark, John F. Kennedy y LaGuardia para el caso en el que sí se contara con el suficiente fuerza en los motores. Ser preciso con las magnitudes y ángulos desde la posición inicial mencionada.

Ficha 2

Ejemplo de problema para Clase 1 de FIS1, personal y grupal

¿Qué sucede en un choque de alta velocidad?: el accidente de Guanyu Zhou en el Gran Premio de Gran Bretaña de 2022 de la Fórmula 1

En el *motorsport* no resulta extraño que ocurran accidentes graves ocasionados por choques entre los distintos vehículos. Aunque se asemejan mucho a las colisiones que suceden comúnmente en las calles, la adición de una gran velocidad puede muchas veces generar escenas de terror que incluso pueden terminar en tragedias irreparables o automóviles surcando los aires. Durante esta unidad revisaremos el caso específico de los choques en Fórmula 1, el pináculo del automovilismo - al ser la categoría más prestigiosa. En el siguiente enlace se encuentran alguno de los accidentes más terroríficos sucedidos en los últimos años: **20 Times F1 Cars Went Airborne!**

Para el caso de análisis, estudiaremos lo sucedido en el Gran Premio de Gran Bretaña de 2022, carrera en la cual tras un impacto en la rueda trasera derecha del vehículo del Guanyu Zhou en la partida, el carro daría un giro de 180° para empezar a deslizar completamente volteado, hasta llegar a las barreras de seguridad, en donde dio giros aún más escalofriantes. Que el piloto haya salido ileso luego de tan peligroso incidente solo refuerza la idea de lo muy importante que resulta la seguridad en este tipo de competencias, y cómo se estudian este tipo de colisiones en aras de predecir escenarios en los cuales se vea expuesta la seguridad de los corredores. Aquí el video del suceso:

▶ Zhou Okay After Heavy Silverstone Crash | 2022 British Grand Prix

La clase de hoy será para analizar distintos valores relacionados con los automóviles de Fórmula 1, entender sus características físicas y analizar cómo los circuitos influyen en el carro.

Las indicaciones a seguir para el trabajo personal son las siguientes:

1. Recibirás una lectura con diversa información sobre un automóvil histórico diferente.
2. Traslada la información a un diagrama de cuerpo libre en el circuito indicado en la lectura.
3. Calcule el momentum lineal y centro de masa según las características del vehículo.

Las indicaciones a seguir para el trabajo colaborativo son las siguientes:

1. Comparte la información recibida de cada uno de los automóviles con el grupo
2. Establecer un cuadro comparativo para ver la evolución histórica de los distintos automóviles
3. Comentar las diferencias a lo largo de los años y cómo la física influye en la tecnología

Información obtenida de: Chandra, S., Fassmann, W., Ruoti C., ... y Bala, S. (2011). Crash Simulation of PACE Formula-1 Race Car. *Computer-Aided Design & Applications*, PACE (1), 31-46.

Lectura personal:

1) Uno de los carros más exitosos de la historia fue el **McLaren MP4/4**, utilizado en la temporada **1988** de la Fórmula 1 por los pilotos Ayrton Senna y Alain Prost de la escudería **Honda McLaren**; y su gran diseño le permitió ganar 15 de las 16 carreras del año. Durante el Gran Premio de Bélgica en el circuito de Spa-Francorchamps el equipo logró una destacada victoria, siendo algo resaltante de dicha pista la curva “*Eau Rouge*”, en donde se tiene una pendiente promedio del 6.2%. Dicho automóvil era bastante más ligero que los actuales (más de 540 kg), distribuidos especialmente en el motor de 146 kg. Con ello, el McLaren MP4/4 alcanzó una velocidad pico de 333 km/h.

2) Otro de los coches legendarios de la categoría es el **RB19**, utilizado por el equipo de **Oracle Red Bull Racing** en la temporada **2023** por los pilotos Max Verstappen y Sergio Pérez. Actualmente ostenta el récord de mayor efectividad de carreras ganadas, al haber conseguido el primer lugar del podio en 21 de las 22 competencias de dicho año. Una de las victorias destacadas de dicho auto fue en el Gran Premio de los Países Bajos en el circuito de Zandvoort, que se caracteriza porque las curvas 13 y 14 tiene una pendiente transversal de 18° de inclinación. La velocidad máxima alcanzada fue de 327 km/h para un vehículo de 789 kg, de los que se destacan 2 neumáticos delanteros de 18 kg, y dos traseros de 21 kg. El resto de la masa es distribuida mayoritariamente entre el chasis y el motor que se encuentra en la parte posterior, cuya masa es de 145 kg.

3) Otro de los vehículos de la era moderna con gran rendimiento histórico fue el **W07 Hybrid** del año **2016**, desarrollado por la escudería **Mercedes AMG-Petronas** para los pilotos Lewis Hamilton y Nico Rosberg, logrando 19 de 21 victorias en la temporada. Un triunfo importante conseguida por el equipo fue en el Gran Premio de los Estados Unidos en el Circuito de las Américas, que entre la línea de partida y la curva 1, asciende 26 metros en tan solo 309 metros. En términos de velocidad, el W07 Hybrid alcanzó en dicha carrera los 320 km/h, teniendo una masa total de 702 kg, siendo 150 kg de estos designados para el caso del motor, y 4 neumáticos de aproximadamente 20 kg cada uno .

4) Finalmente, el **F2002** de la **Scuderia Ferrari**, conducido por Michael Schumacher y Rubens Barrichello obtuvo la victoria en 15 de las 17 carreras de la temporada **2002**, siendo nuevamente uno de los rendimientos históricos más destacados. Durante el Gran Premio de los Estados Unidos de dicho año se registró una aplastante participación en el circuito de Indianápolis, que se caracteriza por su curva con pendiente transversal de 12°. El vehículo en cuestión tenía una masa de 600 kg y alcanzaba una velocidad máxima de 370 km/h con un motor de 120 kg.

Información obtenida de: F1 Technical (2024). *Database All Cars Ever*.
<https://www.f1technical.net/f1db/cars/>

Ficha 3

Ejemplo de ficha de cierre de la unidad para FFIS

Recuperación de saberes

Unidad 3: Cinemática de la partícula en una y dos dimensiones

Fenómeno	Ecuaciones /Fórmulas	Interpretación: ¿qué entendiste?	Ejemplo práctico y útil
MRU	$x_f = x_o + v_o * t$		
MRUV	$d = v_o * t + a * t^2 / 2$ $v_f = v_o + a * t$ $v_f^2 = v_o^2 + 2a * d$		
Caída Libre	$y = v_o * t + g * t^2 / 2$ $v_f = v_o + g * t$		
Tiro de proyectiles	$x_{max} = v_o^2 \text{sen}(2\alpha) / g$ $t = 2v_o * \text{sen}(\alpha) / g$		

Donde cada valor representa:

x_f	x_o	v_f	v_o	t	d	a	g	α

Apuntes adicionales:

.....

.....

.....

.....

Tabla 15

Ejemplo de instrumento para la evaluación grupal del portafolio para FIS1

Criterios de evaluación	6p.	5 p.	4 p.	3 p.	2 p.	1-0 p.
Aspectos formales y actitud <ul style="list-style-type: none"> • Presenta una carpeta física ordenada y que incluya la totalidad de los trabajos realizados con pulcritud. • Todos los miembros del equipo trabajan con orden, responsabilidad, respeto y colabora entre sí 						
Caracterización del vehículo <ul style="list-style-type: none"> • Realiza un DCL de los automóviles en un circuito determinado • Cálculo del centro de masa, momentum lineal, velocidad • Analiza la energía involucrada 						
Colisiones y momentum angular <ul style="list-style-type: none"> • Estudio detallado del accidente en carrera designado: choque, giro, conservación del momentum y torque 						
Exposición <ul style="list-style-type: none"> • Presenta los resultados y conclusiones de la problemática y responde a las preguntas 						

Nota. Elaboración propia

Ficha 4

Ejemplo de práctica calificada para FFIS

1) Un alumno de EEGCC se encuentra tarde para llegar a su segunda práctica de FFIS. A las 4:55 p.m. se encuentra en la esquina de la tienda de cafés con Tontódromo, la vereda principal de la universidad. Empieza a correr con dirección al salón por los siguientes 60 metros durante 30 segundos, pero en la Biblioteca Central se encuentra con un amigo suyo que lo detiene a conversar por el siguiente minuto y medio. De allí, continúa la carrera a 7.2 km/h pero se resbala por un pasador desamarrado pasado 50 metros. Intenta ser cuidadoso con sus pisadas y decide caminar hasta la altura de la facultad de Derecho ubicada 20 metros más allá. Mira su reloj y nota que solo faltan 2 minutos para el inicio de la práctica a las 5, y corre hasta EEGCC para no llegar tarde, únicamente faltando 30 segundos para la hora indicada habiendo recorrido los últimos 130 metros.

- a) Establece la ley de movimiento y ley de velocidad para todo instante de tiempo
- b) Grafica la posición y la velocidad versus el tiempo precisando la escala correspondiente
- c) Dibuje un mapa en donde detalle los puntos en los que se detuvo el estudiante, las distancias y velocidades para cada sección de su trayectoria
- d) ¿A qué velocidad debió correr desde el punto de partida para llegar al salón en 2 minutos sin pausas?

2) Un buque pesquero está a punto de cruzar un río que se bifurca en 3 afluentes pero que al final desembocan en el mismo océano. Según las descripciones, traza las 3 posibles trayectorias del buque para determinar la distancia más corta y el tiempo de viaje más corto. Recuerde que 1 nudo es 1.852 kilómetros.

- a) El camino 1 parte girando el barco a 60° hacia el oeste, navegando a 30 nudos por 7 minutos, para luego girar a $N11^\circ E$ a 14 m/s durante 15 minutos, para finalmente corregir el curso 23° hacia el oeste durante los siguientes 2.2 km.
- b) El camino 2 lo lleva inicial en línea recta por 600 metros a 40 nudos, girando en dicho punto $S4^\circ E$ durante los siguientes 2 minutos a 35 km/h. En dicho momento gira drásticamente $N49^\circ O$ para navegar por 17 minutos a 17 m/s.
- c) El camino 3 solo es una línea recta de 18 kilómetros que demora 30 minutos en completar.

Este último producto, la **Ficha 4**, representa un primer acercamiento a lo que se apunta con las prácticas calificadas a futuro. Si bien se comentó que su naturaleza será similar, el tipo de problemas que contendrá sí poseerá ciertas modificaciones, lo cual respeta el mismo carácter útil y real y con cierto contexto que también se proporciona a las grandes problemáticas. De igual manera, no se pretende que sean cuestionarios excesivamente extensos, pero que con pocas preguntas puedan representar un desafío loggable. Muchas de las evaluaciones en el pasado tenían un nivel elevado, y lo que se pretende con las prácticas es que sea un espacio para repasar y reforzar lo realizado en las sesiones ABP, y no precisamente enfocándose tan de lleno en las calificaciones (razón por la cual se ha reducido a la mitad el peso de estas evidencias en el cálculo del promedio).

Otra de las intenciones es que estas prácticas puedan ser extensiones de los problemas originales, es decir, que abarquen cuestiones no exploradas en la solución, pero que puedan complementar a la problemática en sí. Ello brindaría un sentido de conexión entre todos los elementos y brindaría otra oportunidad de análisis de los resultados, aunque esta vez, en un contexto individual y sin discusión.

3.5.5 Desarrollo de unidades didácticas

Dado que se ha trabajado con dos cursos distintos, se desarrollará un ejemplo de unidades didácticas para cada uno de estos. En este acápite se podrá encontrar la programación clase a clase de todos los temas, en los que se recurrirá a otros elementos y recursos presentados anteriormente y se vincularán las distintas partes construidas hasta el momento.

En el caso de FFIS se trabajará con el capítulo 3, mientras que en FIS1, con el 4. Ambas unidades son de las que poseen más sesiones de sus respectivas materias, y se escogieron porque representan en gran manera la esencia del trabajo y el enfoque que se tiene en cada curso. Las **Tabla 16** y **17** muestran la calendarización y distribución de cada unidad, lo que empalma con el ejemplo presentado de trabajo con problemas de las **Tablas 9** y **10**, respectivamente. Es importante establecer los tiempos de cada sesión teórica y práctica debido a que se cuenta con un espacio limitado y ciertamente rígido para cada temática.

Tabla 16

Calendarización de una unidad temática de FFIS

Sesión	Tema	Contenidos y actividades propuestas	Tiempo	Participantes	Productos	Materiales requeridos
Clase 1	Cinemática básica	Introducción a los conceptos de cinemática	30 min.	-Profesor guía la clase -Alumnos intervienen y participan en las dinámicas	Mapa a escala de trayectoria, personal y grupal	-Diapositivas de la sesión -Simulación en <i>PhET</i> -Mapas con cuadrícula -Ficha con indicaciones personal y grupal -Escala de estimación para trabajo personal genérica
		Sistemas de coordenadas: teoría y aplicación	20 min.			
		Velocidad, distancia y tiempo: definiciones y medidas	25 min.			
		Dinámica: simulaciones de cinemática usando <i>PhET</i>	15 min.			
		Sesión ABP de "Trayectorias": Trabajo personal	30 min.			
		Sesión ABP de "Trayectorias": Trabajo colaborativo	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven los problemas		
Clase 2	MRU	Movimiento rectilíneo con velocidad constante: formulación y trabajo con ecuaciones y leyes	30 min.	-Profesor guía la clase -Alumnos intervienen y crean sus propias gráficas	Leyes de movimiento y valores claves para trayectoria, personal y grupal	-Diapositivas de la sesión -Fichas con indicaciones, personal y grupal
		Creación de gráficas posición-tiempo e identificación de características importantes	30 min.			

		Creación de gráficas velocidad-tiempo e identificación de características importantes	30 min.			-Escala de estimación para trabajo personal genérica
		Sesión ABP de “Despegue y velocidades”: Trabajo personal	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven los problemas		
		Sesión ABP de “Despegue y velocidades”: Trabajo colaborativo	30 min.			
Clase 3	MRUV	Movimiento rectilíneo con aceleración constante: formulación y trabajo con ecuaciones y leyes	55 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven problemas y participan en dinámicas	Gráficas posición tiempo, velocidad tiempo y aceleración tiempo de cada grupo	-Diapositivas de la sesión -Kahoot! -Ficha con indicaciones, personal y grupal -Papel milimetrado para gráficas -Escala de estimación para trabajo personal genérica
		Creación de gráficas aceleración-tiempo e identificación de características importantes	20 min.			
		<i>Kahoot!</i> grupal para evaluar contenidos	15 min.			
		Sesión ABP de “Aceleración y gráficas: Trabajo personal	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven problemas		
		Sesión ABP de “Aceleración y gráficas: Trabajo colaborativo	30 min.			
PC	Revisión de conceptos	Desarrollo individual de la práctica calificada	110 min.	-Jefe de práctica supervisa -Alumnos resuelven	PC resuelta por alumno	Hoja de preguntas (cuestionario) y cuadernillos

Clase 4	MVCL	Movimiento vertical de Caída libre: formulación y trabajo con ecuaciones y leyes	50 min.	-Profesor guía la clase -Alumnos intervienen y completan ejercicios	Gráficas de posición tiempo, trayectoria de caída, personal y grupal	-Diapositivas de la sesión -Fichas con indicaciones, personal y grupal -Escala de estimación para trabajo personal
		Leyes de movimiento vertical: ejemplos de reforzamiento	40 min.			
		Sesión ABP de "Impacto y caída libre": Trabajo personal	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven los problemas		
		Sesión ABP de "Impacto y caída libre": Trabajo colaborativo	30 min.			
Clase 5	Movimiento parabólico	Tiro de proyectiles: teoría y formulación de problemas	60 min.	-Profesor guía la clase -Alumnos intervienen y participan en dinámicas	Leyes de movimiento parabólico y trayectoria completa, grupal	-Diapositivas de la sesión -Animaciones en W.M. -Fichas con indicaciones, personal y grupal -Escala de estimación para trabajo personal genérica
		Animaciones en <i>Wolfram Mathematica</i> de trayectorias	10 min.			
		Ecuación de trayectoria y alcance: cálculo y aplicación	20 min.			
		Sesión ABP de "Amerizaje": Trabajo personal	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven los problemas		
		Sesión ABP de "Amerizaje": Trabajo colaborativo	30 min.			

Sesión ABP	Exposición	Exposición de solución de problemas + ronda de preguntas y comentarios/sugerencias	150 min.	-Profesor observa y da comentarios -Alumnos exponen	Portafolio grupal y diapositivas para exposición	-Escala de estimación de trabajo grupal (de toda la unidad)
------------	------------	--	----------	--	--	---

Nota. Elaboración propia.

Tabla 17

Calendarización de una unidad temática de FIS1

Sesión	Tema	Contenidos y actividades propuestas	Tiempo	Participantes	Productos	Materiales requeridos
Clase 1	Momento lineal	Centro de masa	30 min.	-Profesor guía la clase -Alumnos participan	DCL's para automóviles en circuitos	-Diapositivas de la sesión -Ficha con indicaciones (personal) -Escala de estimación para trabajo personal genérica
		Momento lineal de una partícula	40 min.			
		Sesión ABP de "Automóviles: dinámica, centros de masa y momento lineal": Trabajo personal	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven problemas		
Clase 2	Sistemas de partículas	Segunda Ley de Newton en un sistema de partículas	30 min.	-Profesor guía la clase -Alumnos participan en dinámicas	Cuadro comparativo de automóviles	-Diapositivas de la sesión -Quizizz
		Energía de un sistema de partículas	30 min.			
		Quizizz individual de repaso	10 min.			

		Sesión ABP de "Automóviles: dinámica, centros de masa y momento lineal": Trabajo colaborativo	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven problemas		-Ficha con indicaciones (grupal)
PC	Revisión de conceptos	Los estudiantes desarrollan de manera individual la práctica calificada	110 min.	-Jefe de práctica supervisa -Alumnos resuelven	PC resuelta por alumno	Hoja de preguntas (cuestionario) y cuadernillos
Clase 3	Colisiones	Colisiones entre partículas	40 min.	-Profesor guía la clase -Alumnos participan en las dinámicas	Descripción física detallada de automóvil	-Diapositivas de la sesión -Animaciones en W.M. -Ficha con indicaciones (personal) -Escala de estimación para trabajo personal genérica
		Choques: tipos y dimensiones	20 min			
		Animaciones demostrativas en <i>Wolfram Mathematica</i>	10 min.			
		Sesión ABP de "Automóviles: fuerzas y energía": Trabajo personal	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven los problemas		
Clase 4	Momentum Angular	Torque	35 min.	-Profesor guía la clase		-Diapositivas de la sesión

		Momento angular	35 min.	-Alumnos participan	Análisis de la energía en circuitos de carrera y automóviles	-Ficha con indicaciones (grupal)
		Sesión ABP de “Automóviles: fuerzas y energía”: Trabajo colaborativo	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven problemas		
Sesión ABP	Accidentes en carrera	Sesión ABP de “Accidentes en carrera: colisiones”: Trabajo personal	50 min.	-Profesor y Jefe de Práctica supervisan y apoyan	Análisis físico de choques, personal y grupal	-Diapositivas -Ficha con indicaciones, personal y grupal -Escala de estimación para trabajo personal genérica
		Sesión ABP de “Accidentes en carrera: colisiones”: Trabajo colaborativo	50 min.	-Alumnos resuelven problemas		
Clase 5	Momento Angular II	Momento de inercia	35 min.	-Profesor guía la clase	Análisis de giro de automóviles en choques, personal	-Diapositivas de la sesión -Ficha con indicaciones (personal) -Escala de estimación para trabajo personal genérica
		Momento angular de un sistema de partículas	35 min.	-Alumnos participan		
		Sesión ABP de “Accidentes en carrera: momento angular”: Trabajo personal	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven problemas		

Clase 6	Momento Angular III	Torque de un sistema de partículas	30 min.	-Profesor guía la clase -Alumnos participan en las dinámicas	Análisis de giro de automóviles en choques, grupal según el caso	-Diapositivas de la sesión - <i>Kahoot!</i> -Ficha con indicaciones (grupal)
		Conversación del momento angular	30 min.			
		<i>Kahoot!</i> grupal para evaluar los contenidos a la fecha	10 min.			
		Sesión ABP de “Accidentes en carrera: momento angular”: Trabajo colaborativo	30 min.	-Profesor supervisa y apoya -Alumnos resuelven los problemas		
Sesión ABP	Exposición	Exposición de solución de problemas + ronda de preguntas y comentarios/sugerencias	100 min.	-Profesor y Jefe de Práctica observan y dan comentarios -Alumnos exponen	Portafolio grupal y diapositivas para exposición	-Escala de estimación de trabajo grupal (de toda la unidad)

Nota. Elaboración propia.

A modo de cierre de lo presentado en este par de tablas de las unidades didácticas, se puede extrapolar su uso para el resto de las unidades, velando por respetar la secuencia temporal que se estipula. Así, se debe buscar encajar las sesiones ABP de tal manera que el problema sea lo suficientemente largo (o pequeño, dependiendo del caso) para calzar en el número de clases que se planifica para cumplir con todo el tema. No obstante, se debe buscar el tiempo para la sesión expositiva, la práctica calificada (de ser el caso) y la manera en la que se distribuye el trabajo (parte individual y grupal en una misma sesión, o no).

Se había comentado respecto a la rigidez de los tiempos, y aunque si bien se ha detallado los minutos asignados para cada actividad, en la práctica es probable que no se cumplan en su mayoría. En cualquier caso, se priorizará siempre que las sesiones ABP tengan el tiempo suficiente para desarrollar todos los productos esperados para la clase, mientras que la parte teórica o las dinámicas pueden continuar en la semana siguiente. En cualquier caso, la columna “Productos” es la que ha de respetarse por encima de las demás, mientras que los participantes han de adecuarse a las condiciones cambiantes que pueden suscitarse sesión a sesión. Las capacitaciones a los docentes y jefes de prácticas nuevamente volverán a ser cruciales para estos efectos, tal que las cualidades de liderazgo para cada uno de estos es clave en aras de cumplir con lo propuesto y hacer frente a situaciones no planificadas o adversas.

CAPÍTULO IV: VALIDACIÓN DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN

A continuación se presenta el proceso de validación de la propuesta. En términos generales, se trabajó con distintas personalidades ligadas al contexto (directa e indirectamente) para analizar diversos criterios (coherencia, viabilidad, entre otros) que se conectan a variados aspectos del proyecto. Se trabajó tanto con entrevistas con profesores y alumnos y cuestionarios para obtener información tanto cualitativa como cuantitativa.

4.1 Objetivos de la validación

La principal finalidad del proceso de validación fue velar porque los pilares de la propuesta (tal como la metodología, el sistema de evaluación o los recursos) sean viables, coherentes y pertinentes para con el contexto; ello tras ser evaluado bajo distintas perspectivas de cada una de las personalidades, en aras de buscar aspectos de mejora y que distintas observaciones sugeridas puedan ser revisadas. De igual manera, se puso en tela de juicio criterios más puntuales y objetivos, otra vez para llegar a consensos entre los participantes de la validación.

4.2 Descripción del proceso de validación

A continuación se presenta un resumen general que precisa una descripción de las características de todos los participantes, así como los correspondientes criterios globales que se abordó en cada uno de sus respectivos procesos de validación. Cabe resaltar que en todos los casos se trabajó mediante una entrevista y su correspondiente guía de entrevista, siendo la única excepción el caso relacionado con alumnos de la carrera de Física (sin distinción de su ciclo académico en el momento), en donde se aplicó un cuestionario. La **Tabla 18** muestra esta información, mientras que para un mayor detalle sobre las distintas preguntas que se plantearon a los involucrados, el **Anexo 5** presenta la guía de entrevista que agrupa a todos los expertos del área de la Física, mientras que el **Anexo 6**, para aquellos profesores ajenos a la disciplina pero con conocimiento del campo de la educación y la innovación. Finalmente, los **Anexos 7 y 8** presentan las preguntas realizadas a los alumnos en las entrevistas y encuestas, respectivamente.

Tabla 18*Descripción de los participantes en el proceso de validación*

Persona	Descripción	Criterio de validación	Aspectos Principales
Prof. A	Magíster en Física, con 14 años de experiencia en EEGGCC	Pertinencia, Viabilidad, Coherencia y Funcionalidad	Innovación y Aprendizaje Basado en Problemas
Prof. B	Magíster en Física, con 4 años de experiencia en EEGGCC	Viabilidad, Coherencia	Problemas (recursos) y aplicación de la metodología
Prof. C	Doctor en Física, con 2 años de experiencia en EEGGCC	Pertinencia, Viabilidad, Coherencia y Funcionalidad	Problemas (recursos), ABP y trabajo colaborativo
Prof. D	Doctor en Física Matemática, profesor extranjero	Pertinencia, Viabilidad, Coherencia y Funcionalidad	Sistema y evidencias de evaluación
Prof. E	Doctor en Estadística, con 12 años de experiencia en EEGGCC	Viabilidad, Coherencia	Trabajo colaborativo y Sistema de evaluación
Prof. F	Magíster en Educación, con 30 años de experiencia en Facultad de Educación	Pertinencia, Viabilidad, Coherencia y Funcionalidad	Contexto universitario
Alumnos 1 y 2	Estudiantes del último año de la carrera de Física	Pertinencia, Viabilidad y Coherencia	Cambios globales y adaptación
Alumnos de Física	Estudiantes de la carrera de Física (sin importar el ciclo)	Viabilidad, Coherencia y Funcionalidad	

Nota. Elaboración propia

Como inciso adicional, es imperativo recordar que para la totalidad de este proceso de recolección de testimonios se preservó el anonimato en cada momento,

mientras que se solicitó un consentimiento explícito para proceder con el registro de la información compartida en los diversos medios utilizados (material audiovisual). Ello va emparentado con los principios éticos que se respetaron a lo largo de la elaboración de la tesis, los cuales están presentes con mayor detalle en el Reglamento del Comité de Ética de la Investigación de la institución, según los artículos 8°, 9° y 10° en los que se estipula, para la investigación con seres humanos, el respeto por las personas, beneficencia y no maleficencia (bienestar de las personas), justicia, integridad científica y responsabilidad (Vicerrectorado de Investigación, 2016).

4.3 Resultados de la validación y actualización del proyecto de innovación

A continuación se analiza, compara y discute los distintos aportes que cada una de las personas que participaron en el proceso de validación dieron. Pese a la variedad de informantes entrevistados y encuestados, se encontró cierta tendencia en las respuestas, llegando a establecer una misma dirección de pensamiento entre docentes y estudiantes en la mayoría de los casos.

4.3.1 Resultados de la validación: entrevistas

Se presentarán las diversas respuestas agrupadas en términos de los diferentes criterios de validación presentados anteriormente, mientras que se irá contrastando las opiniones generales e identificando aspectos de mejora conjunta y observaciones útiles.

4.3.1.1 Pertinencia

En relación a este primer criterio, aquello puesto en tela de juicio fueron las características del proyecto que permitían afirmar que lo propuesto correspondía realmente con el contexto encontrado, especialmente ligado a la innovación o los cambios principales que se planteaban. La Prof. A (comunicación personal, 24 de mayo, 2024) por su parte, enfatizó inicialmente que le parece sumamente pertinente la necesidad de propuestas de innovación en la universidad, enfocándose en cómo pueden cambiar los paradigmas educativos drásticamente. A primera impresión comentaba que la idea se presentaba original y ciertamente atractiva, además de

que algunos aspectos del proyecto ya los había aplicado con éxito anteriormente (tal como abordar problemas distintos), de tal manera que veía sus potencialidades y apreciaba el valor de plantear elementos novedosos en EEGCC, que hace mucho permanecían sin demasiadas variaciones. Y en términos de los estudiantes de esta unidad, al ser una propuesta bastante centrada en la aplicación y el análisis, puede favorecer tanto a los alumnos de carreras de ingeniería como de ciencias puras, puesto que los alumnos de estos programas suelen valorar cada uno de estos aspectos, por lo que dentro del contexto, se sitúa como una idea altamente apreciada, añade el prof. C (comunicación personal, 27 de mayo, 2024).

La importancia de la innovación es reflejada muchas veces en la forma de abordar los problemas, por lo que el Prof. C, el Prof. D (comunicación personal, 29 de mayo, 2024) y la propia Prof. A destacaron la necesidad del uso de **fichas** para brindar un contexto apropiado a las problemáticas, observando las virtudes de una temática mucho más elaborada pero a su vez que refleja algún suceso que ocurrió en la realidad. La existencia de estas fichas por ende no resulta solo una ayuda para entender mejor, sino que realmente puede motivar a que los estudiantes simpaticen mucho más con el tema. Esto puede establecer un paralelismo con algunos de los antecedentes revisados en la revisión bibliográfica, tal como el caso de Zavala-Varga et al. (2019) o Pepper (2008) que, en la búsqueda de revertir situaciones adversas de sus instituciones, presentaron innovaciones que motivaron y potenciaron los cursos que encontraron en un inicio.

El Alum. 1 (comunicación personal, 22 de mayo, 2024) consideró que debería tener mayor peso el aspecto lúdico introductorio en las sesiones, porque es la forma que él prefería para conectar con las actividades de clase y motivarse. El Alum. 2 (comunicación personal, 29 de mayo, 2024) por su parte no incidió en la gamificación, sino que los estudiantes investiguen un tema y las grandes problemáticas sean de un tema del interés del grupo. En sus palabras, ello aseguraba que exista una mayor cercanía con las temáticas, tal que el atractivo no solo sería para operar bajo otro enfoque, sino que la aproximación resulta más cercana al abordarse problemas con temas que todo un grupo comparte afinidad.

Dejando de lado aspectos de la innovación y uso de recursos, la evaluación también sufrió varios cambios, aunque la Prof. F (comunicación personal, 10 de junio, 2024), incide que es sumamente importante de incluir - debido a las dinámicas grupales, una coevaluación que vaya de la mano con los instrumentos que se están elaborando. Al tratarse de un portafolio, el aspecto reflexivo será sumamente importante, y parte de este proceso es el análisis entre todos los miembros del grupo. El Prof. D también aporta en este acápite, sugiriendo que sería pertinente incluir una autoevaluación al final de cada unidad que pueda ser considerada en la calificación grupal, puesto que no espera que los aportes individuales sean equitativos - por lo que se le brinda la confianza al alumno de valorar su propia participación. Estas dos nuevas evidencias corresponden no solo una evaluación que pretende ser innovadora, sino que igualmente se emparenta con los resultados de aprendizaje propuesto, de ahí que es pertinente su inclusión en la actualización de la propuesta a ser realizada posteriormente.

4.3.1.2 Viabilidad

Con respecto al criterio de viabilidad, este apartado gira en torno a las probabilidades y trabas de ejecutar aspectos puntuales de la propuesta en una hipotética implementación. El Prof. B (comunicación personal, 29 de mayo, 2024) desde su punto de vista en cuanto a las posibilidades de aplicación de la propuesta, no era demasiado optimista en términos generales. Aceptaba la importancia de la innovación y un cambio radical en EEGGCC, pero no lo vislumbraba cercano porque romper con los moldes de trabajo representaría muchas complicaciones. Pese a esto, no despreciaba el valor de la propuesta, en particular el aspecto de fomentar la autonomía y a su vez el dinamismo en las sesiones, puesto que su negativa para aceptar el cambio no lo exime de identificar que clases netamente expositivas se pueden hasta tornar tediosas para todas las partes. Pese a ello, él mismo comenta que si ha de ocurrir una reforma total, debería verse acompañado de adaptaciones similares en otras áreas como Cálculo y Química, para que se encuentren todas las disciplinas alineadas y exista un patrón y uniformidad en la enseñanza.

Respecto a la probable respuesta de los estudiantes, los Prof. A, B, C y D acordaron en que habría principalmente dos dificultades en la viabilidad de la propuesta: el correcto funcionamiento del trabajo individual-grupal, y la adecuación

de los docentes para trabajar con la nueva metodología. Según la trayectoria de la Prof. A, comentaba que no es imposible la adecuación para trabajar bajo este enfoque, pero la mayor traba recae en que el estudiante quiera participar voluntariamente y no guiado únicamente por la calificación. En ese sentido, tanto la propia Prof. A como el Prof. C resaltan que el aspecto emocional y motivacional debe ser tratado con especial cuidado - de manera crucial al inicio del ciclo, puesto que un primer contacto fallido con la metodología puede resultar en un desánimo generalizado en lo que resta del semestre. El Prof. B por su parte mira con escepticismo la voluntad de los profesores para cambiar sus formas de trabajo ya probadas como exitosas, mientras que el Prof. D afirma que de llevarse a cabo un cambio, debe ser progresivo (a modo de piloto) con aquellos docentes que tengan la mayor disposición para trabajar con este enfoque.

El Prof. B añade que el ausentismo es otra de las mayores dificultades - sin importar que las actividades de clase influyan en la calificación, por lo que generar una variación en la metodología debería impactar radicalmente en la forma de pensar de los estudiantes, porque en cualquier otro caso, sería desaprovechado. Es preciso recalcar que al no ser una dinámica del todo habitual - y existe mucho individualismo y competitividad entre los estudiantes, pueden condicionar los efectos deseados de colaboración y diálogo, resalta el propio Prof. B.

El Prof. E (comunicación personal, 10 de junio, 2024) se alarma respecto las posibilidades de ejecutar la propuesta y que existan demasiadas complicaciones logísticas para un curso con un número de horarios y grupo humano de trabajo tan cuantioso, puesto que la coordinación es una traba significativa. De igual manera, por el hecho de que haya una evaluación individual y grupal - factor que complica y genera más trabajo para los docentes y jefes de práctica. Como respuesta ante estas problemáticas, la Prof. F propone una búsqueda de aliados para facilitar estas tareas, dando como resultado que la retroalimentación entre los propios integrantes tras las actividades puede ser clave para agilizar la corrección, a la par que el alumno se convierte en un colaborador de su aprendizaje y del de los demás. En cualquier caso, una innovación va a generar más trabajo y carga laboral/académica, pero los resultados, tras una realidad tan criticada, pueden ser más que óptimos. Y reincidiendo en la facilidad de los docentes para adaptarse, la Prof. F, que por su

larga trayectoria ha observado pocos cambios metodológicos llevados a cabo en la unidad de estudio, puede prever la negativa de apertura de ciertos profesores frente a la innovación, aunque ello lo señala únicamente a docentes que se encuentran acostumbrados por mucho tiempo a laborar de una manera y no quieren admitir modificaciones.

Respecto a las opiniones de los alumnos, tanto para el Alum. 1 como para el Alum. 2 fue complicado inicialmente concebir como posible un giro tan radical cuando se les presentó la propuesta en general. Sin embargo, el primero de ellos indicó que la aplicación de la innovación desde FFIS en el primer semestre facilitaría las cosas (a comparación de implementarlo en las instancias que se encontraban - noveno ciclo), pero desde una mirada del nuevo estudiante, consideran que la complicación principal recaía en la voluntad para el trabajo.

Es cierto para ambos, que ya tienen una larga experiencia con distintos cursos, adaptarse fácilmente, pero en sus propias palabras afirmaron no solo hablando por ellos mismos, sino por sus compañeros también, que el desánimo es una cuestión que va acompañado de las materias de EEGGCC. Su particular contexto - haberse encontrado en dicha unidad durante la virtualidad de la pandemia - agravó su visión desganada, mientras que calificaban su experiencia como aburrida, tediosa y apresurada. El Alum. 1 expresó que en el papel lo presentado en la propuesta era no solamente atractivo, sino una solución para muchas de las problemáticas que acogen a la unidad. Pese a ello, ambos consideraron nuevamente que el tema de la motivación debería ser de especial cuidado, por que por más interesante que sonaba la idea, no se encontraban seguros de cuán bien podía ser puesta en práctica. Esta inseguridad se ha visto reflejada también en algunos aspectos de los antecedentes de innovación, particularmente para el caso de Pepper (2008), en el cual se recurrió a la capacitación incluso de alumnos frente al ABP previo a la ejecución, de tal manera que no solo se trabaje aspectos de la motivación desde el primer semestre de ingreso, sino que se facilite la adaptación a las nuevas metodologías, tal como se hace con docentes y jefes de práctica.

4.3.1.3 Coherencia

El criterio de la coherencia, por su parte, permite identificar la existencia de conexiones lógicas entre lo planteado y el contexto de innovación, tal que se permita valorar la cohesión entre las ideas y su ejecución. En ese sentido, el Prof. C veía con entusiasmo los objetivos de la propuesta, y establecía un paralelismo con metodologías activas similares que observó en otros países de América Latina - que se habían plasmado con gran éxito y que apuntaban en la misma dirección que esta propuesta. Esto permite establecer conexiones con todas las experiencias comentadas en el **Capítulo I**, que pese a no plantear un ABP o ser precisamente enfocadas en la Física, terminando de establecer que la innovación en general se justifica y resulta oportuna como en todos los casos presentados. Es el mismo Prof. C que propone que una parte de los salones trabajen con ABP y otros no, mientras que conforme avanza el tiempo, se le puede dar al alumno la libertad de elegir su dinámica de aprendizaje, y observar luego las tendencias de demanda durante el proceso de matrícula. En definitiva, todos los alumnos tienen cierta forma de aprendizaje que se adecúa mejor a sus habilidades, y brindar esta oportunidad resultaría beneficiosa, complementa la Prof. A.

La dinámica cooperativa en algunas ocasiones fue un punto de discordia para las partes. Los Prof. A y D recalcaron que la propuesta poseía ciertos vacíos en el momento de explicar la distinción de espacios entre los trabajos personales y grupales, y cómo se propiciaría la discusión y búsqueda de consenso (o ejecución de la secuencia didáctica), mientras que los alumnos no comparten del todo su existencia. Ambos estudiantes reconocen que la falta de adecuación a este tipo de actividades les hace verse escépticos frente a sus bondades, puesto que el número total de evaluaciones de este tipo en la carrera es muy limitado. El Alum. 2 estuvo en la línea del pensamiento de los Prof. A, B, C y D que valoraba altamente estos trabajos por fomentar la integración y otras habilidades blandas, mientras que el otro no concordaba en que gran parte de la calificación (sin importar cuánto sea su peso final en la nota) esté condicionado por otros compañeros suyos. Afirmaba que muchos estudiantes no prestan la debida atención y no cuentan con la misma predisposición al trabajo, y sin importar la influencia en las notas, su participación sería bastante baja. El Alum. 2 dio su perspectiva al respecto, afirmando que si los

grupos son escogidos aleatoriamente, el factor suerte jugaría en contra muchas veces puesto que podrían formarse grupos con alumnos más (o menos) destacados en diversos aspectos, aunque haciendo la analogía hacia los campos laborales del futuro, uno finalmente no escoge su equipo de colaboradores en su empresa, por lo que debe adecuarse a cooperar con quienes se les designe.

Respecto a la naturaleza de los problemas escogidos, los cuatro docentes de Física no descartan que deben existir problemas sencillos para igualmente fortalecer la capacidad de abstracción desde lo más sencillo y luego construir lo complejo (una natural curva de aprendizaje). Sin embargo, el Prof. B considera que por la falta de madurez y la edad de los estudiantes, no se encuentran capacitados para realizar dichas tareas un tanto más elaboradas. El haber salido recientemente del colegio o no tener sentadas las bases puede representar un problema como se vio en el **Capítulo II**, y es esto especialmente lo que desanima a dicho docente de probar con problemas como el del avión, por ejemplo. La reducción del nivel de complejidad comparado a la realidad puede suponer un punto a favor de estas problemáticas, a la par que tener una **ficha** guiada no solo aporta en favorecer las capacidades de comprensión y selección de información, sino que el grado de análisis posterior puede ser mayor en relación a pasadas formas de practicar o evaluar - según advierte la Prof. A. Finalmente, no se pretende imponer el problema más difícil para la primera unidad de FFIS a los estudiantes recién ingresados, por lo que se podrá observar esta mencionada curva de aprendizaje lógica y congruente con el tiempo.

En términos de las bases del sistema de evaluación, el Prof. E afirma primeramente que debe existir modificaciones sustanciales respecto a sistemas anteriores - lo que incluye la remoción de ciertas evidencias - porque resulta utópico querer incluir nuevos productos y contar con el mismo tiempo. Opina que esto resulta beneficioso para los estudiantes porque reduce la presión de los exámenes parciales, aunque también es un arma de doble filo porque luego malacostumbra al alumno a un ritmo de trabajo distinto que no siempre se mantiene con el tiempo. En una disciplina como la suya (Estadística) que presenta muchos paralelismos con la Física, la evaluación tradicional se seguía manteniendo presente, y en un caso como el de estudio, afirma que esta lógica debería adecuarse también.

La Prof. F argumenta igualmente a favor de esta reforma, tal que el trabajo ABP debería reemplazar y no precisamente añadirse como un extra en la fórmula. En términos de porcentajes, el Prof. E es partidario de que se respete y reproduzca los mismos pesos que trabajó en su curso (40% para el trabajo innovador y 60% para las prácticas calificadas), mientras que la Prof. F prefiere mantener la misma fórmula pre existente (30% prácticas, 30% examen parcial, 40% examen final) y reasignar los valores según corresponda. De igual manera, sugiere que más allá de una escala de estimación para el portafolio, podría existir una rúbrica con criterios no precisamente definidos previamente por el docente, sino que en conjunto con la clase se construyan, en aras de involucrar a todos en el proceso de aprendizaje y exista un consenso de aquello que se está valorando. En términos generales, todos los procesos de reflexión serán especialmente útiles, no solo en relación a lo académico sino respecto a los pasos necesarios concretados para llegar a los resultados satisfactorios, lo que convierte a la evaluación en un proceso holístico y justificado. Todas estas últimas ideas recuperan lo presentado en el marco conceptual por Fink (2013), que puede calificar de satisfactorio al curso en tanto su sistema de evaluación es coherente y también utiliza formas activas de aprendizaje.

4.3.1.4 Funcionalidad

La búsqueda de la funcionalidad de la propuesta no solo recae en el cumplimiento de las funciones esperadas, sino también en satisfacer los intereses pensados para servir en aras del contexto de innovación. De esa manera, según los Prof. C y D, se resalta con notoriedad los aspectos de trabajo colaborativo (y desarrollo de habilidades blandas), rompecabezas (unión de todas las partes del ejercicio ABP - “gran problemática”) y por encima de todo, la adecuación al estudiante para trabajar con problemas poco habituales pero que serán los de mayor utilidad para su futuro ejercicio laboral, tal que no solo son aplicables a la institución y su contexto únicamente, sino a otras universidades que padecen de los mismos escenarios adversos descritos. Ellos, junto a la Prof. A, consideran que el contexto se adapta para el funcionamiento de la propuesta, ya que al no ser numerosas las oportunidades en EEGCC de trabajar en un entorno grupal, a la larga representará una adecuación al contexto futuro en donde para las actividades laborales, difícilmente se resuelven problemas individuales, mas siempre se cuenta con un grupo para colaborar y llegar a la solución.

De igual manera, vinculando los conceptos de A.S. y memorización, el Prof. D opina que la inclusión de este tipo de problemas podría traer complicaciones al momento de ejecutar la secuencia didáctica, ya que al profundizar tanto en un mismo problema, al querer extrapolar la forma de pensar a otro contexto, se podría caer nuevamente en un proceso de mecanización. En ese sentido, se debe vigilar que cada etapa sea puesta en práctica de la manera correcta, tal que el profesor y el jefe de práctica deben cumplir sus roles estrictamente, aunque a veces sea difícil de controlar, complementa el Prof. C. La Prof. F, por su parte, - más afín al tema y al proceso que conlleva, argumenta que un trabajo con ABP es ciertamente útil para estos efectos de la construcción de A.S., aunque advierte que no se debe caer otra vez en la repetición que tanto se intenta evitar. La secuencia didáctica por su parte debería ser más explicativa al establecer cómo son los momentos de práctica grupal e individual, mientras que una idea a no descartar es que si se desea comparar las posibilidades del ABP para construir AS versus la enseñanza más tradicional, es la división de las actividades en dos dentro del semestre. Para ello, desde el inicio hasta la semana 8 se podría trabajar con el enfoque en problemas, mientras que desde la semana 8 a la 16, de una manera expositiva y sin proponer tantos cambios (o viceversa). Esta idea se plantearía como un piloto para confirmar que la propuesta es funcional.

4.3.2 Resultados de la validación: encuesta

Para estudiantes de la carrera de Física, no solo pertenecientes a la unidad de EEGCC sino también a la Facultad de Ciencias e Ingeniería, se compartió una pequeña encuesta (ver **Anexo 8**) de 4 preguntas para conocer igualmente su perspectiva en relación al proyecto. Se procuró resumir la mayoría de la propuesta en el cuestionario lo máximo posible de tal manera que si bien se brinde una visión general, la tasa de respuesta no sea tan baja - al tratarse de preguntas que requerían un mayor análisis y contexto. Los resultados para 35 respuestas se presentan en la **Tabla 19**, de la cual se puede extraer conclusiones preliminares que empalman con lo previamente advertido de las entrevistas (y no solo aquellas dirigidas a los estudiantes). En ese sentido, el principal objetivo de la encuesta fue validar la pertinencia y coherencia de los lineamientos del proyecto.

Un aspecto no cubierto hasta el momento es el tiempo designado por sesión para el trabajo ABP, por lo que se consideró pertinente analizarlo ya que son los alumnos quienes estarán realizando las actividades - y finalmente en muchas ocasiones no resulta sencillo mantener su atención por un tiempo extremadamente prolongado (o con disposición para resolver tareas prácticas). En ese sentido, se pudo extraer que para el caso de FFIS, los estudiantes afirmaban que un tiempo promedio de 51 minutos por semana era apropiado, mientras que para el caso de FIS1, 54 minutos era un periodo adecuado para los mismos efectos. En comparación con lo inicialmente propuesto, la idea era que se ocupen 60 minutos por semana para ambos cursos, números que se encuentran ciertamente cercanos con las respuestas de los alumnos, lo cual se considera coherente.

En cuanto a opiniones particulares sobre cuatro cuestiones puntuales pero cruciales, se analizó el grado de dificultad aparente para 1) la adaptación a una nueva dinámica de trabajo, 2) la presencia de actividades calificadas todas las semanas, 3) un tipo distinto de problemáticas y 4) trabajo grupal. Anticipadamente se consideraron a estos aspectos porque eran aquellos que se presumían que podían implicar mayores complicaciones, pero las respuestas indicaron lo contrario. En una escala del 1 al 5 (de más fácil a más difícil), se encontró que tras ver los promedios, para la primera categoría se encontró un valor de 2.71 (muy cercano a neutral), mientras que para la segunda, 3.26, la tercera, 2.85 y la última, 2.71. Ello representa que los cuatro aspectos se aproximan a un nivel neutral de complicación, siendo el mayor inconveniente la presencia de actividades calificadas más continuamente.

La pregunta más controversial y que mayoritariamente dividió a los encuestados es la tercera, relacionada con la fórmula del sistema de evaluación. En un principio la propuesta actual agrupa a las evaluaciones escritas para ocupar el 40% de la nota final, mientras que el trabajo ABP, un 60%. No obstante, las respuestas difieren en su mayoría con ello, siendo el resultado promedio una división del 33.33% para el trabajo ABP, y un 66.67% para las evaluaciones escritas (exámenes y prácticas calificadas). En ese sentido, al encontrar grandes diferencias se evaluará conjuntamente con las opiniones de los docentes para encontrar un consenso posterior. Para finalizar, se consultó la apreciación general del proyecto

como conjunto, en donde destacó notablemente por encima del resto una respuesta de interés. Esto se correlaciona bastante con las opiniones muy positivas observadas en la encuesta - y no como algo aislado, sino que el promedio se sitúa entusiasmado por un cambio notable en la forma de enseñanza.

Se dio un espacio para comentarios adicionales y 4 personas añadieron algunas acotaciones extra, en las cuales compartieron su postura frente su interés por la iniciativa, lo crucial que sería manejar un estilo de trabajo así en FFIS (por el mismo hecho de ser estudiantes cachimbos y que pueden adaptarse mejor a un ritmo distinto con mayor facilidad), pero a su vez cierta confusión en cómo se dará a cabo el proceso de ensamblaje de todas las pequeñas partes construidas sesión a sesión. Ello se presenta como una problemática que si bien no se ha profundizado en lo pequeño de la descripción del cuestionario, merece ser detallado posteriormente.



Tabla 19

Distribución de respuestas de la encuesta aplicada a alumnos

		¿Cuánto tiempo por semana considera pertinente delegar a estas tareas? (en relación a la duración de las actividades individuales y grupales para resolver los problemas)				
		15 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos	120 minutos
Pregunta 1	Fundamentos de Física (3 horas por semana)	9%	37%	40%	9%	5%
	Física 1 (4 horas por semana)	3%	43%	32%	17%	5%
		¿Qué tan difícil le resultarían las siguientes actividades? Señale el nivel que corresponde				
		Muy fácil	Fácil	Neutral	Difícil	Muy difícil
Pregunta 2	Cambio de la dinámica en clases	9%	32%	40%	19%	0%
	Actividades calificadas todas las semanas	2%	20%	32%	37%	9%
	Problemáticas y ejercicios distintos a los habituales	3%	26%	54%	17%	0%
	Trabajo grupal	11%	34%	31%	17%	7%

¿Cuál fórmula le parece más coherente?						
Pregunta 3	Nota final = 60% ABP y 40% Evaluaciones	Nota final = 50% ABP y 50% Evaluaciones	Nota final = 40% ABP y 60% Evaluaciones	Nota final = 30% ABP y 70% Evaluaciones	Nota final = 20% ABP y 80% Evaluaciones	
	3%	0%	43%	31%	23%	
¿Cuál sería su nivel de participación tras conocer el panorama general de esta nueva propuesta metodológica?						
		Interés				83%
Pregunta 4		Indiferencia				14%
		Confusión				3%
		Disconformidad				0%
		Otros				0%

Nota. Elaboración propia

4.3.3 Discusión de opiniones entre participantes

Uno de los aspectos abordados en la mayoría de las entrevistas e igualmente en el cuestionario fueron los distintos pesos de las evidencias de evaluación. Comparando las respuestas, se pudo concluir que tanto los expertos (sin importar el área) y los alumnos llegaron a un punto de equilibrio al considerar que un valor promedio adecuado para el trabajo ABP debe rondar por el 30% de la evaluación. Existe el contraste de los profesores de Física versus los de otras áreas en relación a suprimir exámenes y/o prácticas, mientras que los alumnos son más claros al afirmar que una mayor cantidad de productos calificados pueden influir negativamente al aumentar la carga académica. Ello no significa que se extienda el número de tareas designadas a realizarse fuera del aula, sino que adicionar más elementos de los ya existentes (que de por sí no eran pocos), sería excesivo. Pese a ello, todas las partes de la dinámica ABP están pensadas para terminarse dentro del aula de clase, por lo que no supondría un incremento en actividades externas.

Otro aspecto mencionado por más de una parte fue que existe la necesidad de incluir otros elementos para el portafolio, tal que la autoevaluación y coevaluación serían sumamente beneficiosas; mientras que para combatir el exceso de carga laboral que se genera (y la negativa de algunos docentes de adaptarse al cambio), la retroalimentación entre miembros del grupo para calificar los productos individuales se presenta como una opción no solamente atractiva - pero funcional para acelerar y aligerar el trabajo.

Los alumnos comentaban en su mayoría que la propuesta se presenta atractiva e interesante, mientras que 7 de los 8 docentes expresaron una postura similar. En líneas generales, se puede apostar por la idea de la presentación del proyecto teniendo en cuenta la aceptación y visto bueno de diversas personalidades relacionadas, especialmente fundamentado desde el punto de vista de la innovación y las necesidades de cambio que han surgido hace mucho. A su vez, con miras a la aplicación, se recogió el testimonio de ofrecer horarios en la matrícula para que los alumnos anticipadamente sepan que trabajarán bajo ABP y también que dentro de un mismo ciclo se compartan las dos metodologías para ver los resultados. Ambas ideas van por la misma línea de pensamiento, puesto que no consideran que un

cambio brusco (por más que resulta casi imposible que acontezcan) sea la opción más adecuada - tras conocer que desde hace mucho ha habido tan pocos cambios.

El uso de problemas ciertamente distintos pero contextualizados y útiles también contó con el apoyo generalizado de los profesores (salvo una excepción apartada), y el hecho de que los alumnos acepten trabajar con este enfoque solo resulta un indicativo de que el carácter útil y real de las problemáticas se presentan más atractivas que situaciones algo más simples, abstractas y lejanas de los contextos cotidianos de los estudiantes.

4.3.4 Actualización de propuesta

Las principales modificaciones que se han planteado tras las recomendaciones recibidas por los expertos y alumnos conciernen a los apartados de la metodología y la evaluación (e indirectamente a los recursos). A continuación se muestran las nuevas descripciones que complementan lo presentado anteriormente en el **Capítulo III**.

4.3.4.1 Propuesta metodológica

Varios apartados de la sección de metodología deben ser revisados con urgencia para que puedan alinearse con los objetivos esperados y conducidos igualmente por la discusión propiciada por los participantes. En tal sentido, uno de los aspectos del ABP que cubrió pero no en toda su extensión es la motivación y la búsqueda por promover un interés natural por las actividades. De acuerdo con lo analizado, el principal cambio vendrá en la dinámica general de los grandes problemas. Una dificultad encontrada para los trabajos en grupo era el factor del individualismo y la competitividad, por lo que una forma de canalizar este ímpetu es hacer precisamente eso: una competencia. Experiencias ya comentadas con anterioridad como la de Rodríguez-Oroz et al. (2019) respaldan esta idea por lo revisado en los antecedentes y permite que la metodología no se centre en su totalidad en el ABP, sino que incluya otras adicionales, como también se vio previamente en los estudios de Daba et al. (2019) para la gamificación.

Desde el inicio del semestre, se asignará entre 0 a 5 estrellas según la calidad de los resultados (proporcional a la calificación grupal del portafolio) a cada

grupo luego de finalizar las respectivas unidades. Sin embargo, como los grupos han de variar, esta cantidad de estrellas se acumularán de manera individual, por lo que el estudiante recibirá una cierta cantidad de estrellas independientemente del grupo al que pertenezca. Al finalizar el ciclo, se adjudicará un beneficio a acordar entre el profesor y los alumnos (por ejemplo, puntos extra en el examen final) para el/la (los/las) estudiantes que hayan obtenido más estrellas durante dichos meses (número exacto a decidir en su momento). Ello convierte en una contienda al ABP y fomenta que el trabajo grupal tenga un plus de motivación, a la par que permite relacionarse con diversos miembros de grupo en cada ocasión y ser recompensado por el arduo esfuerzo. Se compartirá una tabla de clasificación con aquellos estudiantes que estén obteniendo más estrellas para propiciar un sentido de sana competencia; y aunque se detecta evidentemente que es un caso de motivación extrínseca, es una primera instancia para luego generar un interés auténtico por el curso.

De igual forma, no se pretende que existan estudiantes que gratuitamente se hagan acreedores de estas estrellas por encontrarse en un grupo en el que poco apoyaron (y tuvieron buenos resultados), tal que se observará los valores de la autoevaluación y coevaluación para que exista coherencia entre estos y un sentido de justicia para obtener las estrellas. De haber contradicciones, no se le sumarán las estrellas correspondientes a dicha unidad porque no lo merecería. Finalmente, con ánimos de que los estudiantes con menor cantidad de estrellas puedan subir su rendimiento y no darse por vencidos antes de la finalización del semestre, se procurará formar grupos en los que aquellos más destacados puedan apoyarlos y mejorar su desempeño, lo que elimina aquel factor de aleatoriedad comentado previamente al escoger los equipos de trabajo.

Ahora, yendo de lleno al núcleo de las problemáticas, la rigidez de los temas puede simbolizar una dificultad para muchos - por la falta de conocimiento o interés para con esta, por lo que un cambio inicial es que se cuente con un listado de problemas prototipo al inicio de cada semestre, y según los gustos de cada grupo, cada uno pueda llegar a un consenso y trabajar en base a ello. La propuesta original mostró problemas de medios de transporte y deportes automovilísticos, aunque es muy posible que ninguno de estos temas le llame la atención a algún equipo, por lo

que contar con un abanico de opciones es muy positivo. Ello no solo fomenta la motivación al estar en contacto con tópicos que resultan relativamente más familiares, sino también al brindar autonomía al estudiante otorgándole la capacidad de poder decidir un aspecto crucial del trabajo - hecho inexplorado previamente. La idea se actualiza a que la batería de problemas incluya otros relacionados con diversos deportes (fútbol, patinaje, tiro deportivo, etc), así como edificaciones (puentes, edificios y construcciones) o incluso física de videojuegos. De igual manera, se había comentado que las características de los problemas era que sean reales, útiles y verídicos, pero también el *storytelling* será crucial, por lo que mientras exista un mayor trasfondo histórico como los presentados o un contexto más detallado, el estudiante se podrá vincular y sentir más cercano a la situación.

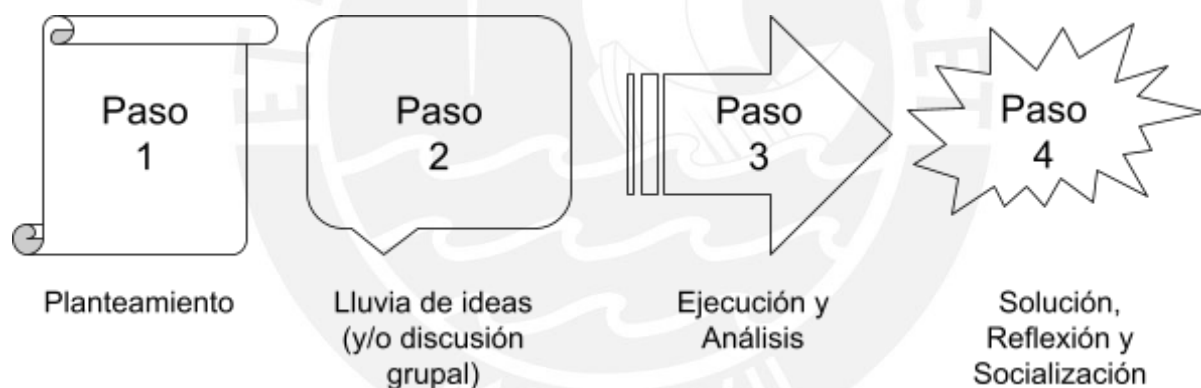
Respecto a la secuencia didáctica (**Figura 10**) también se han propuesto algunas modificaciones, de manera especial en relación a la distinción entre los momentos de trabajo. La versión previa podía encajar tanto para la dinámica individual y colaborativa, aunque es preciso hacer la distinción y que exista una versión mejorada de la misma. La **Figura 11** ejemplifica esta actualización y va emparentado con la elaboración del portafolio (que se profundizará más adelante). En general, si bien se propiciaba una discusión, ahora es una parte importante de la lluvia de ideas, que gana un mayor peso evidentemente al encontrarse en grupos. Asimismo, la etapa de ejecución fue pensada como los pasos más aplicativos, aunque no se debe dejar de lado el aspecto analítico en el que se evalúen las bondades de las estrategias a la par que se ponen en práctica. Una continua revisión de los resultados parciales y su interpretación está pensada como el eslabón faltante en la secuencia, y que su vez se enlace con el último paso. La solución por su parte será acompañada de una reflexión de lo aprendido en la que se pueda revisar que no haya vacíos argumentales en la ejecución o las ideas conecten sin mayores dificultades, mientras que todo este proceso será expresado de manera explícita en el portafolio. Y con respecto a este, una etapa no contemplada era la socialización entre grupos de los diversos portafolios (más allá de la exposición), de tal manera que este compartir se centre en ver las estrategias para resolver y conocer los principales hallazgos, más allá de simplemente comunicar a la clase el problema y el resultado sintetizado. La socialización

entonces se vuelve crucial ya que es la manera de explorar otras maneras de trabajar y seguir fomentando el sentido de comunidad en la clase.

En adición, parte de la secuencia didáctica servirá también para que se pueda extrapolar en la instancia en la que todas las partes de los problemas se unirán cual rompecabezas. Este momento no es únicamente para colocar los sub-trabajos uno inmediatamente después del anterior y archivarlos en el portafolio, sino que requiere de un análisis para que las piezas encajen con sentido. En dicho punto, se podrá revisar que los resultados anteriores se encuentren correctos para que la solución final tenga sentido en su totalidad. Es por ello que si bien el paso 1 de la secuencia no encaja del todo (puesto que no se plantea nada nuevo), el resto de etapas sí, y se deberán de cumplir para llegar a la respuesta definitiva.

Figura 11

Secuencia Didáctica actualizada de la propuesta



Nota. Elaboración propia

Finalmente, en términos de una posible implementación se tomarán las ideas de los expertos de ofrecer horarios dedicados exclusivamente a trabajar con esta metodología, pero también otros que no y sirvan como control. En general, lo más óptimo para poder evaluar el verdadero alcance del proyecto es analizar el comportamiento en 2 horarios puntuales:

1. Uno que se mantenga todo el ciclo con la metodología tradicional
2. Uno que implemente todo el ciclo la metodología del ABP

De esta manera se exploran ambas variantes tal que así se pueda verificar con resultados concretos si la propuesta cumple con los objetivos deseados. En definitiva, también es una manera de involucrar tanto a profesores con mayor y menor grado de interés por la innovación y que todas las partes observen las posibilidades que la propuesta puede ofrecer. Es debido recalcar, tal como se mencionó en el **Capítulo II**, que existe cierta relación entre los profesores con mejores promedios por ciclo y tener como inscritos a los alumnos con mejor rendimiento; por lo que en aras de encontrar resultados más imparciales (y que no se vean sesgados por estos factores externos), buscar que la implementación se de en dos horarios del mismo docente para así establecer una comparativa equitativa. O en su defecto, que en FFIS (donde la asignación de alumnos ingresantes es al azar) se mida entre profesores cuyos resultados de la encuesta anterior sean similares entre sí.

Finalmente, y concerniente a otro factor mencionado en el propio capítulo mencionado es la cuestión de hacer una distinción entre trabajar con cierto estilo de ABP para alumnos repitentes y recién ingresados. Aunque no fue algo consultado directamente en las entrevistas, se puede considerar demasiado ambicioso planificar esa separación para un piloto de prueba, aunque su aplicación a largo plazo podría considerar la implementación luego de tener un éxito consolidado.

4.3.4.2 Propuesta de evaluación

Se ha discutido ampliamente en este capítulo lo relacionado al sistema de evaluación, por lo que se proponen las siguientes mejoras respecto a lo planteado en el diseño original. Aunque las competencias y resultados de aprendizaje se mantienen, las **Tablas 13** y **14** pasan por una adaptación reflejada en las **Tablas 20** y **21**, respectivamente. Como es de esperarse, la fórmula para el cálculo final también sufre alteraciones, la cual se presenta a continuación.

$$NF = \frac{3 \times ABP's + 3 PC's + 4 \times EX}{10}$$

$$ABP \text{ (por unidad)} = \frac{10 \times \text{Portafolio grupal} + 8 \times \text{Coevaluación} + 2 \times \text{Autoevaluación}}{20}$$

Ello responde a todos los comentarios recibidos, mientras que se decide dejar de considerar al examen parcial para que en su lugar el trabajo ABP tenga una mayor importancia, en tanto que las prácticas calificadas servirán como un medidor del rendimiento continuo, y el examen final será una revisión general de contenidos. Prescindir del examen parcial obedece también al hecho de que el cumplimiento de los tiempos se podía ver comprometido al tener demasiados elementos evaluativos, y sin ánimos de sobrecargar al alumno, estos puedan dedicarle más empeño al ABP sin tener las presiones de un examen parcial. En dicho sentido, las horas no utilizadas serán asignadas como un Sesión ABP más, tal que se contará con 3 horas extra en el ciclo para desarrollar con mayor detalle el problema de la unidad.

Tabla 20

Sistema de evaluación del curso

Relación con RA	Evidencia (%)	Descripción	Instrumento
RA1, RA2, RA3	Elabora un portafolio grupal para la soluciones de problemáticas complejas (30% - promedio de los 5 trabajos)	El portafolio grupal tiene como objetivo presentar los hallazgos encontrados durante las horas de trabajo en clase y las sesiones ABP, para cada unidad. Se verán las evidencias recolectadas a través del tiempo, tanto las elaboradas individual como grupalmente de tal manera que propicien una reflexión sobre lo aprendido, en adición a las auto y coevaluaciones.	Rúbrica
RA1, RA2	Resuelve una evaluación escrita: 4 prácticas y 1 examen (Promedio de PC's: 30% + Examen final: 40%)	Las evaluaciones tienen como objetivo hacer una revisión general de los contenidos correspondientes a las unidades. El alumno, de manera individual en el aula de clases, en un tiempo de 2 horas (para las prácticas) o 3 horas (para el examen), responderá en un cuadernillo la lista de preguntas que se le ha adjuntado.	Cuestionario

Nota. Elaboración propia

Sin embargo, la naturaleza de la entrega de los portafolios ha variado según lo observado en la fórmula mostrada, incluyendo como parte efectiva del cálculo a la

coevaluación y autoevaluación. La primera de estas actividades - que será realizada al finalizar cada unidad, servirá para que los miembros de cada grupo valoren el desempeño y resultados de sus compañeros tanto en la instancia individual como durante el espacio colaborativo, evaluando los distintos conocimientos como también desarrollando algunas habilidades de retroalimentación - que normalmente es dejado para el docente (Maureira-Cabrera et al., 2020).



Tabla 21

Ejemplo de instrumento actualizado para la evaluación grupal del portafolio para FFIS

Criterios	Nivel			
	Logrado	Suficiente	En proceso	Insatisfactorio
Aspectos formales	La presentación del portafolio es pulcra y organizada, e incluye todos los trabajos en la carpeta física (3 puntos)	La presentación del portafolio es organizada e incluye casi todos los trabajos en la carpeta física (2 puntos)	La presentación del portafolio es poco organizada e incluye solo algunos de los trabajos en la carpeta física (1 punto)	La presentación del portafolio es descuidada e incluye solo pocos trabajos en la carpeta física (0 puntos)
Resolución de problemas	Calcula correctamente las leyes de movimiento y velocidad del avión para toda la trayectoria, así como presenta gráficas precisas solicitadas (7 puntos)	Calcula la mayoría de las leyes de movimiento y velocidad del avión correctamente para toda la trayectoria, así como presenta un esbozo de las gráficas solicitadas (5 puntos)	Calcula parcialmente las leyes de movimiento y velocidad del avión para toda la trayectoria, así como presenta un primer esbozo de las gráficas solicitadas (3 puntos)	Calcula con muchos errores las leyes de movimiento y velocidad del avión para toda la trayectoria, así como presenta un esbozo deficiente de las gráficas solicitadas (1 punto)
Análisis y conclusión	Presenta un análisis minucioso de los problemas resueltos y concluye con una solución al caso estudiado (3 puntos)	Presenta un análisis completo de los problemas resueltos concluye con una solución parcialmente (2 puntos)	Presenta un grado de análisis medio de los problemas resueltos y una conclusión incompleta sobre el caso (1 punto)	Presenta un análisis superficial de los problemas resueltos y sin llegar a una conclusión que solucione al caso (0 puntos)
Reflexión	Cada alumno incluye una reflexión crítica sobre lo aprendido, la cual se vincula con sus conocimientos previos y oportunidades de mejora (3 puntos)	Cada alumno incluye una reflexión crítica sobre lo aprendido, aunque el vínculo con los conocimientos previos no está profundizado (2 puntos)	Algunos alumnos incluyen una reflexión sobre lo aprendido, vinculándolo superficialmente con sus conocimientos previos (1 punto)	Algunos alumnos incluyen una reflexión breve sobre lo aprendido, sin vincularla con sus conocimientos previos u oportunidades de mejora (0 puntos)
Exposición	Durante la exposición se presentan los resultados y conclusiones en el tiempo asignado y se responde con solvencia a las preguntas de los presentes (4 puntos)	Durante la exposición se presentan parcialmente los resultados y conclusiones en el tiempo asignado y se responde con solvencia casi todas las preguntas de los presentes (3 puntos)	Durante la exposición se presentan solo algunos de los resultados y conclusiones en el tiempo asignado y se responde brevemente a las preguntas de los presentes (2 puntos)	Durante la exposición se presentan pocos resultados y conclusiones sin cumplir con el tiempo asignado y se responde con poca solvencia a las preguntas de los presentes (1 punto)

En otras palabras, lo que se pretende es que internamente en cada grupo se revisen las actividades individuales entre sí y se asigne un puntaje por ello; obviamente, con la supervisión de los profesores y con una vigilancia constante de que no se alteren los resultados ni se comentan prácticas deshonestas. Esta revisión comprenderá el apartado de “Contenido y Desarrollo” de la rúbrica de la **Tabla 21** pero que en dicho caso corresponde a lo trabajado de manera personal.

Igualmente, en una búsqueda por equidad en la participación de todos al realizar el producto final, se vela porque las competencias actitudinales de trabajo de grupo se evalúen de manera personal, con lo que para estos efectos es que la autoevaluación se toma en cuenta. En general, estos dos componentes son sumamente beneficiosos para todas las partes, puesto que agiliza la corrección de las fichas a los profesores y jefes de prácticas, a la par que permite fomentar una retroalimentación efectiva y una reflexión más alturada como ya fue comentado anteriormente.

La **Tabla 21** por su lado es el instrumento de evaluación rediseñado del portafolio, que en este caso, cambia de ser una escala de estimación a una rúbrica detallada. Esta cumple para el caso presentado en la **Ficha 1** y **Tabla 14** previamente, y el cambio se realiza fundamentalmente por buscar tener criterios más claros a la hora de evaluar, aunque no responde a lo sugerido de establecer los criterios con los mismos estudiantes, principalmente porque al ser alumnos de primer año, existirían muchas dificultades a la hora de ser claro y preciso con los mismos. De igual manera, finalmente se presenta la **Ficha 5**, que en este caso ayuda al proceso de autoevaluación previamente comentado. Es debido recalcar que estos ejemplos no son solo funcionales para el caso analizado, sino que con las modificaciones pertinentes, se presta para el resto de unidades de FFIS y también de FIS1.

Ficha 5

Ejemplo de ficha de autoevaluación para FFIS

Ficha de autoevaluación

Unidad 3: Cinemática de la partícula en una y dos dimensiones

Valore sus aportes y participación para la resolución del problema de la pasada unidad en base a la reflexión realizada previamente y su juicio propio.

Indicador	4	3	2	1	0
Mis aportes en la lluvia de ideas conducen hacia la reflexión					
Mi actitud demuestra mis ganas de aportar en la solución de la problemática y animo a los demás a involucrarse					
Escucho los aportes de los demás y respeto en todo momento a los compañeros del grupo					
Soy abierto a recibir comentarios y críticas y aprendo de ellas					
Mi dedicación se ha mantenido constante desde el inicio hasta la participación					
Puntaje obtenido					

Aspectos a mejorar:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Conclusiones

- En base a la revisión de la literatura se determina que el panorama de las ciencias básicas en distintas partes del mundo tiene muchas semejanzas entre sí, destacando la enseñanza rígida, expositiva, carente de numerosas interacciones en el aula y que ha obligado con el tiempo a que se presenten distintas propuestas de cambio metodológico en aras de revertir estas situaciones.
- Las metodologías de enseñanza tradicionales a la larga han producido que las técnicas de estudio de los alumnos, con miras a la rendición de evaluaciones, sean la memorización y mecanización de procesos y conceptos. Es por ello que se han centrado en reproducir lo que el profesor enseñaba en clase sin necesariamente comprender el concepto detrás.
- Como alternativa para combatir este aprendizaje memorístico, el aprendizaje significativo cobra importancia puesto que representa el proceso inverso, tal que lo aprendido se mantiene en la estructura cognitiva con el tiempo y permite que la información nueva se conecte con la ya conocida con anterioridad para que trascienda - más allá de simplemente recordarla para rendir una prueba escrita, por ejemplo.
- Se analizó numerosas experiencias de innovación en el mundo, que motivadas por hacer frente a este diagnóstico preocupante, implementaron metodologías activas como el ABP, el método de proyectos o la gamificación, logrando una ruptura del paradigma educativo propio de cada institución, todos, con resultados positivos y una tasa de respuesta que alienta a llevar a cabo propuestas de la misma índole.
- La elección del ABP se fundamenta particularmente en que la disciplina de la física es especialmente de resolución de problemas, tal que se prefiere en uso a otras metodologías que aunque igualmente poseen ciertos beneficios para el trabajo colaborativo (que es de gran interés), se presenta como la

mejor alternativa para promover un A.S. y que permita trabajar con cuestiones muy cercanas a la realidad.

- Se realizó un proceso de indagación para conocer las características de los cursos, en tanto que se descubrió que en FFIS y FIS1 existe un déficit de conocimientos surgido a raíz de las dificultades de la pandemia del Covid-19 y que se remonta también a la etapa escolar. A largo plazo, ello ha condicionado el rendimiento en los primeros ciclos y que la tasa de desaprobados (por primera y segunda vez) o de retirados se mantenga elevada los pasados semestres - y que los promedios finales no sean valores precisamente elevados.
- En el caso de FFIS, es común notar que en muchas ocasiones el número de aprobados y desaprobados es relativamente proporcional entre sí, evidenciando grandes dificultades en la adaptación a la universidad en el primer ciclo. Para FIS1 esta observación no es del todo crítica, aunque no lo exime de que el promedio general del curso ronde el valor de 11.6, mientras que en FFIS, sea cercano a 11.4. En cualquier caso, esto ha servido para confirmar muchos de los aspectos advertidos en la bibliografía revisada y en experiencias similares que planteaban proyectos de dicha naturaleza.
- La nueva metodología de trabajo está centrada en la resolución de problemas reales, útiles y verídicos desglosados en pequeñas partes para que puedan ser resueltos a lo largo de todas las clases que comprenden una unidad, brindando el carácter significativo buscado. El trabajo se dividirá en espacios individuales y grupales tal que los hallazgos serán compartidos en diversas instancias según una secuencia didáctica, promoviendo las competencias interpersonales, y de manera primordial, el trabajo autónomo. Además, la inclusión de la gamificación promoverá que exista una competencia entre los grupos para buscar mayor participación e interés por el curso.
- En cuanto al diseño del nuevo sistema de evaluación, aunque preserva la antigua fórmula para el cálculo de la nota final, los trabajos con problemáticas reemplazan a lo que venía siendo el examen parcial (30% del total),

permitiendo así que se tome en consideración la elaboración de un portafolio grupal de evidencias y reflexiones sobre lo resuelto en el problema, así como una coevaluación y autoevaluación para medir el rendimiento y percepción individual y de todos los miembros de cada grupo, vital para la construcción de aprendizajes significativos.

- En cuanto a nuevos recursos diseñados para la experiencia, la utilización de fichas para cada problemática brindará un trasfondo histórico a cada problema, designando tareas cortas pero retadoras para las instancias individuales y grupales. Esto también favorece al análisis posterior de la solución, permitiendo que el alumno explique con sus propias palabras lo encontrado. También, la producción de fichas para recuperar saberes previos serán de gran utilidad, puesto que los estudiantes podrán anotar sus aprendizajes progresivos para que puedan recurrir a ellas con el paso del tiempo y sirva como un recordatorio de lo revisado.
- Para validar la propuesta se presentó el proyecto a un grupo variado de profesores de la disciplina y externos a la Física, tal que pudo verificar la coherencia, pertinencia, funcionalidad y viabilidad mediante entrevistas. 7 de los 8 docentes reconocieron la necesidad y bondades del proyecto, mientras que el restante encontraba algunas trabas en relación a la implementación y respuesta esperada de los alumnos. También hubo aspectos de mejora como la secuencia didáctica, los pesos de la evaluación, la implementación del piloto o la gamificación que luego fueron revisados con tal de alinear todos los elementos con los objetivos planteados.
- Se presentó igualmente el proyecto a estudiantes de la carrera de Física, haciendo la distinción de que a una parte de ellos (de los últimos semestres) se les entrevistó directamente, mientras que al resto se les solicitó que completen un cuestionario. Los resultados fueron muy positivos en tanto se alinearon con lo planteado según los criterios puestos en tela de juicio, como la coherencia y viabilidad. Los tiempos dedicados por sesión para realizar este tipo de trabajos fueron corroborados, la dificultad para adaptarse a los

cambios no presentó severas complicaciones y el interés de antemano por la propuesta fueron los principales aportes recogidos de estos testimonios.

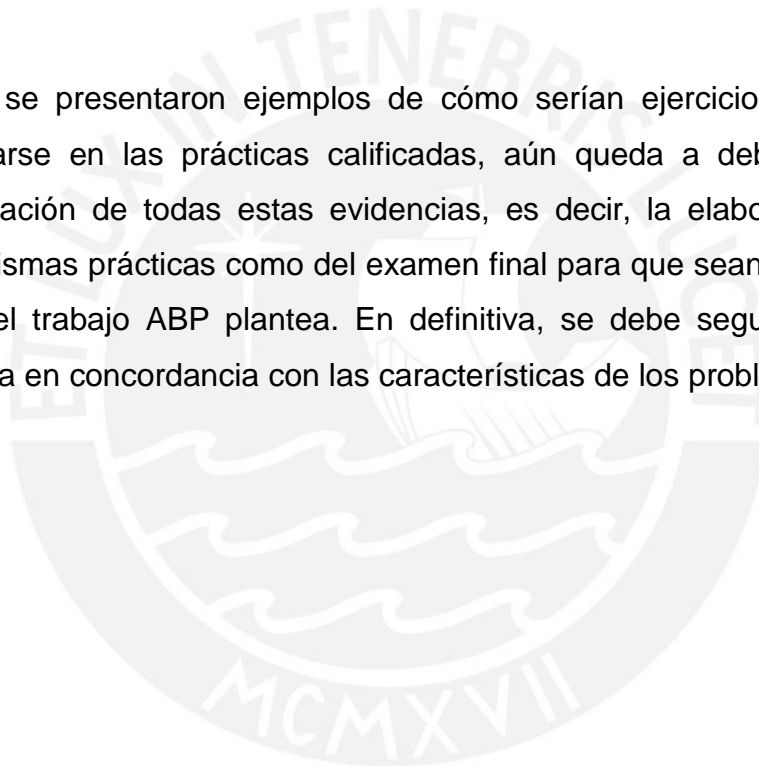
- Al contrastar las posturas de expertos en las áreas con la de los alumnos se observaron muchas similitudes, entre las que destacan las necesidades de que el sistema de evaluación se vea modificado, la importancia y aceptación del cambio o las trabas que generaría la falta de motivación/interés en una implementación como la mostrada.
- En base a los cuatro criterios de validación, de manera especial respecto a la pertinencia y coherencia, se puede anticipar una respuesta positiva para con el curso en relación a la autonomía otorgada, la competencia propiciada y un sistema de evaluación que es coherente con la metodología tras recoger los distintos comentarios de los alumnos y los expertos. Si bien existieron contraargumentos que cuestionaron la viabilidad o aspectos de la funcionalidad, al reorientar cierto pilares del proyecto como la secuencia didáctica o el abordaje de la metodología se pudo esclarecer dichos puntos, dando como resultado un proceso de validación exitoso que, recogiendo diversos comentarios, pudo deparar en la aceptación de una propuesta que se presentaba congruente, consecuente y útil frente a la problemática encontrada.
- En términos teóricos de las características necesarias de un curso para cumplir con la construcción de A.S., es posible mencionar que la práctica de las grandes problemáticas supone un desafío (tanto por la extensión como por el abordaje novedoso que se le da), mientras que aspectos como la participación activa de los estudiantes, la interacción multidireccional y una evaluación basada en los procesos y reflexión terminan de complementar los criterios para considerar a este diseño como funcional en su contexto.

Recomendaciones y reflexiones finales

- En cuanto a los docentes y jefes de práctica, es de vital importancia que aquellos que participen en la experiencia sean capacitados minuciosamente para que puedan seguir de manera rigurosa los pasos planteados del proyecto, la secuencia didáctica y puedan conducir y apoyar a los alumnos a que lleguen a los efectos deseados.
- Se sugiere que se evalúe de antemano a los estudiantes de primer ciclo para conocer sus niveles de Física y Matemática traídos desde el colegio, para que a raíz de los resultados se pueda brindar un taller de nivelación dictado por jefes de práctica capacitados previamente para aquellos alumnos con mayores dificultades y que su proceso de adaptación sea menos complicado, más aún cuando hay muchas instancias de trabajo individual a la hora de ejecutar el trabajo ABP.
- Se podría buscar que el piloto se desarrolle en un espacio fuera de la unidad de EEGGCC que tenga la capacidad de movilizar las carpetas para que, primero; en rincones distintos del aula se pueda reorganizar las mesas y la dinámica colaborativa sea más independiente entre cada grupo; y segundo, que las exposiciones dialogadas en clase puedan llevarse a cabo en forma de media luna para fomentar una discusión más cercana entre todos los participantes.
- Se recomienda que el piloto sea ejecutado con profesores de similar encuesta docente del semestre inmediatamente anterior; o en su defecto que dos de los horarios del mismo profesor sean comparados entre sí para ver los resultados reales sin la influencia de factores externos condicionantes.
- Se recomienda evaluar constantemente los aspectos de la gamificación y el concurso en términos del efecto motivador que tienen en los estudiantes. Eventualmente, puntos extras para el examen final se puede presentar como una meta demasiado lejana, por lo que cambiar la recompensa por puntos

extra en el primer portafolio puede tener resultados inmediatos, tal que no solo es una cuestión acumulativa, sino progresiva.

- Para medir a largo plazo la construcción correcta de los aprendizajes significativos, la forma más efectiva de verificarlos es tomar una evaluación a los estudiantes que participaron en el proceso sin previo aviso, al menos un año después de la finalización del ciclo. Ello se presenta como la oportunidad idónea para ver si tanto lo aprendido en el curso, lo repasado en las fichas de recuperación de saberes y lo trabajado en los problemas ha trascendido más allá del semestre académico de dictado.
- Si bien se presentaron ejemplos de cómo serían ejercicios posibles para presentarse en las prácticas calificadas, aún queda a deber la completa reformulación de todas estas evidencias, es decir, la elaboración tanto de estas mismas prácticas como del examen final para que sean coherentes con lo que el trabajo ABP plantea. En definitiva, se debe seguir con la tónica mostrada en concordancia con las características de los problemas.



Referencias bibliográficas

- Acevedo Díaz, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169. <http://hdl.handle.net/10498/15983>
- Adúriz-Bravo, A. (2009). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria De Didáctica*, 17. <https://revistas.usal.es/tres/index.php/0212-5374/article/view/3902>
- Aguilar, C. N. D. (2007). El Portafolio de Evidencias: producto idóneo para evaluar el proceso de Construcción del Aprendizaje Significativo en las asignaturas de Educación Abierta y a Distancia. *Universidad Autónoma de Tabasco*, 1-6.
- Álvarez, J., Tortosa, M. y Grau, S. (2012). La transición Secundaria-Universidad. Estrategia orientadora en la adolescencia. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(1), 557-565. <https://www.redalyc.org/pdf/3498/349832342058.pdf>
- Ardisana, E. F. H., y Fidel, E. (2012). La motivación como sustento indispensable del aprendizaje en los estudiantes universitarios. *Pedagogía Universitaria*, 17(4), 13-27.
- Arruzza, E., Chau, M., y Kilgour, A. (2023). Problem-based learning in medical radiation science education: A scoping review. *Radiography*, 29(3), 564-572. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2023.03.008>
- Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical education*, 20(6), 481-486. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.1986.tb01386.x>
- Bertrand, M. G., y Namukasa, I. K. (2022). A pedagogical model for STEAM education. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 16(2). 169-191. <https://doi.org/10.1108/JRIT-12-2021-0081>
- Botella, A. M. y Ramos, P. (2019). Investigación-acción y aprendizaje basado en proyectos. Una revisión bibliográfica. *Perfiles educativos*, 41(163), 127-141.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-26982019000100127

- Buteler, L., Nieva, C. y Velasco, J. (2021). La apropiación de la enseñanza y el aprendizaje de futuros docentes durante el curso de Didáctica de la Física. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(3), 3601. <https://rodin.uca.es/handle/10498/25611>
- Caballero, M. (2009). ¿Qué aprendizaje promueve el desarrollo de competencias?: Una mirada desde el aprendizaje significativo. *Revista Currículum*, 22(1), 11-34. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/13890>
- Castro, A., García, M., Pérez, E., y Rey, Á. (2022). Perspectivas de los estudiantes universitarios sobre el plagio durante la pandemia por COVID-19. *Revista Fuentes*, 24(3), 258-269.
- Chandra, S., Fassmann, W., Ruoti, C., Stubbs, K., Jensen, C. G., & Bala, S. (2011). Crash Simulation of PACE Formula-1 Race Car. *Computer-Aided Design & Applications*, PACE (1), 31-46.
- Coil, D., Wenderoth, M. P., Cunningham, M., & Dirks, C. (2010). Teaching the process of science: faculty perceptions and an effective methodology. *CBE—Life Sciences Education*, 9(4), 524-535.
- Daba, J. B. R., Rosmansyah, Y., y Dabarsyah, B. (2019). Problem based learning using gamification: A systematic literature review. En *2019 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Information System (ICIMCIS)* (pp. 125-130). IEEE. 10.1109/ICIMCIS48181.2019.8985216
- Díaz Barriga, F. y Hernández, G. (2010). *Estrategia Docentes para un Aprendizaje Significativo: Una interpretación constructivista* (Tercera edición). McGraw Hill.
- Eleizalde, M., Parra, N., Palomino, C., Reyna, A., & Trujillo, I. (2010). Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la Biotecnología. *Revista de investigación*, 34(71), 271-290.
- Estudios Generales Ciencias. (2016). *Programa Analítico Física 1 (FIS1)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Estudios Generales Ciencias. (2024). *Programa Analítico de Física 1 (FIS1)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Estudios Generales Ciencias. (2000). *Programa Analítico de Física General 1 (FA1)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Estudios Generales Ciencias. (2024). *Programa Analítico de Fundamentos de Física (FFIS)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Estudios Generales Ciencias. (2007). *Programa Analítico de Introducción a la Física Universitaria (IFU)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Estudios Generales Ciencias. (s.f.). *Misión y visión*. <https://facultad.pucp.edu.pe/generales-ciencias/nosotros/mision-y-vision/>
- Estudios Generales Ciencias. (s.f.). *Perfil del egresado de EE.GG.CC.* <https://facultad.pucp.edu.pe/generales-ciencias/informacion-para-el-estudiante/perfil-del-egresado-eeggcc/>
- Estudios Generales Ciencias. (2023). *Plan de estudios*. <https://facultad.pucp.edu.pe/generales-ciencias/informacion-para-el-estudiante/plan-de-estudios/>
- Facultad de Ciencias e Ingeniería. (2023). *Sobre la carrera*. <https://facultad-ciencias-ingenieria.pucp.edu.pe/carreras/ingenieria-civil/sobre-la-carrera/>
- Farrell, F., & Carr, M. (2019). The effect of using a project-based learning (PBL) approach to improve engineering students' understanding of statistics. *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, 38(3), 135-145.
- Fink, L. D. (2013). *Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing college courses*. John Wiley & Sons.
- F1 Technical (2024). *Database All Cars Ever*. <https://www.f1technical.net/f1db/cars/>
- García, I. y Gros, B (2013). Innovar para enseñar. En Bautista, G. y Escofet, A. (Eds.). *Enseñar y Aprender en la Universidad: Claves y retos para la mejora* (pp. 9-45). Octaedro Editorial.
- Google My Maps (2023). *US Airways 1549 Crash Flight Path Map*. <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1cOGa5sQKcMqAiYdiSyJjcOYu3L0&hl=en&ll=40.815067841333395%2C-73.9448225&z=12>
- Hussain, A., Azeem, M., & Shakoore, A. (2011). Physics teaching methods: scientific inquiry vs traditional lecture. *International journal of humanities and social science*, 1(19), 269-276.

- Johnston, I., & Miller, R. (2000). Is there a right way to teach physics?. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 5(1).
- Lesea, H. A. M., y Alexandra, C. (2019). The Utilisation of Short-Term and Long-Term Memory in Teaching Physics. *Journal Plus Education / Educația Plus*, 24, 74–81.
- Marra, P. P., Dove, C. J., Dolbeer, R., Dahlan, N. F., Heacker, M., Whatton, J. F., ... y Henkes, G. A. (2009). Migratory Canada geese cause crash of US Airways Flight 1549. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(6), 297-301.
<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/090066>
- Marra, R. M., Jonassen, D. H., Palmer, B., y Luft, S. (2014). Why Problem-Based Learning Works: Theoretical Foundations. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25(3/4), 221–238.
http://static.pseupdate.mior.ca.s3.amazonaws.com/media/links/Why_Problem_based_Learning_Works.pdf
- Martín, E. y Solé, I. (1990). Intervención psicopedagógica y actividad docente: claves para una colaboración necesaria. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Comps.), *Desarrollo Psicológico y Educación. II. Psicología de la Educación* (pp. 463-476). Alianza.
- Masten, A. S., y Motti-Stefanidi, F. (2020). Multisystem resilience for children and youth in disaster: Reflections in the context of COVID-19. *Adversity and Resilience Science*, 1(2), 95–106.
<https://doi.org/10.1007/s42844-020-00010-w>
- Maureira-Cabrera, O., Vásquez-Astudillo, M., Garrido-Valdenegro, F., & Olivares-Silva, M. J. (2020). Evaluación y coevaluación de aprendizajes en blended learning en educación superior. *Alteridad. Revista de Educación*, 15(2), 190-203.
- McConnell, T. J., Parker, J., y Eberhardt, J. (2017). *Problem-Based Learning in the Earth and Space Science Classroom, K-12*. NSTA Press.

- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. *Commissioned paper-Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision. Washington DC: National Academy of Sciences*, 308, 1-21.
- Montero, K. D. C. V., de Rojas, M. E. V., de Nava, L. M. T., y Del Valle Giraldoth, D. (2021). Praxis educativa por docentes universitarios para un aprendizaje significativo. *Panorama*, 15(29), 141-157. <https://doi.org/10.15765/pnrm.v15i29.2591>
- Naik, N. (2017). The use of GBL to teach mathematics in higher education. *Innovations in Education and Teaching International*, 54(3), 238-246. <https://doi.org/10.1080/14703297.2015.1108857>
- Novak, J. D. (1998). *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Alianza.
- Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. (2015). *El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica*. EduTrends. <http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/inf-doc/estrategias/>
- Palta, N., Sigüenza, J. y Pulla, J. (2018). El Aprendizaje Basado en Problemas como estrategia didáctica en el proceso de enseñanza. *Killkana sociales: Revista de Investigación Científica*, 2(2), 1-8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6538365>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä. y Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9(1-2), 81-95. https://www.researchgate.net/profile/Margus-Pedaste/publication/285309266_Improving_students'_inquiry_skills_through_reflection_and_self-regulation_scaffolds/links/5a2d5226a6fdccfbf898074/Improving-students-inquiry-skills-through-reflection-and-self-regulation-scaffolds.pdf
- Pepper, C. (2008). Implementing problem based learning in a science faculty. *Issues in Educational Research*, 18(1), 60-72. <https://www.iier.org.au/iier18/pepper.html>

- Prieto, G. y Sánchez, A. (2017). La didáctica como disciplina científica y pedagógica. *Rastros y Rostros del Saber*, 2(1), 41-52. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/rastrosyrostros/article/view/9264/77>
- Poma Huamán, M. M., y Flores Santiago, R. V. (2019). *La rúbrica como instrumento clave para evaluar el Pensamiento Crítico*. [Tesis de bachiller, Escuela Nacional Superior de Folklore José María Arguedas]. Repositorio Institucional. <http://interpretes.escuelafolklore.edu.pe:8090/dspace/handle/123456789/15>
- Pontificia Universidad Católica del Perú. (2023). *Estadísticas de cursos*. <https://ares.pucp.edu.pe/pucp/jsp/Intranet.jsp>
- Pozsgai, E. y Malaspina, U. (2014). Diseño de tareas que contribuyan a un aprendizaje significativo del concepto de derivada en estudiantes de ciencias administrativas. En J. Flores y F. Ugarte (Eds.). *Investigaciones en Educación Matemática* (pp. 137-152). Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/5782>
- Quispe, C. (2022). *Análisis del grado de completitud de una organización matemática basada de un recorrido de estudio e investigación sobre el COVID-19 en el nivel superior*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú] Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/25309>
- Rodríguez-Oroz D., Gómez-Espina R., Bravo Pérez M. J. y Truyol M. E. (2019). Aprendizaje basado en un proyecto de gamificación: vinculando la educación universitaria con la divulgación de la geomorfología de Chile. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16 (2). 2202. <https://rodin.uca.es/handle/10498/2134>
- Romero, M. y López, M. (2021). Luces, sombras y retos del profesorado en torno a la gamificación apoyada en TIC: un estudio con maestros en formación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 24(2), 167-179. <https://revistas.um.es/reifop/article/view/470991>

- Sancho, G. M. (2012). El portafolio como instrumento clave para la evaluación en educación superior. *Revista Electrónica" Actualidades Investigativas en Educación"*, 12(1), 1-23.
- Sistema de Apoyo a la Gestión. (2023). *Estadísticas*.
<https://ares.pucp.edu.pe/pucp/jsp/Intranet.jsp>
- States, N., Stone, E., y Cole, R. (2023). Creating Meaningful Learning Opportunities through Incorporating Local Research into Chemistry Classroom Activities. *Education sciences*, 13(2), 192. <https://doi.org/10.3390/educsci13020192>
- University of Colorado Boulder (2024). *PhET Interactive Simulations*.
<https://phet.colorado.edu/>
- Vicerrectorado Académico PUCP. (2023). *Modelo Educativo PUCP*. PUCP.
<https://s3.amazonaws.com/files.pucp.edu.pe/homepucp/uploads/2016/08/05144112/Modelo-Educativo-2023-web-1.pdf>
- Vicerrectorado de Investigación PUCP. (2016). *Reglamento del Comité de Ética de la Investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú*.
<http://cdn02.pucp.education/investigacion/2016/06/23214253/Reglamento-2016-VF.pdf>
- West, Ch. K., Farmer, J.A. y Wolff, P. M. (1991). *Instructional Design. Implications from Cognitive Science*. Allyn and Bacon.
- Yeh, C. T., y Chen, M. C. (2022). A mobile/desktop application to integrative science, technology, engineering, and mathematics project-based learning curriculum for continuous improvement. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 59(1), 3-19.
<https://doi.org/10.1177/0020720919837864>
- Zavala-Vargas, S. A., García-Mora, L. H., Ardila-Segovia, D. A., y de Benito-Crosetti, B. L. (2019). Motivation increase of mathematics students in Engineering—A proposal from Game Based Learning. En *2019 International Symposium on Engineering Accreditation and Education (ICACIT)* (pp. 1-6). IEEE.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9130297>

Zabalza, M. (2013). Innovación en la Enseñanza Universitaria. Contextos Educativos. *Revista De Educación*, 0(6), 113-136.
<https://publicaciones.unirioja.es/ojs/index.php/contextos/article/view/5311>

Zamyatina, O., Yurutkina, T. Y., Mozgaleva, P., & Gulyaeva, K. (2014). Implementation of Games in Mathematics and Physics Modules. *Proceedings of the European Conference on Games Based Learning*, 2, 652–661.



Anexos

Anexo 1: Encuesta para la Indagación

Enlace a la encuesta: <https://forms.gle/8XWFaKLbxuRKt2ik7>

Anexo 2: Entrevista para la Indagación

Guía de entrevista común para los 3 informantes:

Objetivo: Conocer a detalle la metodología de enseñanza de cada docente

Tipo de entrevista: Presencial

Tiempo promedio: 20 minutos

Lugar de la entrevista: Centro de trabajo de los docentes

Preguntas:

1. ¿Puede describir su metodología o técnicas de enseñanza?
2. ¿Cuáles han sido las principales dificultades a la hora de enseñar?
3. ¿Cuál es su proceso de planificación?
4. Dadas las características que observa del curso y los alumnos, ¿qué otra metodología considera que se podría implementar?
5. ¿Qué opina de la utilización de una metodología basada en problemas?

Anexo 3: Sílabo Original FFIS

PROGRAMA ANALÍTICO

CURSO	:	FUNDAMENTOS DE FÍSICA (FFIS)
CLAVE	:	1FIS01
TIPO	:	OBLIGATORIO PARA TODAS LAS ESPECIALIDADES
CRÉDITOS	:	
:		3.50 HORAS DE:
TEORÍA	:	3 SEMANALES
PRÁCTICA	:	2 QUINCENALES
REQUISITOS	:	NO TIENE
SEMESTRE	:	2024-1

I. Objetivos del curso

Al término del semestre, el estudiante será capaz de resolver problemas de vectores en dos dimensiones por métodos gráficos o analíticos. Será capaz de utilizar los sistemas de unidades internacional (SI) e inglés. El alumno será capaz de utilizar magnitudes físicas escalares y vectoriales, para ello, emplear operaciones de dos ecuaciones con dos incógnitas y dar su respuesta en notación científica.

En cinemática de la partícula, el alumno será capaz de describir el movimiento en una dimensión de la partícula con velocidad constante y con aceleración constante. Para ello, el alumno será capaz de emplear las ecuaciones de movimiento y de velocidad, así como, las gráficas de posición-tiempo y velocidad-tiempo. Aplicar los conceptos de distancia, velocidad, rapidez y aceleración y utilizar adecuadamente el sistema de referencia. Utilizar los conceptos de cinemática para la solución de problemas de dos y tres móviles, con el uso las ecuaciones de movimiento y velocidad y gráficas velocidad-tiempo y posición-tiempo.

En dinámica de la partícula, el alumno será capaz de aplicar las leyes de Newton, los conceptos de masa y peso. Utilizar las unidades en el Sistema Internacional. Comprender la ley de gravitación universal. Emplear el diagrama de cuerpo libre, reconocer correctamente las fuerzas normales y tensiones, las fuerzas de acción y reacción. Equilibrio de una partícula. Resolver problemas de dinámica con planos inclinados, poleas y cuerdas ideales. El alumno será capaz de resolver ejemplos y problemas sin fricción, de uno, dos y tres bloques unidos por cuerdas ideales que pasan por poleas ideales. Al término del semestre, el alumno será capaz de reconocer y emplear las fuerzas de fricción, fricción estática y cinética (tendencia al movimiento y movimiento relativo). Fricción estática máxima, coeficientes de rozamiento estático y cinético, en experimentos, ejemplos y problemas con fricción: de un bloque sobre una superficie horizontal y en plano inclinado, dos y tres bloques unidos por cuerdas ideales y que pasan por poleas ideales.

Finalmente, en trabajo y energía, el alumno será capaz de resolver problemas de mecánica clásica mediante la aplicación del teorema del trabajo y la energía cinética, así como la ley de conservación de la energía.

II. Metodología

El curso se desarrolla usando la metodología de clases expositivas. Apoyadas algunas de ellas, en consideración del profesor, en demostraciones experimentales o simulaciones en computadora, con sesiones de ejercicios y problemas dirigidos. Asimismo, se cuentan con prácticas calificadas a lo largo del semestre.

En las clases expositivas se presentan, con adecuado rigor matemático y formalismo teórico apropiado, los conceptos básicos de la física. Del mismo modo, se pone énfasis en la discusión y trabajo cooperativo entre los alumnos.

En las prácticas los alumnos resuelven de forma individual los problemas, basados en diversos materiales de enseñanza dados en clase: lecturas, cuestionarios, actividades desarrolladas por el profesor.

Las consultas que el estudiante necesite realizar al profesor del curso las puede hacer durante la clase (si el tema corresponde), fuera de ella (en los horarios de asesoría que el profesor proporciona), mediante el foro del curso o por correo electrónico.

III. Sumilla

Se aborda de manera teórico-práctica la mecánica de la partícula, profundizando en los temas de cinemática y dinámica; para este fin, se realizan operaciones con magnitudes escalares y vectoriales. En cinemática, se estudian temas de movimiento rectilíneo, casos de velocidad o aceleración constantes, cuerpos en caída libre y su representación gráfica en el tiempo, así como el movimiento de proyectiles. En dinámica, se desarrollan las tres leyes de Newton, los conceptos de masa y peso, y la fuerza de rozamiento. Finalmente, se generan espacios de aprendizaje para la aplicación de los conceptos básicos de Trabajo y Energía.

IV. Descripción del programa

CAPÍTULO 1. Cantidades físicas (3 horas)

Sistema internacional de unidades. Magnitudes fundamentales y derivadas. Prefijos de múltiplos y submúltiplos. Conversión de unidades. Magnitudes escalares y vectoriales.

CAPÍTULO 2. Vectores en una y dos dimensiones (6 horas)

Definición de vector. Vectores en dos dimensiones. Adición de vectores en dos dimensiones por métodos gráficos: regla del polígono y regla del paralelogramo. Adición de vectores en dos dimensiones por métodos analíticos: descomposición rectangular, ley de senos y ley de cosenos. Resta de vectores en dos dimensiones.

CAPÍTULO 3. Cinemática de la partícula en una y dos dimensiones (15 horas)

Conceptos de cinemática. Sistema de coordenadas. Origen de coordenadas e instante inicial de tiempo.

Cinemática en una dimensión: posición, desplazamiento, distancia recorrida, velocidad media y rapidez.

Movimiento rectilíneo con velocidad constante. Definición de velocidad constante a partir de la velocidad media. Gráfica velocidad-tiempo (v_x-t). Análisis de la velocidad y del desplazamiento en la gráfica v_x-t .

Determinación de la posición como una función del tiempo (ley de movimiento) $x(t)$. Gráfica posición-tiempo ($x-t$). Análisis de la posición, del desplazamiento y de la velocidad en la gráfica $x-t$.

Movimiento rectilíneo con aceleración constante. Aceleración media. Definición de aceleración constante a partir de la aceleración media. Gráfica aceleración-tiempo (a_x-t). Análisis de la aceleración y variación de la velocidad en la gráfica a_x-t . Determinación de la velocidad como una función del tiempo (ley de velocidad) $v(t)$. Gráfica v_x-t . Análisis del desplazamiento, de la velocidad y de la aceleración en la gráfica v_x-t . Determinación de la posición como una función del tiempo (ley de movimiento) $x(t)$. Gráfica $x-t$. Análisis del desplazamiento, de la velocidad y de la aceleración en la gráfica $x-t$. Determinación de las ecuaciones $v_f^2=v_o^2+2a\Delta x$ y $\Delta x=\Delta t(v_f+v_o)/2$, a partir de la ley de movimiento y la ley de velocidad.

Caída libre. Convención: sistema de referencia con el eje positivo siempre hacia arriba (eje y). Velocidad como función del tiempo (ley de velocidad) $v_y(t)$. Posición como función del tiempo (ley de movimiento) $y(t)$. Características del movimiento: tiempo de subida igual al tiempo de bajada, respecto a un punto específico; rapidez de subida igual a la rapidez de bajada, respecto a un punto específico. Gráficas de aceleración-tiempo (a_y-t), de velocidad-tiempo (v_y-t) y de posición-tiempo ($y-t$).

Tiro de proyectiles. Movimiento parabólico: aceleración no paralela a la velocidad inicial. Ley de velocidad y ley de movimiento para cada eje (eje x : velocidad constante, eje y : caída libre). Vectores aceleración, velocidad y posición en función del tiempo (dos componentes). Determinación de la ecuación de la trayectoria, del alcance y del tiempo de ascenso a partir de la ley de movimiento y de la ley de velocidad. Alcance máximo. Dibujo de los vectores aceleración, velocidad y posición en la trayectoria.

CAPÍTULO 4. Dinámica de la partícula en una y dos dimensiones (12 horas)

Leyes de Newton. Concepto de fuerza. Primera ley de Newton. Inercia. Segunda ley de Newton. Tercera ley de Newton. Concepto de masa y peso. Fuerza normal. Fuerza de tensión. Diagrama de cuerpo libre y sistema de coordenadas. Equilibrio de una partícula.

Dinámica sin fricción (rozamiento). Análisis del movimiento de bloques unidos por cuerdas ideales que pasan por poleas ideales. Análisis del movimiento de bloques que se encuentran apoyados sobre planos lisos (horizontales o inclinados).

Dinámica con fricción (rozamiento). Fricción estática. Fricción estática máxima, coeficientes de rozamiento estático. Fricción cinética, coeficiente de fricción cinético. Relación entre la fuerza aplicada, la fricción estática y la fricción cinética a través de una gráfica. Análisis del movimiento de bloques unidos por cuerdas ideales que pasan por poleas ideales y se encuentran apoyados sobre planos rugosos (horizontales o inclinados).

CAPÍTULO 5. Trabajo y energía (6 horas)

Trabajo y energía cinética. Trabajo efectuado por una fuerza constante. Unidades de trabajo y energía en el Sistema Internacional. Gráfica de una fuerza constante en función de la posición. Cálculo del trabajo del peso y de la fricción cinética. Energía cinética. Teorema del trabajo y la energía cinética.

Energía potencial y conservación de la energía. Energía potencial gravitacional. Conservación de la energía mecánica (sólo fuerzas gravitacionales).

V. Bibliografía

DOUGLAS, Giancoli

2006 *Física*. Vol. 1. Sexta edición. México D.F.: Pearson Educación.

<https://www-ebooks7-24-com.ezproxybib.pucp.edu.pe/?il=3587>

Enlace permanente al catálogo de biblioteca

[https://pucp.ent.sirsi.net/client/es_ES/campus/search/detailnonmodal/ent:\\$002f\\$002fSD_ILS\\$002f0\\$002fSD_ILS:655278/one](https://pucp.ent.sirsi.net/client/es_ES/campus/search/detailnonmodal/ent:$002f$002fSD_ILS$002f0$002fSD_ILS:655278/one)

HEWITT, Paul

2007 *Física Conceptual*. Décima edición. México D.F.: Pearson Educación.

Enlace permanente al catálogo de biblioteca

[https://pucp.ent.sirsi.net/client/es_ES/campus/search/detailnonmodal/ent:\\$002f\\$002fSD_ILS\\$002f0\\$002fSD_ILS:529011/one](https://pucp.ent.sirsi.net/client/es_ES/campus/search/detailnonmodal/ent:$002f$002fSD_ILS$002f0$002fSD_ILS:529011/one)

SERWAY, Raymond y John Jewett

2008 *Física para ciencias e ingeniería*. Vol. 1. Séptima edición. México D.F.: Cengage Learning.

<https://drive.google.com/drive/folders/1kTEaXZKoOIQOHITeUHKPqjKFOOI2OWqJ?usp=sharing>

*Enlace habilitado a partir del inicio de clases con la cuenta PUCP a los matriculados en el curso.

WILSON, J.D. y A.J. Buffa

2009 *Física*. Sexta edición. México D.F.: Pearson Educación.

Enlace permanente al catálogo de biblioteca

[https://pucp.ent.sirsi.net/client/es_ES/campus/search/detailnonmodal/ent:\\$002f\\$002fSD_ILS\\$002f0\\$002fSD_ILS:441711/one](https://pucp.ent.sirsi.net/client/es_ES/campus/search/detailnonmodal/ent:$002f$002fSD_ILS$002f0$002fSD_ILS:441711/one)

VI. Sistema de evaluación

La evaluación del curso comprende prácticas y exámenes.

Primer examen (medio ciclo)

Es una prueba aplicada a mitad del semestre académico, según el rol publicado por la Secretaría Académica de la Unidad. Abarca todo lo desarrollado en el curso hasta ese momento.

Segundo examen (final)

Es una prueba aplicada al final del semestre académico, según el rol publicado por la Secretaría Académica de la Unidad. Abarca todo lo desarrollado en el curso hasta ese momento.

Prácticas calificadas

Las prácticas calificadas son evaluaciones individuales con preguntas de opción múltiple o de desarrollo, en las cuales el estudiante aborda cuestiones tratadas en el curso. Si el cálculo de la nota

da un total con decimales, esta debe redondearse al entero más próximo. Si el primer decimal es menor de 5, se eliminan los decimales.

Si un alumno no asiste a una práctica calificada, se le coloca faltó (F). No se realizarán prácticas calificadas de rezagados, aplazados, ni pruebas sustitutorias.

Prácticas de autoevaluación

Las prácticas de autoevaluación son evaluaciones individuales con preguntas de opción múltiple o para completar, en las cuales el estudiante aborda de forma previa al inicio de los capítulos del curso y de los exámenes. Las prácticas de autoevaluación no tienen nota.

Este tipo de evaluación se realiza de forma asincrónica por el tiempo máximo de una hora cada una y estarán disponibles para los alumnos en la plataforma Paideia de forma previa al inicio del desarrollo de los capítulos del curso y de los exámenes.

Los promedios de prácticas se calculan con aproximación hasta las décimas. Cualquiera sea la cifra de las centésimas, no se tomará en cuenta.

La nota final del curso se expresa solo en números enteros. Si el cálculo de la nota final da un total con decimales, debe convertirse esa cifra a enteros (se añade un punto a la nota si el primer decimal es cinco o más; se elimina el decimal si es menor de 5).

La nota final del curso se calculará utilizando la fórmula que a continuación se detalla. En ella se usa la siguiente nomenclatura:

La nota final del curso se expresa solo en números enteros. Si el cálculo de la nota final da un total con decimales, debe convertirse esa cifra a enteros (se añade un punto a la nota si el primer decimal es cinco o más; se elimina el decimal si es menor de 5). La nota final del curso se calculará utilizando la fórmula que a continuación se detalla. En ella se usa la siguiente nomenclatura:

N_f : nota final

E_1 : nota del primer examen (medio ciclo)

E_2 : nota del segundo examen (final)

P_a : promedio de prácticas de tipo P_a (incluye las de tipo P_c que hubieran). Para efectos de obtener el promedio de prácticas de tipo P_a no se toma en cuenta la práctica con calificativo más bajo.

$$N_f = \frac{3 E_1 + 3 E_2 + 4 P_a}{10}$$

Para los alumnos que rindan el examen especial, este reemplazará el examen al cual el alumno faltó según los artículos 5° y 41° del Sistema de Evaluación de Estudios Generales Ciencias.

San Miguel, marzo de 2024

Anexo 4: Sílabo Original FIS1

PROGRAMA ANALÍTICO

CURSO	: Física 1 (FIS1)
CLAVE	: 1FIS02
TIPO	: OBLIGATORIO PARA TODAS LAS ESPECIALIDADES
CRÉDITOS	: 4.50
HORAS DE:	
TEORÍA	: 4 SEMANALES
PRÁCT. CALIFICADA	: 2 MENSUALES
PRÁCT. DIRIGIDA	: 2 MENSUALES
REQUISITOS	: 1FIS01, [1MAT06], [1FIS03]
SEMESTRE	: 2024-1

I. Objetivos del curso

Al término del semestre, el estudiante será capaz de resolver problemas de movimiento de una partícula, prioritariamente, los casos de aceleración constante y aquellos cercanos a la realidad, pero bajo condiciones ideales relacionadas con la dinámica newtoniana de la partícula. Asimismo, podrá resolver problemas de trabajo y energía que involucran partículas; resolver problemas de sistema de partículas y de cuerpo rígido, enfatizando prioritariamente choques unidimensionales de partículas, así como el movimiento de un cuerpo rígido cuando gira alrededor de un eje fijo o cuando rueda sin deslizar; y, finalmente, sabrá señalar los pasos que ha seguido para resolver los problemas anteriormente indicados.

II. Metodología

El curso se desarrolla usando la metodología de clases expositivas, apoyadas algunas de ellas en demostraciones experimentales o simulaciones en computadora, con sesiones de prácticas dirigidas para la resolución de ejercicios y problemas. En las clases expositivas, se presentan, con adecuado rigor matemático y formalismo teórico apropiado, los conceptos básicos de la física. Del mismo modo, se pone énfasis en la discusión y trabajo colaborativo entre los alumnos a fin de desarrollar sus habilidades básicas, competencias y habilidades de carácter. En las prácticas dirigidas, los alumnos resuelven los problemas o cuestionarios teóricos preparados por el profesor del horario, el cual se basa en diversos materiales de enseñanza (tales como lecturas, cuestionarios o actividades planificadas por el profesor para dichas sesiones). Así mismo a lo largo del semestre se cuenta con prácticas calificadas. El Coordinador de práctica deberá informar a los profesores del curso los contenidos sobre los temas a tratar en las prácticas calificadas como en las dirigidas.

Las consultas que el estudiante necesite realizar al profesor del curso las puede hacer durante la clase (si el tema corresponde), fuera de ella (en los horarios de asesoría que el profesor proporciona), mediante el foro del curso o por correo electrónico.

III. Sumilla

Se estudia de manera teórico-práctica la mecánica de la partícula y de los sistemas de partículas desarrollando la capacidad del alumno para aplicar sus conocimientos de matemáticas en la resolución de problemas de ingeniería utilizando un pensamiento crítico y la actitud para enfrentar problemas complejos. La mecánica de la partícula comprende tanto su estudio cinemático como dinámico. Se enfatiza en estas capacidades que fortalecen las competencias de aprender a aprender; luego, se procede a estudiar los métodos basados en los conceptos de trabajo y energía como una alternativa a las leyes de Newton para la descripción y estudio del movimiento. La mecánica de los sistemas de partículas comprende el uso de los principios de conservación de momento lineal, de energía y de momento angular para el estudio de la interacción de dos o más partículas, considerando inclusive el caso en que las partículas no cambian su posición relativa entre ellas (sólido rígido).

IV. Descripción del programa

CAPÍTULO 1. Cinemática de una partícula (16 horas)

Sistema de referencia. Vector posición. Ley de movimiento: ley horaria y trayectoria. Vector desplazamiento. Movimiento rectilíneo. Determinación de la velocidad instantánea a partir de la velocidad media y de la aceleración instantánea a partir de la aceleración media. Determinación del desplazamiento a partir del gráfico v_x-t y del cambio de velocidad a partir del gráfico a_x-t . Vector velocidad. Vector aceleración: constante y variable en el tiempo. Movimiento de proyectiles. Posición, velocidad y aceleración angular. Movimiento circular uniforme. Movimiento circular uniformemente variado. Cálculo del vector aceleración. Movimiento circular general (con aceleración angular variable en el tiempo). Componente tangencial y normal de la aceleración en

un movimiento curvilíneo. Radio de curvatura. Movimiento relativo de traslación uniforme (relatividad de Galileo).

CAPÍTULO 2. Dinámica de la partícula (10 horas)

Concepto de fuerza. Tres Leyes de Newton. Sistema de referencia inercial. Ley de Gravitación Universal, cálculo de la aceleración de la gravedad. Diagrama de cuerpo libre. Dinámica con fricción (con fuerza variable en el tiempo). Dinámica del movimiento circular. Componente tangencial y normal de la fuerza (fuerza centrípeta). Dinámica del movimiento relativo. Sistema de referencia no inercial. Fuerza de arrastre en traslación.

CAPÍTULO 3. Trabajo y energía (8 horas)

Trabajo de una fuerza constante o variable con la posición (trayectoria rectilínea y curva). Fuerza elástica. Definición de energía. Energía cinética. Teorema del trabajo y la energía cinética. Fuerzas conservativas. Cálculo de la energía potencial (gravitatoria y elástica) a partir de la fuerza. Conservación de la energía mecánica total. Cálculo de la fuerza a partir de la energía potencial. Fuerzas no conservativas. Cambio en la energía mecánica para fuerzas no conservativas.

CAPÍTULO 4. Sistema de partículas (14 horas)

Centro de masa. Momento lineal de una partícula y su conservación. Impulso. Momento lineal de un sistema de partículas. Segunda ley de Newton para un sistema de partículas. Conservación del momento lineal para un sistema de partículas. Energía cinética de un sistema de partículas. Energía mecánica de un sistema de partículas. Colisiones entre dos partículas. Choques elástico, plástico e inelástico. Choques en dos dimensiones. Torque o momento de una fuerza. Definición de momento angular. Conservación del momento angular para una partícula. Cálculo del momento angular en el movimiento rectilíneo y circular uniformes. Definición de momento de inercia. Conservación del momento angular para el caso de fuerzas centrales. Momento angular de un sistema de partículas. Torque de un sistema de partículas. Cambio del momento angular debido al torque externo. Conservación del momento angular de un sistema de partículas. El problema de los patinadores.

CAPÍTULO 5. Dinámica del sólido rígido (8 horas)

Dinámica de rotación y traslación de un sólido rígido. Momento de inercia de un sólido rígido. Teorema de los ejes paralelos (Teorema de Steiner). Cálculo del momento angular para un sólido rígido que rota respecto a un eje fijo. Ecuación de movimiento de la rotación de un sólido rígido. Dinámica de la rodadura pura. Conservación del momento angular de un sólido rígido. Energía cinética de rotación. Conservación de la energía mecánica de un sólido rígido. Equilibrio del sólido rígido.

V. Bibliografía

- Textos guía

SEARS, Francis W., Mark W. Zemansky, Hugh D. Young y Roger Freedman
2009 *Física Universitaria*. Vol. 1. Decimosegunda edición. México D.F.:
Pearson. <https://goo.gl/vz8vqa>

SERWAY, Raymond y John Jewett
2008 *Física para ciencias e ingeniería*. Vol. 1. Séptima edición. México D.F.: Cengage
Learning. <https://goo.gl/bJTqXS>
<https://drive.google.com/drive/folders/1kTEaXZKoOlqOHTEUHKPqiKFOOI2OWqJ?usp=sharing>

*Enlace habilitado a partir del inicio de clases con la cuenta PUCP a los matriculados en el curso.

· Textos

complementarios

MEDINA, Hugo

2010 *Física 1*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo

Editorial. <https://goo.gl/b4SVzc>

PIAGGIO, Miguel

1998 *Física con ejercicios*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo

Editorial. <https://goo.gl/ysKMpH>

RESNICK, Robert, David Halliday y Kenneth Krane

2005 *Física*. Vol. 1. Quinta edición. México D.F.:

CECSA. <https://goo.gl/qSa6ib>

TIPLER, Paul A. y Gene Mosca

2010 *Física*. Vol. 1. Sexta edición. Barcelona:

Reverté. <https://goo.gl/XTR5hr>

VI. Sistema de evaluación

La evaluación del curso comprende prácticas y exámenes.

Primer examen (medio ciclo)

Es una prueba aplicada a mitad del semestre académico, según el rol publicado por la Secretaría Académica de la Unidad. Abarca todo lo desarrollado en el curso hasta ese momento.

Segundo examen (final)

Es una prueba aplicada al final del semestre académico, según el rol publicado por la Secretaría Académica de la Unidad. Abarca todo lo desarrollado en el curso hasta ese momento.

Prácticas

Hay dos tipos de prácticas: prácticas dirigidas y prácticas calificadas.

· Prácticas calificadas

Las prácticas calificadas son evaluaciones individuales con preguntas de opción múltiple o de desarrollo, en las cuales el estudiante aborda cuestiones tratadas en el curso. Si el cálculo de la nota da un total con decimales, esta debe redondearse al entero más próximo. Si el primer decimal es menor de 5, se eliminan los decimales.

Si un alumno no asiste a una práctica calificada, se le coloca faltar (F). No se realizarán prácticas calificadas de rezagados, aplazados, ni pruebas sustitutorias.

· Prácticas dirigidas

Las prácticas dirigidas son espacios de reforzamiento de la teoría trabajada en clase, que no solo ayudan al estudiante a tener un buen desempeño en las prácticas calificadas y exámenes, sino que también aportan al logro de los resultados de aprendizaje del curso. En ellas, los jefes de práctica apoyan a quien lo requiera con la resolución de los problemas propuestos.

Idealmente, el estudiante debe asistir a todas las prácticas dirigidas programadas en el semestre. A estas sesiones de práctica dirigida se les puede asignar una nota que se suma al puntaje obtenido en la práctica calificada correspondiente. El porcentaje de incidencia de la nota de una dirigida sobre una calificada se mantiene invariable en todas las prácticas y, además, es idéntico para todos los horarios del curso. Esta información será comunicada por el profesor al inicio de las actividades académicas.

Los promedios de prácticas se calculan con aproximación hasta las décimas. Cualquiera sea la cifra de las centésimas, no se tomará en cuenta.

La nota final del curso se expresa solo en números enteros. Si el cálculo de la nota final da un total con decimales, debe convertirse esa cifra a enteros (se añade un punto a la nota si el primer decimal es cinco o más; se elimina el decimal si es menor de 5).

La nota final del curso se calculará utilizando la fórmula que a continuación se detalla. En ella se usa la siguiente nomenclatura:

N_f : nota final

E_1 : nota del primer examen (medio ciclo)

E_2 : nota del segundo examen (final)

Pa : promedio de prácticas de tipo Pa (incluye las de tipo Pc que hubieran). Para efectos de obtener el promedio de prácticas de tipo Pa no se toma en cuenta la práctica con calificativo más bajo.

$$N_f = \frac{3 E_1 + 4 E_2 + 3 Pa}{10}$$

Para los alumnos que rindan el examen especial, este reemplazará el examen al cual el alumno faltó según los artículos 5° y 41° del Sistema de Evaluación de Estudios Generales Ciencias.

San Miguel, marzo de 2024



Anexo 5: Entrevista para la Validación con profesores de Física

Guía de entrevista común para los 4 informantes:

Objetivo: Validar la propuesta según diversos criterios

Tipo de entrevista: Presencial

Tiempo promedio: 20 minutos

Lugar de la entrevista: Centro de trabajo de los docentes

Preguntas:

1. Respecto al paso de los años y los cambios que se han venido introduciendo en la unidad, ¿considera que esta propuesta metodológica es innovadora? ¿Qué aspectos resalta más? ¿Qué cambios plantearía?
2. Según su experiencia, ¿la propuesta podría ser ejecutada fácilmente en la unidad? ¿Qué respuesta de los alumnos se puede esperar? ¿Habría disposición al trabajo?
3. ¿Los problemas planteados son funcionales para los efectos de la propuesta? ¿Qué otras perspectivas / tipos de problemas podrían abordarse? ¿Considera que las fichas son útiles para el entendimiento de los problemas?

Anexo 6: Entrevista para la Validación con profesores de otras disciplinas

Guía de entrevista común para los 2 informantes:

Objetivo: Validar la propuesta según diversos criterios

Tipo de entrevista: Presencial

Tiempo promedio: 20 minutos

Lugar de la entrevista: Centro de trabajo de los docentes

Preguntas:

1. ¿Algún elemento de la evaluación debería reorientarse? ¿Los pesos resultan coherentes? ¿Cree usted que es viable según el contexto encontrado?

- ¿Considera que esta propuesta evaluativa sería recibida de la misma manera que la actual?
2. ¿Este sistema de evaluación y metodología conjunta podría extrapolarse a otras disciplinas?

Anexo 7: Entrevista para la Validación con estudiantes de Física

Guía de entrevista común para los 2 informantes:

Objetivo: Validar la propuesta según diversos criterios

Tipo de entrevista: Presencial

Tiempo promedio: 20 minutos

Lugar de la entrevista: Centro de estudios de los docentes

Preguntas:

1. Según su trayectoria universitaria, ¿cuál considera que sería la mayor dificultad como alumno para adaptarse a las metodologías? ¿Qué cambios propondría para que resulte más asequible la aproximación al trabajo?
2. ¿Cree que el trabajo con este tipo de problemas de la manera que se plantea lograría algún cambio en su forma de aprender? ¿Cómo se sentiría al compartir muchos aspectos de la evaluación en grupo?

Anexo 8: Encuesta para la Validación

Enlace de la encuesta: <https://forms.gle/u7r1usg6Ujvmbp1q9>