



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Máster Universitario en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación
Profesional y Enseñanzas de Idiomas

*Eggdrop: Una propuesta de la
metodología Aprendizaje Basado en
Proyectos con evaluación competencial en
Física y Química*

Trabajo fin de estudio presentado por:	Silvia Lavado Anguera
Tipo de trabajo:	Propuesta de intervención
Especialidad:	Física y Química
Directora:	Alicia Palacios Ortega
Fecha:	13 de enero de 2021

Resumen

El presente trabajo de fin de máster plantea una propuesta didáctica para 1º de Bachillerato en la asignatura de Física y Química aplicando la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). La propuesta se centra en los bloques de contenido “Cinemática”, “Dinámica” y “Energía” y se reta al alumnado, trabajando por equipos, a calcular y diseñar un dispositivo que amortigüe la caída de un huevo, evitando que se rompa. En el marco teórico se describe la metodología de ABP en sus diferentes variantes, así como buenas prácticas demostradas por otras instituciones. Se recalca la importancia de la evaluación y la utilidad de esta metodología para fomentar vocaciones científicas y tecnológicas en el alumnado. Se propone un sistema de evaluación mediante rúbricas de autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación, en el que participan alumnado y profesorado, prestando atención al feedback y feedforward en cada sesión. Los equipos deben presentar de manera oral al resto de la clase sus cálculos y diseños además de demostrar la funcionalidad del dispositivo en un evento final competitivo. El proyecto se orienta según las buenas prácticas detectadas en otras instituciones, lo que avala el diseño del mismo y la calidad pedagógica. Además, la evaluación del mismo, formativa además de sumativa, centrada en el aprendizaje del estudiante y no solo en la obtención de una calificación suficiente, fomenta la motivación y la adquisición de competencias por parte del alumnado.

Palabras clave: Aprendizaje Basado en Proyectos, Coevaluación, Feedback, Rúbrica, *Eggdrop*

Abstract

This master's thesis presents a didactic proposal for the 1st year of Baccalaureate in the subject of Physics and Chemistry, applying the Project-Based Learning (PBL) methodology. The proposal focuses on the content blocks "Kinematics", "Dynamics" and "Energy". The students are challenged, working in teams, to calculate and design a device that cushions the fall of an egg, preventing it from breaking. The theoretical framework describes the PBL methodology in its different variants, as well as good practices demonstrated by other institutions. The importance of evaluation and the usefulness of this methodology to promote scientific and technological vocations in students is emphasized. The project proposes an evaluation system through rubrics of self-assessment, co-assessment and hetero-assessment, in which students and teachers participate, paying attention to feedback and feedforward in each session. Teams must orally present their calculations and designs to the rest of the class, as well as demonstrate the functionality of the device in a competitive final event. The project is oriented according to good practices detected in other institutions, which support its design and pedagogical quality. In addition, the assessment, formative as well as summative, is focused on student learning and not only on obtaining a sufficient grade, encourages motivation and the acquisition of learning outcomes and competences by students.

Keywords: Project Based Learning, Co-assessment, Feedback, Rubrics, Egg-drop

Índice de contenidos

1. Introducción	7
1.1. Justificación.....	7
1.2. Planteamiento del problema	8
1.3. Objetivos	10
1.3.1. Objetivo general	10
1.3.2. Objetivos específicos	10
2. Marco teórico	11
2.1. Aprendizaje Basado en Proyectos	11
2.1.1. Descripción de la metodología	11
2.1.2. Buenas prácticas en las universidades	13
2.1.3. Buenas prácticas en Educación Secundaria.....	14
2.2. Evaluación orientada a competencias	15
2.3. Herramientas y buenas prácticas	17
3. Propuesta de intervención	20
3.1. Presentación de la propuesta	20
3.2. Contextualización de la propuesta	21
3.3. Intervención en el aula	22
3.3.1. Objetivos.....	22
3.3.2. Competencias	23
3.3.3. Contenidos.....	24
3.3.4. Metodología	25
3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades	27

3.3.6. Recursos.....	38
3.3.7. Evaluación.....	39
3.4. Evaluación de la propuesta.....	47
4. Conclusiones.....	51
5. Limitaciones y prospectiva	53
6. Referencias bibliográficas	55
Anexo I - Contenidos de 1º Bachillerato de Real Decreto 1105/14	61
Anexo II - Recursos para recoger conocimientos previos	64

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama caída libre y ecuaciones básicas.....	25
Figura 2. Modelo de dron utilizado en Ibticae	39
Figura 3. Diagrama de presiones en un ala	54

Índice de tablas

Tabla 1. Tareas evaluables en ABP	19
Tabla 2. Temporalización, competencias, contenidos e hitos evaluables	28
Tabla 3. Ficha informativa de la Sesión 1	30
Tabla 4. Ficha informativa de la Tarea A	31
Tabla 5. Ficha informativa de la Sesión 2	31
Tabla 6. Ficha informativa de la Sesión 3	32
Tabla 7. Ficha informativa de la Tarea B	33
Tabla 8. Ficha informativa de la Sesión 4	34
Tabla 9. Ficha informativa de la Sesión 5	34
Tabla 10. Ficha informativa de la Sesión 6	35
Tabla 11. Ficha informativa de la Sesión 7	36
Tabla 12. Ficha informativa de la Sesión 8	37
Tabla 13. Rúbrica para el docente - Heteroevaluación	41
Tabla 14. Rúbrica para el alumnado - Coevaluación sobre el propio equipo	42
Tabla 15. Rúbrica para el alumnado - Coevaluación sobre otro equipo	44
Tabla 16. Rúbrica para el estudiante - Autoevaluación.....	45
Tabla 17. Matriz DAFO de evaluación de la propuesta	48

1. Introducción

Este Trabajo de Fin de Estudios desarrolla una propuesta didáctica para la asignatura de *Física y Química* de 1º de Bachillerato en la Comunidad de Madrid. Se aplicará la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP, o *PBL* por las siglas en inglés de *Project-Based Learning*), poniendo el foco en la evaluación. Se busca un sistema y herramientas de evaluación que, aun realizando los proyectos de forma colaborativa, permitan garantizar la adquisición de competencias de todo el alumnado. En los siguientes capítulos se expondrá la motivación para la propuesta, el marco teórico sobre el estado del arte y el desarrollo práctico de la propuesta.

1.1. Justificación

Los últimos cursos de la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato son la antesala en la que los estudiantes se orientan hacia estudios universitarios, otro tipo de formación superior como ciclos formativos, o escogen incorporarse al mundo laboral. La tendencia en los últimos años muestra que existe un declive en el número de estudiantes que eligen carreras técnicas de ciencia e ingeniería, también conocidas como STEM (siglas en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) contraria a las necesidades del mercado y sociedad actuales (Vázquez Alonso & Manassero Más, 2015). Esta pérdida de talento técnico, resulta especialmente acusada entre estudiantes de género femenino debida a estereotipos y falta de oportunidades para afianzar la autoestima de las estudiantes acerca de su capacidad científico-tecnológica (Álvarez-Lires, Arias-Correa, Serrallé Marzoa, & Varela Losada, 2014).

Asimismo, uno de los principales factores que intervienen en un proceso de enseñanza-aprendizaje exitoso es la motivación del alumnado, siendo una de las fuentes fundamentales para la misma el logro de tareas complejas que requieran la superación de un reto (Valdés Cuervo, Terrazas Chávez, Madueño Serrano, Carlos Martínez, & Urías Martínez, 2010). Si el objetivo es mantener y fomentar las vocaciones STEM de las y los estudiantes y proporcionar oportunidades que les motiven y donde se pongan a prueba, se debe aplicar una metodología que permita este escenario.

La UNESCO (Organización Educacional, Científica y Cultural de Naciones Unidas) identifica el Aprendizaje Basado en Proyectos como una metodología centrada en el estudiante que, por equipos de trabajo, favorece que el alumnado adquiera los resultados de aprendizaje y

competencias establecidas (UNESCO, 2018). Además, convirtiendo al profesor en un guía de aprendizajes en estudios de ciencia y tecnología, se consigue que los estudiantes adquieran a su vez habilidades transversales o *soft-skills* (Holgaard, Hadgraft, Kolmos, & Guerra, 2015). Por estos motivos se escoge el Aprendizaje Basado en Proyectos para la presente propuesta didáctica en el curso de 1º de Bachillerato en la asignatura de Física y Química.

La manera de afrontar la metodología ABP por parte de alumnado y cuerpo docente se ve clara y determinantemente marcada por el sistema de evaluación, que influye tanto en el seguimiento como en el producto final, así como en la autogestión del proceso de enseñanza-aprendizaje (Cruz Nuñez & Quiñones Urquijo, 2012). Resulta un valor añadido no solo involucrar al alumnado en su propia evaluación, sino también a sus pares y otros miembros de la comunidad educativa, dado que así la perciben como más justa y refuerza su control sobre el propio aprendizaje (Rodriguez Migueles & Hernández Yulcerán, 2014). Aplicando herramientas que impliquen a los participantes en la propuesta formativa en la evaluación de la misma, se busca conseguir un aprendizaje más significativo durante toda la duración del proyecto.

La legislación española educativa actual, Ley Orgánica 8/2013 para la mejora de la calidad educativa, no obliga a la implantación de una metodología concreta, sino que indican la necesidad de “propiciar las condiciones que permitan el oportuno cambio metodológico, de forma que el alumnado sea un elemento activo en el proceso de aprendizaje” (Boletín Oficial del Estado, 2013). Por otro lado, el Real Decreto 1105/2014 por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato, establece como dos de los objetivos de la etapa de Bachillerato “Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida” y “Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico” (Boletín Oficial del Estado, 2014). Ambos objetivos forman parte del diseño de la propuesta didáctica.

1.2. Planteamiento del problema

La metodología de ABP presenta un enfoque multidisciplinar, con el alumnado como protagonista, permitiendo su desarrollo competencial mediante el trabajo experiencial de los contenidos definidos para cada asignatura. A nivel universitario, la implantación del ABP tiene

un largo recorrido como se indicará en el capítulo de marco teórico, con diversidad de propuestas y desarrollos en su aplicación. Sin embargo, en institutos de Educación Secundaria, las experiencias tienen carácter menos universal y la aplicación de la metodología está siendo menos diversa y extendida.

Por otro lado, en aquellos casos en los que se aplica, la evaluación de los trabajos del alumnado y su peso en la nota final de la asignatura continúa siendo tradicional y sumativa más que formativa. Se limita así el éxito de la metodología ABP y la participación de los estudiantes en la medida y definición del éxito de su propio aprendizaje.

Una metodología experiencial y activa, como es el ABP, y una evaluación alineada con sus valores, competencial, multidisciplinar y participativa, supone un valor añadido a la formación en ciencia y tecnología. De este modo, la motivación se orienta hacia la asignatura de Física y Química en la etapa preuniversitaria.

En el presente Trabajo de Fin de Estudios se plantea una propuesta didáctica que involucra al alumnado en todo su desarrollo, desde la definición del proyecto hasta la evaluación del mismo, con el objeto de fomentar su motivación, consolidar vocaciones STEM y hacerles protagonistas de su propio aprendizaje. El proyecto se desarrolla en la asignatura de Física y Química de Bachillerato, la cual por la cantidad de contenido que desarrolla y la importancia de la calificación final para los estudiantes, a menudo se imparte con una aproximación tradicional y una evaluación basada en exámenes escritos. El tiempo sigue siendo un recurso limitado, y la metodología ABP consume una gran cantidad del mismo, de modo que se restringe el proyecto a un trimestre y a tres bloques de contenidos, concretamente Bloque 6 “Cinemática”, Bloque 7 “Dinámica” y Bloque 8 “Energía” (Boletín Oficial del Estado, 2014). Dadas las características multidisciplinares de la metodología, el proyecto propuesto tendrá componentes de otros bloques de la asignatura, si bien no de manera troncal, y se explorará el crecimiento hacia la integración con otras asignaturas del mismo curso.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

El objetivo general del presente proyecto consiste en diseñar una propuesta didáctica con la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos adaptada en la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato poniendo el foco en la evaluación para mejorar la motivación, la adquisición de competencias y resultados de aprendizaje del alumnado.

1.3.2. Objetivos específicos

Este objetivo general se articula en cinco objetivos específicos:

1. Analizar la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos y su implantación en la Educación Secundaria y el Bachillerato, estudiando las ventajas de la misma, así como las dificultades que presenta en este tipo de alumnado.
2. Profundizar en los sistemas y herramientas de evaluación de proyectos colaborativos, estudiando la finalidad de la misma y los agentes implicados en su desarrollo.
3. Desarrollar un proyecto para la asignatura de Física y Química en los bloques de contenidos de “Cinemática”, “Dinámica” y “Energía” de manera central, concretándola en el diseño de un dispositivo físico por parte del alumnado.
4. Introducir un sistema de evaluación formativa, continua y participativa reforzando el papel protagonista del alumnado en su propio aprendizaje.
5. Evaluar la propuesta didáctica y señalar las limitaciones o riesgos de la misma, proponiendo adaptaciones según los recursos disponibles, con perspectiva global y de sostenibilidad.

2. Marco teórico

En el presente capítulo se presenta el marco teórico que sirve de referencia para desarrollar la propuesta didáctica. En primer lugar, se analiza la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos, su orientación competencial y formas de aplicación. A continuación, se revisa la teoría de evaluación y los tipos y finalidad de la misma. Por último, se recogen herramientas para llevar a cabo la evaluación de proyectos y buenas prácticas.

2.1. Aprendizaje Basado en Proyectos

Este epígrafe se dedica a la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) o, como es comúnmente conocida, *Project-Based Learning* (PBL). En primer lugar, se describirá el origen y factores de la metodología y, en segundo lugar, se analizan variantes de aplicación en diferentes instituciones educativas internacionales.

2.1.1. Descripción de la metodología

La metodología escogida para la presente propuesta didáctica, Aprendizaje Basado en proyectos, pone el foco en el desarrollo de competencias, técnicas y transversales al área de conocimiento, para fomentar la capacidad de resolución de problemas complejos por parte de los estudiantes (Lee Downey, y otros, 2006). El ABP favorece el aprendizaje interdisciplinar entorno a proyectos, que suponen para los estudiantes un reto por resolución de problemas en base a supuestos, poner en práctica sus habilidades de toma de decisiones e investigación y culmina en dispositivos o propuestas que deben presentar públicamente (Jones, Rasmussen, & Moffitt, 1997).

El Aprendizaje Basado en Proyectos es una evolución desde la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (*Problem-Based Learning*), desarrollada desde las teorías de Barrows y Savin – Baden, centrando el aprendizaje en el estudiante y colocando al maestro en la posición de facilitador de la resolución de un problema real en equipos pequeños con filosofía democrática (Rodríguez-Mesa, Kolmos, & Guerra, 2017).

La metodología ABP se basa en el paradigma sociocultural y cognición situada como una estrategia de enseñanza situada, con énfasis en el mundo real de interés práctico y para formar al alumnado en la ciudadanía (Díaz Barriga Arceo, 2003). Los proyectos a desarrollar deben requerir que los estudiantes investiguen, construyan y analicen información para la

consecución de la tarea (Wassermann, 1994), y deben plantearse desde una perspectiva experiencial.

Este tipo de aprendizaje considera al estudiante en el centro del aprendizaje, exponiéndole a una comprensión profunda de los conceptos mediante la experiencia de problemas y retos del mundo real (Pellegrino & Hilton, 2012). Según Thomas (2000), hay cinco criterios fundamentales que deben cumplirse para poder considerar que la metodología aplicada es, efectivamente, ABP:

El proyecto debe ser central, no periférico al currículo. El proyecto debe enfocarse en las cuestiones que dirijan a los estudiantes a afrontar los conceptos y principios de la disciplina. El proyecto debe involucrar a los estudiantes en una investigación constructiva. El proyecto está llevado por los estudiantes en un grado significativo. El proyecto debe ser realista, no solo un escenario académico. (p.3-4)

Es necesario tener en cuenta a la hora de aplicar esta metodología que el profesorado debe asumir que no todos los estudiantes aprenderán lo mismo en la misma profundidad, como ocurre con metodologías más tradicionales, dado que la resolución de los retos planteados en los proyectos no lleva a soluciones únicas, sino diversas (Savage, Vanasupa, & Stolk, 2007).

La implementación de la metodología ABP debe realizarse adaptando no solo los tiempos y dinámicas de trabajo en clase, sino los currículos educativos, herramientas de impartición de la materia y la evaluación (Barron, y otros, 1998), motivo por el cual su adopción resulta un proceso complejo que debe plantearse con un suficiente horizonte temporal.

Por otro lado, la metodología ABP permite una oportunidad de incluir la sostenibilidad como parte de los objetivos del diseño curricular, especialmente en áreas STEM, para fomentar que los estudiantes y responsables de la sociedad del futuro adquieran esta conciencia (Kalamas Hedden, Worthy, Akins, Slinger-Friedman, & Paul, 2017). Mediante todos estos factores y recomendaciones, la forma final de aplicar la metodología ABP resulta diversa y ofrece múltiples oportunidades para las buenas prácticas.

2.1.2. Buenas prácticas en las universidades

La metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos resulta el modelo académico central en múltiples instituciones educativas europeas, especialmente a nivel universitario. En el presente epígrafe se presentan brevemente algunas características de la implantación en instituciones como la Universidad de Aalborg (Dinamarca), las Universidades de Twente y Maastricht (Países Bajos), y la Universidad Europea de Madrid, todas ellas consideradas en sus escuelas de ciencia, tecnología e ingeniería, dado que la propuesta se planteará en la asignatura de Física y Química. Se tomarán aquellos aspectos que sean trasladables a la Educación Secundaria.

Comenzando por la Universidad de Aalborg, que combina las metodologías *Problem* y *Project Based Learning*, donde se ha adaptado la temporalización de los planes de estudio, dedicando la mitad las sesiones de cada semestre a la consecución del proyecto, impartiendo la parte teórica en un número reducido de clases (Rodríguez-Mesa, Kolmos, & Guerra, 2017). Se fomenta la autorreflexión y se promueve el emprendimiento, responsabilidad, autonomía, trabajo en equipo, comunicación y resolución de conflictos y la definición y alcance del proyecto es escogido por los estudiantes (Kolmos, Fink, & Krogh, 2006).

En segundo lugar, la Universidad de Twente ha implantado el modelo TOM (siglas en holandés de Modelo Educacional de Twente), basado en tres principios (University of Twente, 2019):

1. El estudiante asume tres roles, de investigador, diseñador y gestor
2. El proceso de enseñanza – aprendizaje lo dirige el estudiante
3. La estructura curricular se basa en módulos, con proyectos como núcleo de desarrollo.

La Universidad de Maastricht considera el aprendizaje como un proceso contextual, constructivo, colaborativo y autodirigido, sitúa la figura del tutor como clave en el desarrollo de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos y organiza los pasos para la consecución de un proyecto como “7 saltos” (de Graaff & Kolmos, 2007). El modelo está en proceso de evolución hacia la metodología Aprendizaje Basado en Investigación (*Research Based Learning - RBL*), que presenta nuevos retos y unas necesidades diferentes del alumnado y profesorado en la facultad.

Por último, la Universidad Europea de Madrid adoptó en el año 2011 la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos como eje central de su enseñanza y ha creado la Oficina PBS

organizada como grupo de trabajo de docentes para fomentar la mejora continua dentro de la Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño (AID), y una mejora de la experiencia del alumnado y del profesorado (Terrón-López, y otros, 2016). Las características centrales del modelo son conexión con el mundo real, sostenibilidad, internacionalidad, iniciativa y creatividad, innovación tecnológica y fomento del contacto con industrias o instituciones; las cuales se organizan entorno a la formación competencial del alumnado (Escuela AID Universidad Europea, 2019).

Considerando estas cuatro aproximaciones a la metodología ABP se detectan características que son fácilmente aplicables en la Educación Secundaria y otras para las que se necesitan los recursos y grado de regulación de la educación universitaria no siendo viables en ESO y Bachillerato. Algunas de las consecuencias positivas de la aplicación de esta metodología en institutos incluyen favorecer las relaciones interpersonales de los estudiantes y promover el éxito a través de pequeños logros a lo largo de la tarea (Blasco Magraner & Botella Nicolás, 2020). La percepción de profesorado de educación no universitaria sobre la metodología resulta positiva, si bien se requieren más recursos y apoyo de la dirección de los centros y de la comunidad educativa en general (Gómez Pablos, Pinto Llorente, García-Valcárcel Muñoz-Repiso, & García Rodríguez, 2018).

2.1.3. Buenas prácticas en Educación Secundaria

La metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos también se desarrolla en Educación Secundaria, con las adaptaciones a recursos, madurez del alumnado y tiempos necesarias. En el ABP el papel del estudiante consiste en participar activamente en procesos cognitivos complejos, tales como: análisis de problemas, identificación de prioridades, revisión crítica de preconceptos, o planteamiento de conclusiones (Trujillo, 2015). El docente debe crear la situación de aprendizaje en la que el alumnado pueda desarrollar esa experiencia.

Las experiencias de ABP en Secundaria tienen habitualmente un carácter transversal, integrando varias asignaturas en el desarrollo de los mismos para facilitar la adquisición de las competencias y clave y optimizar los recursos de profesorado y tiempo a los proyectos (Trujillo, 2015). Para enseñanzas STEM es una metodología ampliamente utilizada, aunque presenta dificultades en su aplicación asociadas a la relación entre objetivos del proyecto y diseño del mismo, especialmente cuando se quiere desarrollar en exceso la interdisciplinariedad (Domènech-Casal, Lope, & Mora, 2019). A la hora de incluir múltiples

áreas de conocimiento, se pierde la esencia del proyecto y la evaluación puede no estar alineada con los resultados de aprendizaje esperados.

Una de las principales ventajas de la metodología, reconocida por la mayoría de los docentes, es el aumento de la motivación de los estudiantes al emplear ABP. No obstante, para que esto ocurra, es necesario que el diseño del proyecto por parte del profesorado sea suficientemente concreto, y proporcione un andamiaje para los procedimientos que deba llevar a cabo el alumnado con autonomía (Benjumeda, Romero, & López-Marín, 2015).

Existen publicaciones experiencias reales de aplicación exitosa de Aprendizaje Basado en Proyectos en Educación Secundaria y Bachillerato, que consiguen que el alumnado desarrolle una actitud positiva hacia las ciencias. Una de estas experiencias utiliza webquest (actividades de investigación centradas en el uso de recursos de Internet) para enseñar anatomía del cuerpo humano en 3º de ESO, repartiendo la investigación de los diferentes órganos y sistemas entre grupos de clase (Álvarez-Herrero, 2020). Se realizó una comparación del aprendizaje, mediante percepción del alumnado y calificaciones, del grupo de estudiantes que participaron en ABP frente a los que estudiaron anatomía con métodos más tradicionales. Se consiguió demostrar un aprovechamiento superior de aquellos que participaron en el proyecto de ABP frente a los que no.

2.2. Evaluación orientada a competencias

En el presente epígrafe se presentan las variantes de evaluación de acuerdo a los objetivos y finalidad de la misma, la temporalización y las personas encargadas de llevarla a cabo o susceptibles de participar en la misma. Las teorías sobre evaluación son presentadas desde una perspectiva aplicable tanto a alumnado universitario como preuniversitario o de Educación Secundaria, y así se busca en los estudios de las fuentes escogidas.

La evaluación del alumnado, de acuerdo a la finalidad de la misma, puede ser “del aprendizaje”, también denominada sumativa, o “para el aprendizaje” o formativa. La evaluación *del* aprendizaje, de acuerdo a Schuwirth (2011), consiste en comparar al estudiante con respecto a un estándar o referencia durante o al final de la impartición de un contenido, es decir, tomar decisión tipo pasa/no pasa para su certificación. Para ello se realizan exámenes de contenidos, informes, presentaciones o proyectos. Por otro lado, la evaluación *para* el aprendizaje consiste en monitorizar al estudiante y proporcionar retroalimentación,

comentarios y críticas constructivas para ayudarle a identificar sus fortalezas y debilidades o áreas de mejora y poder resolver dificultades de aprendizaje en el momento en que empiezan a manifestarse (Schuwirth & Van der Vleuten, 2011). El tipo de producto que el docente puede utilizar para esta evaluación son reflexiones, desarrollo de trabajos, análisis de errores en los exámenes o recolección de ideas previas del alumnado antes de comenzar un contenido nuevo. El tipo de herramienta de evaluación, alineado con una de las dos finalidades de la evaluación, determinará, por tanto, el proceso de enseñanza-aprendizaje (Segers & Tillema, 2011).

La percepción del alumnado y del profesorado respecto a los dos tipos de evaluación es diferente, siendo los estudiantes muchos más conscientes de las diferencias entre ambas por el incremento en el grado de motivación que les supone una evaluación *para* el aprendizaje (Harlen & Deakin Crick, 2003). Una evaluación que tiene como objetivo principal aprobar, o suspender, o meramente calificar al alumnado resulta en que los estudiantes únicamente realizan aquellas actividades por las que van a ser específicamente puntuados. Esto puede generar ansiedad o falta de autoestima en caso de que no se consiga una determinada nota, enfoque a la nota y no al aprendizaje, y sentimiento de falta de control que puede derivar en falta de interés en hacer el esfuerzo.

La evaluación debe, además de identificar y categorizar el proceso de aprendizaje del estudiante de cara a orientar el proceso de enseñanza del profesorado, proporcionar una información diagnóstica al alumnado para hacerles partícipes de su rendimiento. No obstante, esta información estará incompleta si no se proporciona un pronóstico o feedforward, un plan de cómo seguir adelante, para que el estudiante sea capaz de dar los pasos necesarios para ajustar sus esfuerzos y mejorar el rendimiento (Higgins, Hartley, & Skelton, 2002). El alumnado reacciona positivamente a una evaluación variada de sus competencias, continua durante el curso y no solo final, en la que pueda participar con unos criterios conocidos y claros (Heeneman, Oudkerk Pool, Schuwirth, Van der Vleuten, & Driessen, 2015).

La metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos ha demostrado resultar adecuada para una evaluación competencial, desarrollando específicamente competencias técnicas, conocimientos, destrezas y habilidades mediante su aplicación a un proyecto colaborativo (de Miguel Díaz, 2006). A su vez, la evaluación de esta metodología debe contemplar tres niveles:

la comprensión de los conceptos, la comprensión de los principios que los rigen y las condiciones en las que éstos son aplicados (Gijbels, Dochy, Van den Bossche, & Segers, 2005).

2.3. Herramientas y buenas prácticas

Este último epígrafe del marco teórico se dedica a describir herramientas de evaluación utilizadas en la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos y buenas prácticas que fomentan el protagonismo del alumnado en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La participación de los estudiantes y el seguimiento continuo, en lugar de una evaluación final, se consideran claves para la motivación del alumnado (Ito, 2014).

Una de las formas más claras de hacer partícipe al alumnado de su propia evaluación es llevarla a cabo de manera compartida, dando voz y peso a los criterios de los estudiantes sobre la evolución de su aprendizaje mediante prácticas de autoevaluación: evaluación de su trabajo personal; y coevaluación: evaluación del trabajo de sus compañeros, entre pares (López Pastor, González Pascual, & González Pascua, 2005). Este tipo de prácticas fomentan la autocrítica y la capacidad de análisis, además de desarrollar autonomía, formación de personas responsables y de fomentar una educación democrática.

Dentro de los sistemas de evaluación adecuados para la metodología se valoran las dianas de aprendizaje y las rúbricas de evaluación. Las dianas de aprendizaje son un instrumento rápido y visual para parametrizar la información de evaluación del alumnado. Para su elaboración se seleccionan los ítems a evaluar y se sitúan en torno a círculos concéntricos, que representan del más interior al más exterior, los niveles de logro. En el caso de las dianas, cuando se usan para la autoevaluación del alunado, se busca ante todo medir la participación en el equipo de trabajo y el interés en el proyecto (Alonso Fernández, 2018). Si bien resultan una herramienta adecuada para el presente proyecto, se dejarán como propuesta de mejora una vez haya sido puesto en práctica en una clase real.

Para poder contar con el criterio de los estudiantes y realizar esta práctica de manera democrática, es fundamental estandarizar los ítems a evaluar, los criterios de logro y mínimos, así como la forma de recoger esa información; este proceso se llevará a cabo mediante el uso de rúbricas de evaluación (Alonso Fernández, 2019). Las rúbricas como instrumento persiguen la validación de la adquisición de competencias y resultados de aprendizaje por parte de los

estudiantes, contribuye a la autorregulación de los aprendizajes siempre y cuando no se reduzca la retroalimentación, recomendaciones cualitativas que pueden no quedar reflejadas de manera explícita en los ítems de la rúbrica (Cano, 2015).

El desarrollo de la rúbrica debe basarse en la identificación de las competencias que se quieren alcanzar mediante la actividad propuesta, y poner en valor las tareas concretas en que va a consistir, en el presente caso, un proyecto (Basoredó Ledo, 2017). El diseño de la rúbrica debe ser analítico, desglosando cada uno de los componentes de desempeño del alumnado y agregándolos, ponderados, en la calificación final, determinando los resultados de aprendizaje que se irán adquiriendo (Gatica-Lara & Uribarren-Berrueta, 2012).

Si se combina el uso de rúbricas con una evaluación continua, separando los hitos de evaluación a lo largo del curso, y permitiendo la evolución de los trabajos en base a la retroalimentación obtenida por los estudiantes, se consigue una evaluación para el aprendizaje más efectiva y que los estudiantes se enfrenten a las dificultades con más probabilidad de superarlas (Garriga Sarría, 2016). Para el éxito de la propuesta es necesario que el alumnado conozca la rúbrica de antemano, e incluso que participe en la medida de lo posible en la definición de la misma, para facilitar la adquisición de competencias e implicarles en el proceso de evaluación (Raposo-Rivas & Martínez-Figueira, 2014).

Para considerar una buena práctica de evaluación hay diferentes factores que deben estar presentes (Brown, Bull, & Pendlebury, 1997):

- Saber que el método de evaluación afectará al aprendizaje.
- Para medir aptitudes diversas son necesarios diversos métodos de evaluación.
- Incluir diferentes puntos de vista, de alumnado y profesorado, enriquece el proceso.
- La evaluación debe ser transparente, fiable y auténtica, sabiendo qué se evalúa.

Los tipos de tareas que son susceptibles de ser evaluados en el marco de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos son variados, algunos de los cuales se presentan en la siguiente tabla (University of Reading, 2020):

Tabla 1. Tareas evaluables en ABP

Tarea	Tipo de evaluación	Descripción
Mapa conceptual	Escrita / Oral	El alumnado debe esbozar su comprensión del tema y conceptos clave del mismo.
Informe	Escrita	Cada equipo redacta un documento describiendo su proyecto, aplicaciones e hitos del desarrollo del mismo.
Preguntas cortas	Escrita / Oral	Se cuestiona a los estudiantes de manera individual o colectiva sobre el desarrollo del proyecto y aplicación de conceptos.
Práctica o simulación	Oral / Práctica	Demostración del funcionamiento de su diseño o dispositivo desarrollado.
Presentación	Oral	Exposición al resto del grupo del proyecto final, resultados y admisión de preguntas.

Elaboración propia desde recursos Universidad de Reading, 2020

La combinación de estas tareas evaluables y la participación combinada de alumnado y profesorado en cada una de ellas determinará los hitos del desarrollo de la propuesta didáctica y los resultados de aprendizaje y competencias objetivo de cada fase.

3. Propuesta de intervención

En el presente capítulo se describe la propuesta didáctica; se contextualiza en el momento actual, el perfil de centro y alumnado susceptible de materializarla; se detalla la intervención en el aula y sus características; y se evalúa la propuesta en cuanto a su adecuación, posibilidades de ser llevada a cabo y riesgos.

3.1. Presentación de la propuesta

La propuesta didáctica a la que se dedica este Trabajo de Fin de Máster se encuadra en la asignatura de Física y Química de 1º curso de Bachillerato, con un enfoque centrado en la evaluación competencial y participativa del alumnado. La metodología aplicada es el Aprendizaje Basado en Proyectos como se ha descrito en el marco teórico del presente documento. Se propone a los estudiantes una actividad de larga duración, se detallarán los hitos y temporalización en el cronograma, por equipos de trabajo colaborativo y que tiene potencial de ser multidisciplinar con otras asignaturas del curso, como puede ser Tecnología Industrial.

El proyecto consiste, en líneas generales, en el cálculo de las condiciones de caída de un huevo de gallina desde una altura de cinco metros y diseño conceptual y práctico de un dispositivo que prevenga su ruptura por impacto. Esta prueba es tradicional en educación secundaria y preuniversitaria a nivel internacional, conocida como *Eggdrop* (McCormack, 1973) y muestra resultados motivacionales hacia las ciencias y disciplinas STEM. Se trata de un contacto con el diseño y la fabricación de ingeniería, desde una perspectiva de ciencias para entender conceptos como la cinemática de la caída libre, leyes de Newton y fuerza de la gravedad, o conservación de la energía total de un sistema (cinética y potencial particularmente).

La demostración de la funcionalidad de los dispositivos, en el caso de contar con los recursos tecnológicos al alcance de múltiples centros actualmente, se puede utilizar a su vez como herramienta motivacional y de evaluación formativa, especialmente si se imprimen en 3D los dispositivos diseñados y se utiliza un pequeño dron comercial para demostrar la eficacia del dispositivo, elevando el huevo instalado en el mismo.

3.2. Contextualización de la propuesta

El proyecto tiene lugar en un centro concertado de la Comunidad Autónoma de Madrid, en su clase de 1º curso de Bachillerato, asignatura de Física y Química con un grupo de 25 alumnas y alumnos con edades comprendidas entre los 16 y los 18 años, siendo mayoritariamente de 17 años. Este alumnado ha escogido la modalidad de Ciencias de Bachillerato, siendo una de las asignaturas troncales *Física y Química*, junto con *Dibujo Técnico o Biología y Geología*. Se trata en un 60% de estudiantes chicos, y un 40% chicas, dado que ese es aproximadamente el porcentaje de chicas representado en Bachillerato de Ciencias en España, que se reduce aún más a la hora de optar por una carrera de ingeniería (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2020).

La legislación que rige este marco educativo son las leyes orgánicas de educación vigentes en la actualidad en España: Ley Orgánica de Educación (Boletín Oficial del Estado, 2006) y Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (Boletín Oficial del Estado, 2013). La relación entre ambas se establece en el documento *LOMCE paso a paso* (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2020). De la combinación de estas fuentes se obtienen las competencias a trabajar y organización de las enseñanzas (LOMCE, Artículo 34), los objetivos del Bachillerato (Capítulo IV de LOE) y las competencias transferidas a las Comunidades Autónomas.

A nivel nacional se completa la normativa con el Real Decreto 1105/2014 (Boletín Oficial del Estado, 2014), que establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. En el Capítulo III se encuentran los Objetivos de las enseñanzas de Bachillerato (Artículo 25), así como recomendaciones de organización y evaluación, contenidos de la materia, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje evaluables.

A nivel autonómico, el marco legislativo viene definido por el Decreto 52/2015 mediante el cual se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato (Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, 2015). En este documento se describe la información aplicable a la Comunidad Autónoma de Madrid, así como información de horarios y las disposiciones adicionales.

En última instancia se debe recurrir al Proyecto Educativo del Centro para alinear la propuesta con los valores de la institución educativa, los recursos disponibles y las metodologías

favorecidas en el mismo. En este caso, se trata de un centro concertado con acceso a impresoras 3D y presupuesto para adquirir material de laboratorio para prácticas. Además, tiene capacidad para ampliar el horario en que el centro está abierto al alumnado a tardes de lunes a viernes y sábados por la mañana.

3.3. Intervención en el aula

En el presente epígrafe se describe la intervención en el aula, con toda la información que se hará pública para el conocimiento del alumnado y en la programación general de aula para el curso.

3.3.1. Objetivos

Los objetivos de la propuesta educativa están alineados con los objetivos de etapa para Bachillerato establecidos por la Comunidad Autónoma de Madrid en el Decreto 52/2015 (Artículo 3), concretamente con cuatro de ellos:

- d) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
- i) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
- k) Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.

El proyecto que se plantea al alumnado busca un acercamiento al método científico y consolidación de competencias STEM; un estímulo para aplicar su capacidad de resolución de problemas de forma autónoma, creativa y colaborativa; así como facilitar la oportunidad de experimentar la realidad de una carrera de ciencia e ingeniería antes de tomar la decisión de ingresar en la misma.

Los objetivos que se enuncian en el proyecto concreto son:

1. Conocer y saber aplicar conceptos de cinemática, dinámica y energía.
2. Analizar el movimiento de caída libre desde una perspectiva dinámica.
3. Comprender fundamentos del diseño de ingeniería y ponerlos en práctica de manera colaborativa.

Dentro de las fichas descriptivas de cada sesión se indican los objetivos específicos de la misma, alineados con los tres principales del proyecto.

3.3.2. Competencias

Las competencias que se trabajarán en el desarrollo de la propuesta didáctica son parte de las competencias clave reconocidas por la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa en España, desde el marco común de la Unión Europea (Boletín Oficial del Estado, 2015). En particular, las competencias incluidas en el proyecto, de las siete contempladas por la legislación, son:

- b) Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
(CMyCBCT, en adelante)
- d) Aprender a aprender (AA).
- e) Competencias sociales y cívicas (CSC).
- f) Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEE).

La forma de trabajar y evaluar cada una de las competencias es específica dentro del proyecto. En primer lugar, la competencia de ciencia y tecnología está ligada al contenido del proyecto, el encuadre dentro de la asignatura de Física y Química y el diseño de un dispositivo. La competencia social y cívica se enmarca en la condición de que el trabajo sea desarrollado de manera cooperativa dentro de un equipo, requiriendo que el alumnado desarrolle su capacidad de trabajar en grupo, liderazgo y empatía. El sentido de la iniciativa se trabaja en la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos de manera intrínseca dado que, al no ser la solución única y ser ésta abierta, requiere que el alumnado sea capaz de proponer ideas y desarrollos ideados de manera autónoma. Por último, y como base de la propuesta, se encuentra la competencia de aprender a aprender, mediante la cual los estudiantes se hacen responsables de su avance, con el apoyo del profesorado gracias al seguimiento que proporciona una evaluación formativa, para el aprendizaje.

En el epígrafe de evaluación se relacionarán las competencias con los hitos de evaluación y la manera de trabajarlas y evaluarlas de forma concreta.

3.3.3. Contenidos

Los contenidos de la asignatura de Física y Química en 1º curso de Bachillerato vienen definidos por el Real Decreto 1105/2014 (Boletín Oficial del Estado, 2014), que establece ocho bloques de contenido a desarrollar. El primero es genérico “Bloque 1 - La actividad científica”, los bloques 2 a 5 incluido corresponden a Química y los tres últimos a Física, siendo en estos donde se desarrolla la propuesta: Bloque 6 - Cinemática, Bloque 7 - Dinámica y Bloque 8 - Energía. En el Anexo I del presente documento se recogen todos los Contenidos, Criterios de evaluación y Estándares de aprendizaje evaluables completos para los tres bloques tal y como aparecen en la legislación.

Los contenidos específicos que se trabajan mediante el proyecto, son:

1. Sistemas de referencia inerciales. Principio de relatividad de Galileo (CT1, en adelante).
2. Composición de los movimientos rectilíneo uniforme y rectilíneo uniformemente acelerado (CT2).
3. Descripción del movimiento armónico simple (M.A.S.) (CT3).
4. Dinámica del M.A.S. Sistema de dos partículas (CT4).
5. Ley de Gravitación Universal (CT5).
6. Energía mecánica y trabajo (CT6).
7. Sistemas conservativos (CT7).
8. Energía cinética y potencial del movimiento armónico simple (CT8).

El estudio de la caída libre de un cuerpo permite en primer lugar analizar su cinemática: velocidades y aceleraciones de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado; en segundo lugar, la dinámica: fuerza gravitatoria, conservación de la cantidad de movimiento, movimientos ideales vs. reales con rozamiento, y leyes fundamentales newtonianas; y en tercer lugar conceptos de trabajo y conservación y degradación de la energía. En la Figura 1 se presenta el diagrama de la caída libre y algunas de las ecuaciones que se usan para caracterizar el movimiento.

Diagrama de caída libre

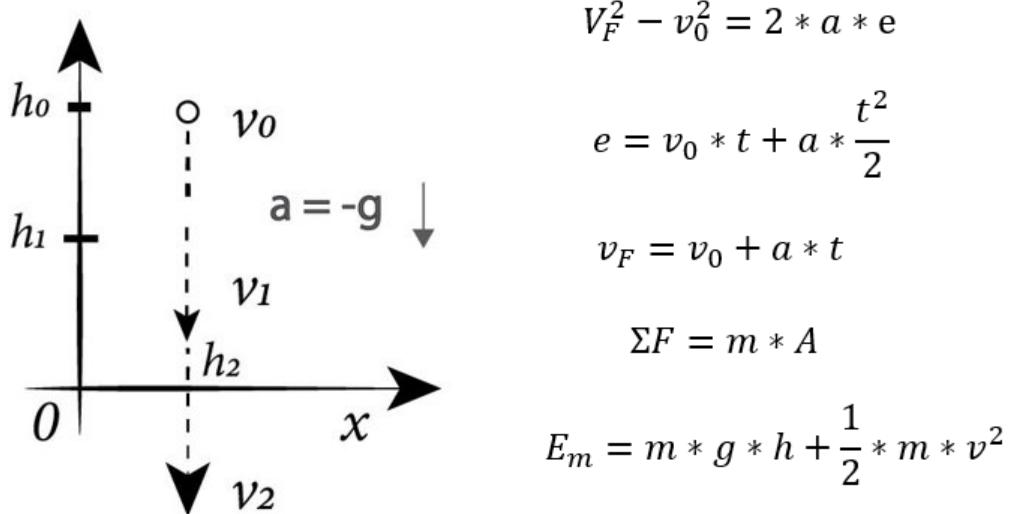


Figura 1. Diagrama caída libre y ecuaciones básicas

(Elaboración propia con base proalt.es)

3.3.4. Metodología

La metodología central de la presente propuesta didáctica es el Aprendizaje Basado en Proyectos, tal y como se ha definido en el marco teórico. Se iniciará la impartición de la materia con una presentación de los contenidos a tratar y objetivos del proyecto, definiendo los conceptos básicos que deberán explorar los estudiantes mediante su proyecto. A partir de ese punto, se establecerán los equipos de trabajo de 4 o 5 personas por grupo, organizados por el profesorado para fomentar la diversidad de perfiles, fortalezas y necesidades de aprendizaje dentro de los mismos. Se busca que tenga lugar un aprendizaje significativo, fomentando la autonomía, responsabilidad, aplicación de lo aprendido, búsqueda y análisis de información y trabajo colaborativo.

El enunciado que se presenta a los estudiantes es el siguiente:

Bienvenidos a Física de 1º de Bachillerato. Este curso vamos a estudiar el movimiento de los cuerpos, las fuerzas a las que están sometidos, y la energía de un sistema centrándonos en un sistema muy concreto, un huevo realizando un movimiento específico: la caída libre. Durante las próximas sesiones os organizaréis en equipo para analizar este fenómeno y diseñaréis una propuesta de dispositivo para mitigar las consecuencias del impacto de un huevo cayendo desde una altura de 5 metros.

Deberéis desarrollar una estrategia de trabajo como equipo y parte de la nota os la daréis vosotros mismos, sed honestos porque tendréis que demostrarlo. El evento final consistirá en fabricar ese dispositivo que portará el huevo y dejaremos caer desde un dron, además de escuchar vuestra presentación científica al resto de la clase.

Vais a contar con un cronograma de trabajo, que debéis adaptar a vuestra dinámica de grupo y estar atentos a los hitos evaluables, son momentos que no solo suman para la nota final, sino donde valoramos el trabajo y os damos correcciones e ideas de cómo continuar además de resolver dudas (Esta herramienta se incluye en el epígrafe de Cronograma y secuenciación de actividades). Por otro lado, también tendréis a vuestra disposición las rúbricas o tablas de valoración que usaréis para calificar a vuestro equipo y vuestro propio aprendizaje individual, así como para valorar el resto de proyectos de la clase (Las rúbricas se detallan en el epígrafe de Evaluación del presente documento).

Los entregables que debéis presentar son los siguientes:

1. *Análisis cinemático y dinámico de la caída libre del huevo, empleando las fórmulas y diagramas que consideréis necesarias para establecer parámetros de velocidades, tiempo, aceleración y fuerza en el impacto. Formato: documento de texto.*
2. *Análisis energético y cálculo de energía potencial, cinética y mecánica en el proceso, relacionándolo con principios físicos. Formato: documento de texto.*
3. *Estudio y propuesta de métodos para frenar, amortiguar o mitigar el impacto de la caída y su relación con las magnitudes y estudio de los puntos 1. Y 2. Formato: presentación de diapositivas.*
4. *Diseño y fabricación de prototipo para el dispositivo que cumpla con vuestras estrategias de amortiguación indicadas en el punto 3. Formato: informe en documento (diseño en CAD o a mano) y prototipo físico.*
5. *Presentación pública del trabajo y demostración de la funcionalidad del prototipo. Formato: uso del dispositivo en directo y presentación oral del proceso y lecciones aprendidas.*

Es responsabilidad vuestra organizar el tiempo de desarrollo y el de estrategia de grupo. Os animamos a ser innovadores y arriesgar con vuestra propuesta, si bien podéis buscar toda la inspiración que necesitéis en Internet. ¡Mucho ánimo a todos y proteged el huevo!

La aplicación de la metodología debe ser consecuente con la legislación y con los valores del centro educativo en temas referentes a la atención a la diversidad. Cada estudiante tiene una manera de aprender, ritmos, necesidades e intereses y el cuerpo docente debe ser consciente de los mismos para garantizar la igualdad de oportunidades, recurriendo al departamento de Orientación educativa del centro en caso de ser necesario. En este sentido resultan fundamentales las horas de tutoría y de seguimiento individual, así como las dinámicas de trabajo en cada uno de los equipos y los roles que asuman los estudiantes.

Los equipos de trabajo los formarán los propios estudiantes, si bien el profesorado se reservará el derecho de realizar los ajustes que considere para asegurar la integración de todo el alumnado y la diversidad de talentos y capacidades en cada uno de ellos. Dentro de cada equipo, los integrantes designarán un portavoz, es decir, un alumno encargado de transmitir las dudas generales al profesorado y de indicar al resto del grupo los objetivos de la sesión y tiempos. Los docentes estarán a su vez pendientes de que ningún estudiante se aísle dentro de su equipo, así como de aquellos estudiantes que muestren mayores dotes de liderazgo y puedan asumir roles de más responsabilidad dentro del grupo.

3.3.5. Cronograma y secuenciación de actividades

Este epígrafe se dedica a la temporalización de la propuesta didáctica, secuenciada por sesiones de trabajo de dos horas en el aula cada una. Se incluye además el tiempo de trabajo autónomo aproximado que debe dedicar cada equipo a continuar con el desarrollo del proyecto. La evolución de las entregas parte de un análisis teórico y de cálculo de la caída libre de un cuerpo desde la perspectiva física y evoluciona hacia la parte más práctica de diseño y prototipado del dispositivo para amortiguar esa caída.

En la aplicación de una evaluación continua para el aprendizaje, se contempla un hito evaluable en cada sesión que tiene lugar con el docente, si bien no todos estos hitos son calificables y por tanto no llevan asociada una nota numérica que haga media en la calificación final del proyecto. Todas las evaluaciones tienen el foco en el *feedback* (retroalimentación y seguimiento) y *feedforward* (pronóstico y recomendaciones de continuación), creando valor para el alumnado desde estas interacciones con el profesorado.

Las sesiones de trabajo tienen una duración de dos horas, que pueden ocurrir de manera continuada una detrás de otra o dentro de la misma semana, en dos días consecutivos o en el

espacio de tres días. En la Tabla 2 se presenta el objeto de cada una de las sesiones, los objetivos, competencias y el tipo de evaluación, de manera somera, que tiene lugar en cada una de ellas:

Tabla 2. Temporalización, competencias, contenidos e hitos evaluables

	Descripción	Comp.	Contenidos	Hito evaluable
Sesión 1	Presentación del proyecto, formación de grupos, recopilación ideas previas.	■ AA ■ CSC ■ SIEE	■ CT1 ■ CT2 ■ CT3	Formativa, corrección de ideas previas erróneas, orientación.
Tarea A	Búsqueda de información y creación de estrategias de trabajo en grupo.	■ CMyCBCT ■ AA ■ CSC ■ SIEE	■ CT1 ■ CT2 ■ CT3	Trabajo autónomo del equipo fuera del aula.
Sesión 2	Análisis y cálculo de magnitudes cinemáticas y dinámicas del movimiento. Elaboración de diagramas.	■ CMyCBCT ■ AA ■ SIEE	■ CT1 ■ CT2 ■ CT3 ■ CT4	Calificación del documento, corrección y consejos de continuación. Valoración de dinámica del grupo.
Sesión 3	Análisis energético y cálculo de energía potencial, cinética y mecánica en el proceso, relacionarlo con principios físicos.	■ CMyCBCT ■ AA ■ SIEE	■ CT4 ■ CT5 ■ CT6 ■ CT7	Calificación del documento, corrección y consejos de continuación.

Tarea B	Investigación de dispositivos para eggdrop y búsqueda de estrategias.	■ CMyCBCT ■ AA ■ CSC ■ SIEE	■ CT5 ■ CT6 ■ CT7 ■ CT8	Trabajo autónomo del equipo fuera del aula.
	Puesta en común de propuestas, ideas acerca de mejora y prototipado.	■ CMyCBCT ■ AA ■ CSC ■ SIEE	■ CT5 ■ CT6 ■ CT7 ■ CT8	Formativa, orientación técnica y de estrategias de gestión de recursos. Coevaluación del equipo.
Sesión 4	Diseño final del prototipo, búsqueda de materiales y métodos de fabricación.	■ AA ■ CSC ■ SIEE	■ CT6 ■ CT7 ■ CT8	Sumativa y formativa, facilitar herramientas de diseño 3D y opciones de prototipado.
Sesión 5	Fabricación del prototipo y primeros test del mismo.	■ CMyCBCT ■ AA	■ CT6 ■ CT7 ■ CT8	Formativa, apoyo en la fabricación y puntos de mejora de diseño.
Sesión 6	Prueba final competitiva y presentación oral a la clase.	■ AA ■ CSC ■ SIEE	■ CT1, CT2 ■ CT3, CT4 ■ CT5, CT6 ■ CT7, CT8	Calificación de resultados, desarrollo final y habilidades comunicativas.
Sesión 7	Reflexión, puesta en común de la experiencia, propuestas de mejora.	■ CMyCBCT ■ AA ■ CSC ■ SIEE	■ CT1, CT2 ■ CT3, CT4 ■ CT5, CT6 ■ CT7, CT8	Formativa, debate constructivo con la clase, autoevaluación y coevaluación finales.

A continuación, se especifica mediante fichas el desarrollo de cada una de las sesiones de trabajo:

Tabla 3. Ficha informativa de la Sesión 1

Sesión 1	Duración: 2 horas
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">▪ Obj. 1: Familiarizarse con los conceptos fundamentales de cinemática, dinámica y energía.▪ Obj. 2: Aplicar razonamiento científico a situaciones cotidianas, en concreto a la caída libre.	
Competencias: <ul style="list-style-type: none">▪ AA▪ CSC▪ SIEE	Contenidos: <ul style="list-style-type: none">▪ CT1▪ CT2▪ CT3
Criterios de evaluación e hitos evaluables: <ul style="list-style-type: none">▪ CE1, CE2 y CE4▪ Se corrigen las ideas previas erróneas y se orienta en el enfoque del proyecto.▪ Uso de la rúbrica de autoevaluación.	
Desarrollo de la sesión: <p>En esta sesión tiene lugar la presentación del proyecto (20 minutos) y la formación de los equipos de trabajo (20'). Estos equipos, como se ha indicado anteriormente, se dejan a elección del alumnado, si bien el profesorado fomentará la diversidad de capacidades y talentos en los mismos. Después, se recopilan las ideas previas del alumnado mediante una puesta en común de los conceptos que ya conocen (40'). Esta puesta en común se puede facilitar mediante diapositivas preparadas por el profesorado con preguntas orientadas, como la comparación en la velocidad de caída entre una bola de plomo y una pluma. Existen además múltiples recursos públicos en video para demostraciones, en el Anexo II se indican algunas claves. Se resuelven dudas iniciales mediante un debate en el que participa toda la clase, se consensua si hay que hacer modificaciones en las rúbricas propuestas, y se rellena la rúbrica de autoevaluación (40').</p>	

Elaboración propia, 2020

Tabla 4. Ficha informativa de la Tarea A

Tarea A	Duración: 2 horas								
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">▪ Obj. 1: Indagar acerca de los conceptos básicos cinemáticos y dinámicos de la caída libre▪ Obj. 2: Desarrollar estrategias de trabajo en equipo.									
Competencias: <table><tr><td>▪ CMyCBCT</td><td>Contenidos:</td></tr><tr><td>▪ AA</td><td>▪ CT1</td></tr><tr><td>▪ CSC</td><td>▪ CT2</td></tr><tr><td>▪ SIEE</td><td>▪ CT3</td></tr></table>		▪ CMyCBCT	Contenidos:	▪ AA	▪ CT1	▪ CSC	▪ CT2	▪ SIEE	▪ CT3
▪ CMyCBCT	Contenidos:								
▪ AA	▪ CT1								
▪ CSC	▪ CT2								
▪ SIEE	▪ CT3								
Criterios de evaluación e hitos evaluables: <ul style="list-style-type: none">▪ Se trabaja fuera del aula, en la siguiente sesión se recogen los resultados y se va rellenando la rúbrica.									
Desarrollo de la sesión: <p>En esta sesión el equipo trabaja fuera del aula. Deben organizarse para buscar información acerca de la caída libre y de dispositivos de amortiguación de la misma. Generan un documento con sus averiguaciones que sirva de base para el trabajo. Además, desarrollan las estrategias para trabajar en grupo: medios de comunicación, tiempos de dedicación y roles.</p>									

Elaboración propia, 2020

Tabla 5. Ficha informativa de la Sesión 2

Sesión 2	Duración: 2 horas de trabajo autónomo				
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">▪ Obj. 1: Calcular las magnitudes cinemáticas y dinámicas de la caída libre.▪ Obj. 2: Representar en diagramas el movimiento y sus variables.					
Competencias: <table><tr><td>▪ CMyCBCT</td><td>Contenidos:</td></tr><tr><td></td><td>▪ CT1</td></tr></table>		▪ CMyCBCT	Contenidos:		▪ CT1
▪ CMyCBCT	Contenidos:				
	▪ CT1				

<ul style="list-style-type: none"> ▪ AA ▪ SIEE 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CT2 ▪ CT3 ▪ CT4
Criterios de evaluación e hitos evaluables:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ CE2, CE3, CE4, CE5, CE6 y CE7 ▪ Calificación del documento, corrección y consejos de continuación. Valoración de dinámica del grupo. ▪ Uso de la rúbrica de heteroevaluación y coevaluación. 	
Desarrollo de la sesión:	
<p>Esta sesión comienza con una corrección pública de los documentos entregados, resolviendo las dudas de los equipos en común (30'). La siguiente etapa se dedica al cálculo de las magnitudes cinemáticas y dinámicas del movimiento de caída libre y a la elaboración de diagramas descriptivos del mismo (50'). Por último, el docente acompaña a cada grupo en el análisis de sus estrategias de trabajo y dificultades que estén encontrando, mientras el resto de la clase sigue rellenando las rúbricas de la sesión (40').</p>	

Elaboración propia, 2020

Tabla 6. Ficha informativa de la Sesión 3

Sesión 3	Duración: 2 horas
Objetivos específicos:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Obj. 1: Aplicar el principio de conservación de la energía al movimiento de caída libre de un cuerpo. ▪ Obj. 2: Calcular la energía cinética, potencial y mecánica en cada punto. 	
Competencias:	Contenidos:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ CMyCBCT ▪ AA ▪ SIEE 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CT4 ▪ CT5 ▪ CT6 ▪ CT7
Criterios de evaluación e hitos evaluables:	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ CE1, CE2, CE3, CE4, CE5 y CE7 	

<ul style="list-style-type: none"> ■ Se califica el documento de la sesión anterior y se proporciona feedback y feedforward. ■ Uso de la rúbrica de heteroevaluación.
<p>Desarrollo de la sesión:</p> <p>La sesión comienza con feedback y feedforward de los cálculos y diagramas de la sesión anterior (30'), resolviendo las dudas en común. En esta sesión se introducen los conceptos de energía potencial, cinética y mecánica del proceso, así como el principio de conservación de la energía mecánica (40'). A continuación, cada equipo continúa con sus cálculos y diagramas, esta vez respecto a la energía del cuerpo durante el proceso (50'). El profesorado apoya a cada equipo en el aula, resolviendo las dudas que surjan y orientándoles en la relación de conceptos. Los docentes además toman nota de los avances y rellenan la rúbrica de heteroevaluación, proporcionando feedback y feedforward por escrito, además de calificación.</p>

Elaboración propia, 2020

Tabla 7. Ficha informativa de la Tarea B

Tarea B	Duración: 2 horas de trabajo autónomo
<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Objt. 1: Indagar acerca de los fundamentos del diseño de ingeniería. ■ Obj. 2: Desarrollar estrategias de trabajo en equipo. 	
<p>Competencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ CMyCBCT ■ AA ■ CSC ■ SIEE <p>Contenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ CT5 ■ CT6 ■ CT7 ■ CT8 	
<p>Criterios de evaluación e hitos evaluables:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Se trabaja fuera del aula, en la siguiente sesión se recogen los resultados y se va rellenando la rúbrica. 	
<p>Desarrollo de la sesión:</p> <p>En esta sesión el equipo trabaja fuera del aula. Deben organizarse para buscar información acerca de dispositivos para <i>eggdrop</i>. Generan un documento con sus averiguaciones que sirva de base para el trabajo. Además, desarrollan las estrategias para trabajar en grupo: medios de comunicación, tiempos de dedicación y roles.</p>	

Tabla 8. Ficha informativa de la Sesión 4

Sesión 4	Duración: 2 horas
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">▪ Obj. 1: Aplicar conceptos básicos de ingeniería de fabricación.▪ Obj. 2: Analizar los recursos disponibles y la optimización de los mismos.	
Competencias: <ul style="list-style-type: none">▪ CMyCBCT▪ AA▪ CSC▪ SIEE Contenidos: <ul style="list-style-type: none">▪ CT5▪ CT6▪ CT7▪ CT8	
Criterios de evaluación e hitos evaluables: <ul style="list-style-type: none">▪ CE4, CE5, CE6, CE7 y CE8▪ Formativa, orientación técnica y de estrategias de gestión de recursos.▪ Uso de las rúbricas de coevaluación y autoevaluación.	
Desarrollo de la sesión: <p>Esta sesión tiene por objetivo poner en común las propuestas de dispositivo de amortiguación de la caída encontradas y la valoración de elementos comunes y diferenciadores que deben tener (50'). A continuación, se dan unas bases de prototipado, diseño en CAD y uso de impresora 3D (en caso de que el alumnado tenga autonomía para usarlas) o de materiales para la fabricación (50') valorando los recursos del centro. Cada estudiante valora su avance, autoevaluación, y el del equipo, coevaluación (20').</p>	

Elaboración propia, 2020

Tabla 9. Ficha informativa de la Sesión 5

Sesión 5	Duración: 2 horas
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">▪ Obj. 1: Desarrollar un plan de fabricación para el prototipo.▪ Obj. 2: Asegurar la disponibilidad de los recursos necesarios.	

<p>Competencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ AA ▪ CSC ▪ SIEE 	<p>Contenidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CT6 ▪ CT7 ▪ CT8
<p>Criterios de evaluación e hitos evaluables:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CE4, CE5, CE7 y CE8 ▪ Formativa y sumativa, estrategias de fabricación. ▪ Uso de la rúbrica de heteroevaluación. 	

Elaboración propia, 2020

Tabla 10. Ficha informativa de la Sesión 6

<p>Sesión 6</p>	<p>Duración: 2 horas</p>
<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Obj. 1: Fabricar el prototipo diseñado. ▪ Obj. 2: Experimentar con la funcionalidad del mismo. 	

35

Desarrollo de la sesión:

Esta sesión se dedica casi por completo a la fabricación del prototipo y a los primeros test del mismo, para garantizar su correcto funcionamiento (100'), bajo la supervisión y guía del profesorado. Estos ensayos consisten en dejar caer el dispositivo con un peso dentro para simular el huevo, y demostrar que el dispositivo mantiene su integridad tras la caída desde una altura. A medida que se vaya perfeccionando, se puede proceder a probar con un huevo dentro. Se recomienda tener papel de cocina o una fregona a mano para que use el alumnado y no dar trabajo extra al personal de limpieza. Se reservan los últimos 20' para llenar las rúbricas de coevaluación de los compañeros.

Elaboración propia, 2020

Tabla 11. Ficha informativa de la Sesión 7

Sesión 7	Duración: 2 horas
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">▪ Obj. 1: Demostrar la funcionalidad del prototipo.▪ Obj. 2: Presentar a la clase el desarrollo completo del proyecto y resultados.	
Competencias: <ul style="list-style-type: none">▪ AA▪ CSC▪ SIEE	Contenidos: <ul style="list-style-type: none">▪ CT1, CT2▪ CT3, CT4▪ CT5, CT6▪ CT7, CT8
Criterios de evaluación e hitos evaluables: <ul style="list-style-type: none">▪ CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7 y CE8▪ Calificación de resultados, desarrollo final y habilidades comunicativas.▪ Uso de la rúbrica de heteroevaluación.	
Desarrollo de la sesión: <p>En esta sesión tiene lugar la presentación final competitiva de cada uno de los prototipos, lanzando el huevo instalado en ellos desde un primer piso al suelo o desde un dron en caso de contar con los recursos. Cada equipo, realiza una presentación oral a la clase del desarrollo de su proyecto, cálculos realizados y decisiones de ingeniería tomadas. El profesorado evalúa los resultados y habilidades comunicativas mientras que el resto de equipos valoran la funcionalidad del dispositivo.</p>	

Tabla 12. Ficha informativa de la Sesión 8

Sesión 8	Duración: 2 horas
Objetivos específicos: <ul style="list-style-type: none">▪ Obj. 1: Reflexionar acerca de lo aprendido a nivel técnico y social.▪ Obj. 2: Realizar propuesta de mejora sobre la experiencia.	
Competencias: <ul style="list-style-type: none">▪ CMyCBCT▪ AA▪ CSC▪ SIEE	Contenidos: <ul style="list-style-type: none">▪ CT1, CT2▪ CT3, CT4▪ CT5, CT6▪ CT7, CT8
Criterios de evaluación e hitos evaluables: <ul style="list-style-type: none">▪ CE1, CE2, CE3, CE4, CE5, CE6, CE7 y CE8▪ Formativa, debate constructivo con la clase.▪ Uso de la rúbrica de coevaluación y autoevaluación.	
Desarrollo de la sesión: <p>En esta última sesión se reflexiona individualmente, en equipo y con el resto de la clase acerca de la experiencia. Se ponen en común las dificultades y las propuestas de mejora, así como un resumen de lo aprendido mediante la experiencia, tanto a nivel técnico como social. Se recopilan en las rúbricas las últimas impresiones y se pasa la encuesta de satisfacción al alumnado.</p>	

Elaboración propia, 2020

El proyecto se plantea para que dure un trimestre completo, en el que se desarrollen los tres bloques de contenido correspondientes a la parte de Física de la asignatura de Física y Química de 1º de bachillerato. Si se considera el segundo trimestre del curso 2020-21, se encuadra entre los días 11 de enero y 25 de marzo de 2021, lo que supone 11 semanas de clase. El proyecto, tal y como se indica en la tabla resumen, precisa de 8 sesiones en el aula y dos tareas, o sesiones fuera del aula. Se propone realizar una sesión a la semana, empezando en la segunda primera del trimestre y terminando una antes de la finalización del mismo, que se deja de reserva por si coincidieran días festivos. Las sesiones tienen una duración de dos horas,

pero no tienen por qué ser consecutivas en todos los casos, siempre y cuando tengan lugar en la misma semana. En caso de que el horario no permita reservar dos horas seguidas, se partirá en dos sesiones de 1 hora cada una, sin perjuicio de la actividad.

3.3.6. Recursos

Uno de los materiales de referencia con el que cuenta el alumnado es el libro de texto de la asignatura, en este caso se recomienda *Física y Química 1º Bachillerato* de la editorial McGraw-Hill (2019), cuyos autores son Enrique Andrés del Río, Jorge Yáñez González y David Saura López, ISBN 978-84-486-1697-7. Las unidades 6 a 10 son las relevantes para el proyecto dado que son las relacionadas con la Física de la materia: Cinemática, Dinámica y Energía, e incluye recursos interactivos para profundizar en el temario.

El centro cuenta con iPads para los estudiantes, facilitando así su acceso a las tecnologías de información y comunicaciones, la adquisición de competencias digitales y el uso de Internet como fuente de información. Algunas webs de recursos recomendadas para el proyecto son:

- <https://sciening.com/> con artículos relacionados con la teoría y la práctica de los *eggdrop*, concretamente en <https://sciening.com/impulse-momentum-theorem-definition-derivation-equation-13720444.html>
- <http://www.fiquipedia.es/> con recursos teórico-prácticos para alumnado y docentes de física y química, problemas y prácticas de laboratorio.
- <https://www.sketchup.com/> software gratuito online, usable en ordenador o tableta, para diseño CAD-CAE y uso en impresora 3D. El alumnado está familiarizado con el mismo a través de las asignaturas de Dibujo Técnico y Tecnología. No obstante, su uso es voluntario.
- <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura> software gratuito para operar la impresora 3D y asegurar calidad en la impresión de un diseño CAD

Por otro lado, las aulas del centro tienen instaladas pizarras digitales para la resolución de problemas y clases magistrales del profesorado, o presentaciones del alumnado al resto del grupo. Existe además un laboratorio de física y química con el equipamiento necesario para prácticas y taller de fabricación digital con dos impresoras 3D.

El centro ha adquirido en préstamo dos drones comerciales ligeros tipo cuadricóptero y algunos de los docentes han recibido formación en seguridad y vuelo de los mismos, además

de resultar intuitivos en su ensamblaje y pilotaje para el alumnado. En la Figura 2 se puede ver el modelo de dron necesario y fácilmente ensamblable por el alumnado.



Figura 2. Modelo de dron utilizado en Ibticae

(Ibticae, 2020)

Los materiales para la fabricación de los dispositivos consisten en PLA o ABS para la impresora 3D, con los que cuenta el centro, y cartón, goma, plásticos o fibras de uso doméstico que el alumnado puede adquirir por su cuenta sin significativo desembolso económico. Entre estos materiales, será necesaria una docena de huevos aproximadamente por equipo para las pruebas, y un lugar en el centro donde poder testear.

3.3.7. Evaluación

La evaluación de esta propuesta didáctica es central al desarrollo eficaz de la misma, combinando evaluación sumativa, centrada en la calificación numérica del trabajo y desarrollo, con evaluación formativa, orientada al diagnóstico del aprendizaje del alumnado y el pronóstico para fomentar su mejora. Es condición necesaria para aprobar la asignatura de Física y Química el aprobar el presente proyecto, es decir, obtener una nota numérica superior o igual a 5.0 en la media final. Como se ha indicado en el marco teórico, la evaluación es continua a lo largo de todo el desarrollo del proyecto, con diferentes hitos calificables y múltiples interacciones destinadas a fomentar un seguimiento continuo.

Los criterios de evaluación aplicados al presente proyecto están extraídos de la legislación (Anexo I). En las fichas de las sesiones se indica la relevancia de cada criterio en las mismas. A continuación, se indica la lista completa:

1. Distinguir entre sistemas de referencia inerciales y no inerciales (CE1).
2. Reconocer las ecuaciones de los movimientos rectilíneo y circular y aplicarlas a situaciones concretas (CE2).
3. Determinar velocidades y aceleraciones instantáneas a partir de la expresión del vector de posición en función del tiempo (CE3).
4. Identificar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo (CE4).
5. Aplicar el principio de conservación del momento lineal a sistemas de dos cuerpos y predecir el movimiento de los mismos a partir de las condiciones iniciales (CE5).
6. Determinar y aplicar la ley de Gravitación Universal a la estimación del peso de los cuerpos (CE6).
7. Establecer la ley de conservación de la energía mecánica y aplicarla a la resolución de casos prácticos (CE7).
8. Reconocer sistemas conservativos como aquellos para los que es posible asociar una energía potencial y representar la relación entre trabajo y energía (CE8).

Los agentes encargados de proporcionar ambos tipos de evaluación son: el profesorado (heteroevaluación), el alumnado acerca de sus compañeros (coevaluación) y el estudiante sobre su propio rendimiento y aprendizaje (autoevaluación). Cada una de estas evaluaciones se lleva a cabo mediante una rúbrica, sobre 5 puntos en aquellos ítems que precisen de valoración numérica. Se incluyen además componentes para la valoración cualitativa y espacio para feedback y feedforward específico. Las rúbricas se proporcionan a alumnado y profesorado desde el inicio de la propuesta. Se propone a los estudiantes si quieren realizar modificaciones en las mismas porque consideran que hay algo más que deba valorarse de su trabajo. En ese caso, se llega a un consenso sobre cómo aplicarlas. Las rúbricas se van rellenando según avanza el proyecto, compartiendo esos resultados con el resto del aula en la sesión siguiente a la evaluada. Por ello, cada ítem evaluable tiene indicado el momento en que se debe llenar, la sesión a la que corresponde.

El primer agente evaluador es el docente, que participa en las sesiones presenciales en clase, pero no en las de trabajo autónomo del equipo, y evalúa la corrección técnica de los resultados

obtenidos por los equipos, el prototipo de dispositivo propuesto y la presentación oral. El profesorado orienta su evaluación a la Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología y Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor principalmente, además de a los contenidos de la materia. En la Tabla 13 se presenta la rúbrica completa del docente, una práctica de heteroevaluación.

Tabla 13. Rúbrica para el docente - Heteroevaluación

Sesión, característica evaluable y ponderación	Insuficiente (0 - 1,5)	Suficiente - Bien (2 - 3,5)	Excelente (4 - 5)
S2 - Cálculos cinemáticos y dinámicos - 25%	Falta de análisis, justificación o corrección de resultados.	Análisis y justificación someras. Algun resultado incorrecto.	Análisis, justificación, resultados y diagramas correctos y completos.
S3 - Cálculos energéticos y aplicación de principios - 25%	Falta de análisis, justificación o corrección de resultados.	Análisis y justificación someras. Algun resultado incorrecto.	Análisis, justificación, resultados y diagramas correctos y completos.
S5 - Diseño final del dispositivo - 25%	Diseño no innovador, sin perspectiva de ingeniería.	Diseño poco innovador, poco justificado o no ejecutable.	Diseño innovador y ambicioso, justificado y desarrollado.
S7 - Presentación oral - 25%	Organización, comunicación o trabajo insuficiente.	Poco organizada, poco relevante o no ensayada.	Ensayada, relevante, organizada y capta la atención del público.

Valoración cualitativa:

reseñas de las sesiones y consejos de continuación *Espacio para comentarios, indicar a qué sesión se refieren*

Pregunta de reflexión para el equipo: cómo continuar

Espacio para comentarios, indicar a qué sesión se refieren

Elaboración propia, 2020

El siguiente agente evaluador es el propio alumnado sobre el trabajo de sus compañeros, tanto de su mismo equipo como del resto de la clase. Se trata de una forma de coevaluación o evaluación entre pares. Por un lado, cada estudiante debe evaluar al resto de su equipo, trabajando particularmente las Competencias sociales y cívicas y el Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor. Por otro lado, cada estudiante valora los resultados del resto de los equipos en la demostración de la funcionalidad de los dispositivos, ligado a la competencia de Aprender a aprender. En la siguiente Tabla 14 se presenta la rúbrica completa del alumnado sobre su propio equipo y la Tabla 15 sobre los otros equipos. Cada una asociada a la sesión en la que se evalúa, qué se evalúa y cuanto peso tiene en la evaluación, y los indicadores del logro.

Tabla 14. Rúbrica para el alumnado - Coevaluación sobre el propio equipo

Sesión, característica evaluable y ponderación	Insuficiente (0 - 1,5)	Suficiente - Bien (2 - 3,5)	Excelente (4 - 5)
S2 - Dinámica de tu propio equipo - 15%	Ha habido problemas de comunicación, de organización, no somos un equipo unido.	Ha habido algunos problemas que hemos podido resolver pero pienso que se podía haber hecho mejor.	Nos hemos organizado sin problemas o los hemos resuelto, tenemos estrategias y vías de comunicación.

<p>S4 - Estrategias y propuestas de tu equipo - 20%</p>	<p>No sabría definir nuestra estrategia. Las propuestas que tenemos son muy mejorables.</p>	<p>Hay ideas de estrategia, pero no sabemos cómo reforzarlas. Las propuestas son un punto de partida.</p>	<p>Tenemos una estrategia clara que vamos a cumplir. Estoy orgulloso de nuestras propuestas.</p>
<p>S6 - Fabricación del prototipo - 15%</p>	<p>La fabricación no ha sido de acuerdo con el plan y las adaptaciones pueden no ser suficientes.</p>	<p>Hemos tenido que modificar significativamente el diseño y no estamos seguros de su funcionalidad.</p>	<p>Hemos fabricado el prototipo de acuerdo a nuestro diseño y con suficiente calidad.</p>
<p>S8 - Valoración global de la propuesta - 20%</p>	<p>Ha sido un primer intento, no hemos llegado al resultado que queríamos. El dispositivo no ha funcionado.</p>	<p>Podríamos haber gestionado mejor los recursos (tiempo, etc.) y haberlo hecho mejor. El dispositivo ha funcionado relativamente.</p>	<p>Hemos presentado un trabajo sólido, completo y bien estudiado. El dispositivo ha funcionado correctamente.</p>
<p>Tareas - Búsqueda de recursos - 15%</p>	<p>Hemos tenido que improvisar a menudo por no haber cumplido el plan.</p>	<p>No estábamos suficientemente planificados o no hemos conseguido cumplirlo del todo.</p>	<p>Cada miembro del equipo ha hecho su parte según lo planeado, o llegado más allá.</p>
<p>Tareas - Ambiente de trabajo - 15%</p>	<p>No quiero volver a contar con este equipo, no hemos sabido ser</p>	<p>Tenemos que mejorar, pero hemos conseguido</p>	<p>Repetiría trabajar con este equipo en cualquier momento. Todos</p>

	compatibles ni organizarnos.	salir adelante, no del todo unidos.	hemos contribuido a hacerlo mejor.
Valoración cualitativa: reseñas de las sesiones y consejos de continuación	<i>Espacio para comentarios, indicar a qué sesión se refieren</i>		
Pregunta de reflexión para el equipo: cómo continuar	<i>Espacio para comentarios, indicar a qué sesión se refieren</i>		

Elaboración propia, 2020

Y para evaluar al resto de equipos del aula, llenando una por cada grupo, la Tabla 15.

Tabla 15. Rúbrica para el alumnado - Coevaluación sobre otro equipo

Sesión, característica evaluable y ponderación	Insuficiente (0 - 1,5)	Suficiente - Bien (2 - 3,5)	Excelente (4 - 5)
S4 - Estrategias y propuestas del equipo - 30%	El equipo se percibe como caótico, con mucho margen de mejora.	El equipo lo está intentando pero aún les queda recorrido para llegar a ser los mejores.	El equipo se ha planificado y cumplido el plan, se aprecia que han hecho un gran esfuerzo.
S7 - Funcionalidad del dispositivo - 30%	El dispositivo no funciona, por su diseño o fabricación; el huevo se ha roto.	El dispositivo funciona relativamente, o el diseño o la ejecución han fallado.	El dispositivo funciona, el huevo ha quedado intacto. Buen diseño y ejecución.
S8 - Valoración global del equipo - 40%	El equipo está en conflicto constante o no sabe	El equipo más o menos funciona, pero tiene un claro margen de mejora.	El equipo está unido y se organiza para repartir tareas y funcionar.

<p>organizarse como unidad de trabajo.</p>	<p>Valoración cualitativa: reseñas de las sesiones y consejos de continuación</p>	<p><i>Espacio para comentarios, indicar a qué sesión se refieren</i></p>
<p>Pregunta de reflexión para el equipo: cómo continuar</p>	<p><i>Espacio para comentarios, indicar a qué sesión se refieren</i></p>	<p>Elaboración propia, 2020</p>

Por último, el alumnado debe evaluarse a sí mismo en una práctica de autoevaluación de lo aprendido. Se trata de una práctica de autoevaluación orientada fundamentalmente a la competencia de Aprender a aprender. Se pide a cada estudiante que reflexione sobre su experiencia y se puntúe, además de indicar las dificultades que ha encontrado y realice propuestas de mejora para próximas experiencias que ayudarán al profesorado a evolucionar la propuesta según las necesidades. En la siguiente Tabla 16 se especifica la rúbrica con formato equivalente a las dos anteriores.

Tabla 16. Rúbrica para el estudiante - Autoevaluación

Sesión, característica evaluable y ponderación	Insuficiente (0 - 1,5)	Suficiente - Bien (2 - 3,5)	Excelente (4 - 5)
<p>S1 - Ideas previas - 15%</p>	<p>Estoy muy perdida/o y tengo que empezar a ponerme al día.</p>	<p>Más o menos lo entiendo, pero todavía no estoy participando suficientemente.</p>	<p>He aportado buenas ideas y creo que entiendo bien la tarea pedida.</p>
<p>S4 - Estrategias y propuestas - 25%</p>	<p>No sabría identificar cuál ha sido nuestra estrategia de equipo, y creo que</p>	<p>He participado algo en la estrategia y propuesto algunas ideas, pero creo que tengo margen</p>	<p>He colaborado con la organización y cumplido con mi parte, dedicándole</p>

	podría haber puesto más de mi parte.	de mejora y podría haber dedicado más tiempo.	el tiempo comprometido.
S8 - Valoración de lo aprendido - 30%	No entiendo del todo la caída libre, la funcionalidad del dispositivo o los principios físicos aplicados.	He aprendido, pero también me ha generado dudas. Las fórmulas aplicadas y los principios no los tengo claros.	He aprendido con este proyecto, sabría explicar sin problemas el fenómeno de la caída libre.
Tareas - Trabajo en equipo y motivación - 30%	No me he sentido parte del equipo, no me he interesado por el resultado.	Tengo que mejorar en mi capacidad de hacer equipo, pero más o menos me he sentido integrada/o.	Estoy haciendo un esfuerzo por liderar y unir al equipo, y estamos respondiendo bien.
Valoración cualitativa:			
reseñas de las sesiones y consejos de continuación	<i>Espacio para comentarios, indicar a qué sesión se refieren</i>		
Pregunta de reflexión para el equipo: cómo continuar	<i>Espacio para comentarios, indicar a qué sesión se refieren</i>		

Elaboración propia, 2020

De cara a la calificación final de esta parte de la asignatura, la ponderación de cada una de las rúbricas tiene los siguientes pesos, siendo obligatorio obtener una nota superior o igual a 2.0 sobre 5 en cada una de las rúbricas para que hagan media:

- Nota final de la rúbrica heteroevaluación: 40%
- Nota final de la rúbrica coevaluación del propio equipo: 20%
- Nota final media de las rúbricas de otros equipos sobre el propio: 20%
- Nota final de la rúbrica autoevaluación: 20%

En caso de no aprobar en convocatoria ordinaria, se realizará un trabajo en grupo reducido con otros estudiantes en la misma situación en convocatoria extraordinaria. Este trabajo tiene los mismos objetivos y competencias que el original, si bien los tiempos se reducen y se sustituye la fabricación del prototipo por una simulación del mismo en software. Esta simulación la realiza el profesorado con software de CAD-CAE, como por ejemplo SolidWorks o similar, junto con el estudiante, para comprobar la funcionalidad del prototipo. Se incluirá un breve test de conocimientos en lugar del desarrollo del análisis cinemático y dinámico, más específico.

3.4. Evaluación de la propuesta

La propuesta didáctica presentada en el presente trabajo no ha sido aún implementada en el centro educativo, si bien tiene componentes de una actividad desarrollada por la autora en el curso 2018-19 en el mismo. La propuesta llevada a cabo forma parte de un programa de voluntariado para fomentar vocaciones STEM a nivel internacional de la empresa Ibticae S.L. (Ibticae, 2020), en la que se visitaron colegios para proponerles un reto de *eggdrop* con drones en 4º curso de la ESO y 1º curso de Bachillerato.

En esta propuesta original se pedía a los estudiantes desarrollar el dispositivo de amortiguamiento de la caída, fabricarlo en impresora 3D, así como idear una propuesta de empresa que pudiera hacer uso del mismo para mensajería vía dron. El alumnado tenía que ensamblar el dron y pilotarlo en el gimnasio del centro en el evento final, además de presentar al público (toda la comunidad educativa invitada) su propuesta de negocio. Se pasó una encuesta a los estudiantes que indicaron que la actividad les había motivado y desde el centro el profesorado señaló el alto grado de implicación, especialmente teniendo en cuenta que la actividad no tenía consecuencias para sus calificaciones y era totalmente voluntaria.

No obstante, lo que se propone en este trabajo es una forma de impartir los contenidos de la asignatura, un desarrollo competencial, y una evaluación formativa y participativa para hacer responsable al alumnado de su aprendizaje. Si bien la propuesta está centrada en la asignatura de Física y Química, su integración inmediata con la asignatura de Tecnología Industrial puede resultar inmediata o solo necesitar de pequeñas adaptaciones en los conceptos evaluables para la misma. De esta forma se consigue un proyecto multidisciplinar, siendo éste uno de los principios de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos.

Para evaluar la propuesta se utilizará la herramienta de la matriz DAFO (Olivera & Hernández, 2011), en la que se analizan los aspectos internos positivos y negativos (Fortalezas y Debilidades respectivamente) y externos (Oportunidades y Amenazas). Se expresan a continuación, listados:

Tabla 17. Matriz DAFO de evaluación de la propuesta

Matriz DAFO	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Fortalezas de la propuesta Análisis Interno <ul style="list-style-type: none"> • Alta capacidad de motivación para el alumnado. • Participación del alumnado en su evaluación y la del grupo, permitiendo mayor autonomía y responsabilidad en su propio aprendizaje. • Evaluación orientada a competencias. 	Debilidades de la propuesta <ul style="list-style-type: none"> • Necesita de recursos tecnológicos y formación del profesorado en los mismos para su completa ejecución, si bien es adaptable y se podría simplificar. • Requiere de participación activa del alumnado de manera madura en su propia evaluación. 	
Oportunidades de la propuesta Análisis externo <ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de integración con otras asignaturas. • Capacidad de trabajar las 7 competencias clave consideradas en la legislación mediante la misma propuesta, variando la evaluación. 	Amenazas de la propuesta <ul style="list-style-type: none"> • Puesta en marcha puede resultar compleja y necesitar de apoyo institucional o externo. • Composición de los grupos puede determinar los resultados de manera crucial, o incluso no deseada. 	

Elaboración propia, 2020

Uno de los factores fundamentales para el éxito en la implantación de la propuesta es la implicación y motivación del profesorado, siendo preferible que la propuesta sea llevada a cabo por un equipo y no por un solo individuo, y con apoyo institucional.

La evaluación de la propuesta será completa cuando se lleve a cabo y se recojan las impresiones, propuestas y críticas de sus protagonistas, tanto alumnado como profesorado. Para ello, se proponen cuestionarios de valoración para ambos grupos, el del profesorado para completar durante el desarrollo del mismo (referente a cada sesión), y el del alumnado para llenar de manera anónima al final del mismo. Los datos que se recogen tienen carácter tanto cualitativo como cuantitativo, estos últimos mediante escalas de Likert (Fabila Echauri, Minami, & Izquierdo Sandoval, 2013).

El cuestionario desarrollado para el alumnado es el siguiente:

1. *¿Te ha resultado interesante este proyecto para aprender física?*

Escala de valoración: 1 Nada interesante, 2 Poco interesante, 3 Algo interesante, 4 Bastante Interesante, 5 Muy interesante

2. *¿Crees que has aprendido con este proyecto, comparado con hacer ejercicios y exámenes solamente?*

Escala de valoración: 1 No he aprendido, 2 He aprendido algo, 3 He aprendido bastante, 4 He aprendido mucho, 5 He aprendido más de lo que esperaba

3. *Indícanos las mayores dificultades con las que se ha encontrado tu equipo, ya sean por el proyecto en sí o por falta de motivación en algunas tareas.*

4. *¿El tiempo reservado en las horas de clase para trabajar en el proyecto ha sido adecuado y os ha permitido avanzar?*

Escala de valoración: 1 No estaba bien planteado, 2 No era suficiente, 3 Podría haber estado mejor, 4 estaba bastante bien, 5 Era una buena base y la hemos aprovechado.

5. *¿Qué tal te has organizado con tu grupo de trabajo para repartir las tareas y coordinaros?*

Escala de valoración: 1 Con muchas dificultades, 2 Con algunas dificultades, 3 Relativamente bien, 4 Con bastante soltura, 5 Con facilidad y efectividad

6. *¿Te ha resultado útil para tu aprendizaje el tener la opinión de tus compañeros, además de la tuya y del profesorado mediante las rúbricas?*

Escala de valoración: 1 Nada útil, 2 Poco útil, 3 Algo útil, 4 Bastante útil, 5 Muy útil

7. *¿Hay algo que no te hayamos preguntado y que te gustaría comentar? Por favor, aprovecha este espacio para propuestas o críticas constructivas.*

Por último, se desarrollan los puntos a valorar por el profesorado, a responder en cada sesión si es viable, más abierta que la del alumnado y de acuerdo a la matriz DAFO presentada:

1. Adecuación de los recursos a la sesión: materiales, personales, temporales.
2. Motivación y participación del alumnado.
3. Grado de adquisición de competencias y resultados de aprendizaje esperados.
4. Viabilidad de la evaluación e implicación de los agentes implicados.
5. Éxito de la metodología frente a alternativas.

4. Conclusiones

En el presente capítulo se justifica la respuesta a los objetivos planteados al inicio del documento. Al comienzo del proyecto se ha realizado un análisis de la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos, sus principios fundamentales, así como variantes de aplicación y buenas prácticas. Se especifica su uso en Educación Secundaria y las particularidades que se presentan en este contexto. Se considera que la metodología es una elección adecuada para el proyecto y el trabajo competencial de alumnado de Secundaria, que permite hacerles protagonistas del aprendizaje en todas las etapas del proceso.

En segundo lugar, se analizan las herramientas de evaluación disponibles para trabajo colaborativo de esta metodología. Se escogen las rúbricas de evaluación como herramienta fundamental para el proyecto, y se enfatiza la necesidad de implicar al alumnado en el diseño de las mismas, en su propia evaluación (autoevaluación) y en la de sus compañeros (coevaluación), además de contar con el profesorado (heteroevaluación). No solo se debe proporcionar una calificación numérica, sino que se justifica la necesidad de una evaluación formativa, feedback y feedforward, para garantizar la adquisición de competencias. Esto se ha llevado a cabo posteriormente mediante la herramienta de la rúbrica.

Estos dos objetivos se consideran conseguidos y se proporciona una amplia bibliografía sustentando las decisiones tomadas para el desarrollo de la propuesta didáctica. El diseño de la misma se alinea con los principios de ABP, y facilita la transmisión de conocimientos al alumnado que aprende poniéndolos en práctica.

En el tercer capítulo del proyecto se desarrolla, de acuerdo al objetivo, una propuesta de aplicación para la asignatura de Física y Química de 1º curso de Bachillerato en la Comunidad de Madrid. La propuesta, basada en la metodología de ABP se concreta en los bloques de contenidos de “Cinemática”, “Dinámica” y “Energía” de manera central. La propuesta se describe en detalle, consistiendo en la aplicación de contenidos específicos para el cálculo, diseño y fabricación de un dispositivo que amortigüe la caída libre de un huevo desde una altura determinada. La mayor parte del trabajo se realiza en sesiones en el aula apoyados por el profesorado y los recursos del centro. Se han desarrollado fichas para cada una de las sesiones, indicando contenidos, competencias, hitos y formas de evaluación de cada una para facilitar la implantación de la propuesta en un aula real.

Para la evaluación de la propuesta, se introduce un sistema de evaluación formativa, no solo sumativa; continua, especificando los hitos y herramientas de evaluación de cada sesión, así como su peso en la calificación; y participativa reforzando el papel protagonista del alumnado en su propio aprendizaje y en el de sus compañeros de clase y de equipo. Este enfoque hacia la evaluación competencial supone el valor central del proyecto, y resulta fundamental la implicación del alumnado en el mismo. De ahí que se considere que la metodología ABP es adecuada, dados los múltiples estudios que soportan sus ventajas.

Por último, se proponía como objetivo la evaluación de la propuesta didáctica. Ésta se realiza mediante una matriz DAFO, además de mediante una encuesta de satisfacción para el alumnado y una guía para que el profesorado pueda adaptar y evolucionar la práctica según su conveniencia.

Dado que se han alcanzado los objetivos específicos del proyecto, se considera que el objetivo general del mismo, enunciado como:

El objetivo general del presente proyecto consiste en diseñar una propuesta didáctica con la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos adaptada en la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato poniendo el foco en la evaluación para mejorar la motivación, la adquisición de competencias y resultados de aprendizaje del alumnado.

también se ha conseguido.

5. Limitaciones y prospectiva

La presente propuesta didáctica es una primera aproximación y todavía no se ha puesto en práctica en un aula real con todas sus consecuencias y dimensiones. No obstante, sí se identifican una serie de limitaciones que pueden dificultar el desarrollo de la misma y es necesario conocer con anterioridad a su realización.

En primer lugar, se debe contar con los recursos materiales y personales para llevarla a cabo. La experiencia puede resultar un reto demasiado grande para un docente solo, recomendándose un equipo de dos o más para un grupo de unos 20 o 25 alumnos, como mínimo. Dado que el seguimiento debe ser continuo, se debe aligerar la carga de trabajo de la asignatura, tanto para alumnado como para profesorado, durante el trimestre en que tenga lugar la experiencia. Los tiempos también pueden ser flexibles, como se ha indicado, bien realizando cada sesión en dos horas continuas en horario o partiéndolas en dos, si bien se recomienda que se realizan dentro de la misma semana lectiva.

En cuanto a los recursos materiales, la propuesta requiere en su versión más completa de una impresora 3D y de un dron de juguete para acercar estas dos tecnologías al alumnado. Sin embargo, ambos pueden ser sustituidos: la impresora 3D por métodos de fabricación más tradicionales tales como el uso de madera de marquetería o incluso cartón y otros objetos de la vida cotidiana; y el dron se puede sustituir por el lanzamiento del dispositivo con el huevo desde un primer piso hacia el patio del centro, siempre que se deje caer sin inercia añadida.

Por otro lado, la madurez del alumnado a la hora de llenar las rúbricas de autoevaluación y coevaluación resulta importante. Puede ser necesario entrenarles en el uso de las mismas en actividades o ejercicios más sencillos en el trimestre o cursos anteriores para que sean conscientes del valor de las mismas, así como de adoptar una posición de objetividad al valorarse a sí mismos y a los demás. La gestión de la documentación también puede ser una limitación, con lo que se propondrá el uso de soporte digital para recoger los datos.

Finalmente se proponen unas líneas de mejora para futuras implementaciones, a las que deberánadirse aquellas opiniones recogidas de los estudiantes y los docentes en la puesta en práctica.

En primer lugar, se recomienda la implantación de un sistema de recogida de datos para la entrega de los documentos de los equipos, así como para que los docentes puedan acceder

Eggdrop: Una propuesta de la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos con evaluación competencial en Física y Química en todo momento al estado de las rúbricas de cada estudiante. Esto podrá realizarse mediante un campus virtual o un sistema de compartición de archivos tipo “nube”, como Dropbox o Google Drive.

En segundo lugar, la propuesta puede crecer hacia la integración de otras asignaturas, como pueden ser Tecnología Industrial, Dibujo Técnico o Matemáticas dentro del área de ciencias. Pero también, aprovechando la transversalidad de la metodología, hacia inglés u otro segundo idioma si se propone la presentación final a la clase en el mismo. De este modo, se podrán incluir de manera más directa otras competencias clave como pueden ser la competencia en comunicación lingüística, o la competencia digital en caso de que se precise que haya diseño 3D o que se gestionen todas las comunicaciones del equipo mediante un canal de Slack (Slack Technologies, Inc., 2020), una herramienta muy utilizada a nivel personal y profesional de gestión de proyectos.

Si bien la evaluación se ha realizado mediante la rúbrica, existen otras herramientas comentadas en el marco teórico que resultan adecuadas para la misma, como pueden ser las dianas de aprendizaje. Se recomienda empezar usando las mismas para sustituir la rúbrica de autoevaluación y que el alumnado dibuje en diferentes colores su evolución hacia cada uno de los objetivos de la diana según avanza las sesiones. Si esta herramienta resulta exitosa, se podrá continuar por su uso para la coevaluación. No obstante, se debe enfatizar que esta diana de evaluación no sustituye el feedback y feedforward, sino que resulta complementaria.

Por último, la propuesta puede utilizarse para la inclusión de otros contenidos en caso de que se utilice un dron para el lanzamiento del huevo en el dispositivo. Se puede explicar el vuelo de un dron a nivel de Bachillerato mediante la teoría de mecánica de fluidos y la ecuación de Bernoulli.

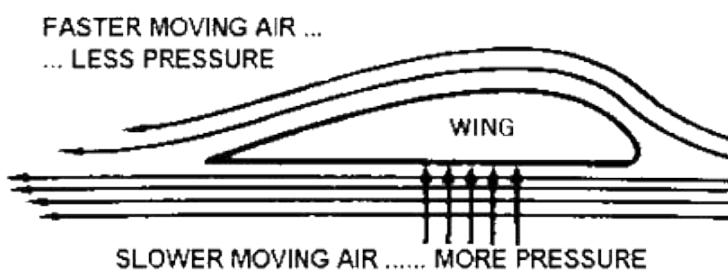


Figura 3. Diagrama de presiones en un ala

6. Referencias bibliográficas

- Alonso Fernández, A. (2019). Aplicación de las rúbricas de evaluación en el aula. *CIVINEDU 2019*, 94-98.
- Alonso Fernández, A. (2018). Nuevas formas de evaluar mediante rúbricas y dianas. En V. Autores, *Book of abstracts CIVINEDU 2018: 2nd International Virtual Conference on Educational Research and Innovation* (pág. 118). Adaya Press.
- Álvarez-Herrero, J. (2020). Enredados con el cuerpo humano. El uso del aprendizaje basado en proyectos con una webquest en el aprendizaje de ciencias en secundaria. *Quaderns Digitals*, 58-71.
- Álvarez-Lires, F., Arias-Correa, A., Serrallé Marzoa, J., & Varela Losada, M. (2014). Elección de estudios de ingeniería: Influencia de la educación científica y de los estereotipos de género en la autoestima de las alumnas. *Revista de Investigación en Educación*, nº 12 (1), 54-72.
- Barron, B., Schwartz, D., Vye, N., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., & Bransford, J. (1998). Doing With Understanding: Lessons From Research on Problem- and Project-Based Learning. *Journal of the Learning Sciences Vol. 7*, 271-311.
- Basoredo Ledo, C. (2017). Características deseables de las rúbricas de evaluación de competencias. *INED 21*, Disponible en <https://ined21.com/caracteristicas-deseables-de-las-rubricas-de-evaluacion/>.
- Benjumeda, F., Romero, I., & López-Marín, M. (2015). Alfabetización matemática a través del aprendizaje basado en proyectos en secundaria. *Investigación en Educación Matemática*, 163-172.
- Blasco Magraner, J., & Botella Nicolás, A. (2020). Aprendizaje por proyectos en la clase de bachillerato: La corte del Faraón. *Revista de Comunicación de la SEECl* nº 51, 1-15.
- Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid. (Mayo de 2015). *DECRETO 52/2015, de 21 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato*. Obtenido de https://www.bocm.es/boletin/CM_Orden_BOBCM/2015/05/22/BOCM-20150522-3.PDF

Boletín Oficial del Estado. (Maayo de 2006). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-7899>

Boletín Oficial del Estado. (Diciembre de 2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para

la mejora de la calidad educativa. Obtenido de

https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-12886

Boletín Oficial del Estado. (Diciembre de 2014). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre.

Obtenido de <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>

Boletín Oficial del Estado. (21 de Enero de 2015). Disposición 738 del BOE núm. 25 de 2015.

Obtenido de Orden ECD/65/2015:

<https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/29/pdfs/BOE-A-2015-738.pdf>

Brown, G., Bull, J., & Pendlebury, M. (1997). *Assessing Student Learning in Higher Education.*

Londres: Routledge.

Cano, E. (2015). Las rúbricas como instrumento de evaluación de competencias en educación

superior ¿uso o abuso? *Profesorado. Revista de Currículum y Formación Profesional,*

265-280.

Cruz Nuñez, F., & Quiñones Urquijo, A. (2012). Importancia de la evaluación y autoevaluación

en el rendimiento académico. *Zona Próxima: Revista del Instituto de Estudios en*

Educación Universidad del Norte N°16, 96-104.

de Graaff, E., & Kolmos, A. (2007). *Management of Change - Implementation of Problem-Based*

and Project-Based Learning in Engineering. Leiden: Brill | Sense.

de Miguel Díaz, M. (2006). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de*

competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio

europeo de educación superior. Madrid: Alianza Editorial.

Díaz Barriga Arceo, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo.

Revista electrónica de investigación educativa, 5(2), 1-13.

Domènech-Casal, J., Lope, S., & Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades

expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista*

Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias Vol. 16, 2203.

Eggdrop: Una propuesta de la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos con evaluación competencial en Física y Química
Escuela AID Universidad Europea. (13 de Junio de 2019). *Oficina PBS*. Obtenido de
http://projectbasedschool.universidadeuropea.es/escuela/utilidades/oficina_pbs

Fabila Echauri, A., Minami, H., & Izquierdo Sandoval, M. (2013). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas docentes 50*, 31-40.

Garriga Sarría, E. (2016). La rúbrica de evaluación en el postgrado. *Revista Cubana de Informática Médica*, 1684-1859.

Gatica-Lara, F., & Uribarren-Berrueta, T. (2012). ¿Cómo elaborar una rúbrica? *Elsevier*, 2007-5057.

Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P., & Segers, M. (2005). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis From the Angle of Assessment. *Review of Educational Research*, 75(1), 27-61.

Gómez Pablos, V., Pinto Llorente, A., García-Valcárcel Muñoz-Repiso, A., & García Rodríguez, M. (2018). La percepción de los docentes de Bachillerato sobre un proyecto de aprendizaje-servicio. Un estudio de caso. *Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 65--78.

Harlen, W., & Deakin Crick, R. (2003). Testing and Motivation for Learning. *Assessment in Education: principles, policy & practice*, 10(2), 169-207.

Heeneman, S., Oudkerk Pool, A., Schuwirth, L., Van der Vleuten, C., & Driessens, E. (2015). The impact of programmatic assessment on student learning: theory versus practice. *Medical Education* 49(5), 487-498.

Higgins, R., Hartley, P., & Skelton, A. (2002). The Conscientious Consumer: Reconsidering the role of assessment feedback in student learning. *Studies in higher education*, 27(1), 53-64.

Holgaard, J. E., Hadgraft, R., Kolmos, A., & Guerra, A. (2015). Strategies for education for sustainable development - Danish and Australian perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 112(4), 3479-3491.

Ibticae. (Octubre de 2020). *Ibticae*. Obtenido de <https://www.ibticae.com/>

Ito, H. (2014). What's Wrong with Learning for the Exam? An Assessment-Based. *Ito, H. (2014).*

What's Wrong with Learning for the Exam? An Assessment-Based Approach for Student Engagement. Journal of Education and Learning, 3, 145-152.

Jones, B., Rasmussen, C., & Moffitt, M. (1997). *Psychology in the classroom: A series on applied educational psychology. Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning.* Washington, DC: American Psychological Association.

Kalamas Hedden, M., Worthy, R., Akins, E., Slinger-Friedman, V., & Paul, R. (2017). Teaching Sustainability Using an Active Learning Teaching Sustainability Using an Active Learning Studies in Higher Education. *Sustainability, 1320.*

Kolmos, A., Fink, F., & Krogh, L. (2006). *The Aalborg PBL model – Progress, Diversity and Challenges.* Aalborg: Aalborg University Press.

Lee Downey, G., Lucena, J., M. Moskal, B., Parkhurst, R., Bigley, T., Hays, C., . . . Nichols-Belo, A. (2006). The Globally Competent Engineer: Working Effectively with People Who Define Problems Differently. *Journal of Engineering Education.*

López Pastor, V., González Pascual, M., & González Pascua, J. (2005). La participación del alumnado en la evaluación: la autoevaluación, la coevaluación y la evaluación compartida. *Rev. Tándem Didáctica Educ. Fís, 17, 21-37.*

McCormack, A. (1973). Egg Drop: An Invention Workshop. *Science Activities, 10(2), 20-22.*

Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2020). *Igualdad en cifras MEFP 2020. Aulas por la igualdad.* Madrid: Subdirección General de Atención al Ciudadano, Documentación y Publicaciones.

Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2020). *LOMCE paso a paso.* Obtenido de <https://www.educacionyfp.gob.es/educacion/mc/lomce/lomce/paso-a-paso.html>

Olivera, D., & Hernández, M. (2011). El análisis DAFO y los objetivos estratégicos. *Contribuciones a la Economía.*

Pellegrino, J., & Hilton, M. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century.* Washington, DC: Center for Education; Division on Behavioral and Social Sciences and Education; National Research Council.

Raposo-Rivas, M., & Martínez-Figueira, M. (2014). Evaluación educativa utilizando rúbrica: un desafío para docentes y estudiantes universitarios. *Educ. Educ. Vol. 17. No. 3*, 499-513.

Rodriguez Migueles, A., & Hernández Yulcerán, A. (2014). Desmitificando algunos sesgos de la autoevaluación y coevaluación en los aprendizajes del alumnado. *REXE. Revista de Estudios y Experiencias en Educación, 13(25)*, 13-31.

Rodriguez-Mesa, F., Kolmos, A., & Guerra, A. (2017). *Aprendizaje basado en problemas en ingeniería*. Aalborg Universitet.

Savage, R., Vanasupa, L., & Stolk, J. (2007). Collaborative design of project-based learning courses: How to implement a mode of learning that effectively builds skills for the global engineer. *American Society for Engineering Education*.

Schuwirth, L., & Van der Vleuten, C. (2011). Programmatic assessment: From assessment of learning to assessment for learning. *Medical Teacher, Maastricht University*, 478-485.

Segers, M., & Tillema, H. (2011). How do Dutch secondary teachers and students conceive the purpose of assessment? *Studies in Educational Evaluation Vol. 37*, 49-54.

Slack Technologies, Inc. (Noviembre de 2020). *Slack*. Obtenido de <https://slack.com/intl/es-es/>

Terrón-López, M.-J., García-García, M.-J., Velasco-Quintana, P.-J., Ocampo, J., Vigil Montaño, M.-R., & Gaya-López, M.-C. (2016). Implementation of a project-based engineering school: increasing student motivation and relevant learning. *European Journal of Engineering Education, 618-631*.

Thomas, J. (Marzo de 2000). A review of research on Project-Based Learning. California: The Autodesk Foundation.

Trujillo, F. (2015). *Trujillo, Fernando. Aprendizaje basado en proyectos. Infantil, Primaria y Secundaria*. Ministerio de Educación.

UNESCO. (2018). *Preparing Teachers for Global Citizenship Education: A Template*. Paris: UNESCO Bangkok Office.

University of Reading. (Octubre de 2020). *An A-Z of Assessment Methods*. Obtenido de Centre for the Development of Teaching and Learning: <http://www.reading.ac.uk/engageinassessment/>

Eggdrop: Una propuesta de la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos con evaluación competencial en Física y Química
University of Twente. (2019). *The Twente Education Model*. Enschede: Programme Office of Educational Innovation.

Valdés Cuervo , Á., Terrazas Chávez, M., Madueño Serrano, M., Carlos Martínez, E., & Urías Martínez, M. (2010). Motivación hacia el estudio en alumnos de Bachillerato. *Praxis Investigativa ReDIE: revista electrónica de la Red Durango de Investigadores Educativos Vol.2 Nº3*, 6-14.

Vázquez Alonso, Á., & Manassero Más, M. (2015). La elección de estudios superiores científico-técnicos: análisis de algunos factores determinantes en seis países. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Vol 12, No 2*, 264-277.

Wassermann, S. (1994). *Introduction to Case Method Teaching. A Guide to the Galaxy*. Nueva York: Teachers College Press, Columbia University.

Anexo I- Contenidos de 1º Bachillerato de Real Decreto 1105/14

Extracto de la legislación: Tabla de contenidos y evaluación de Física y Química para 1º de Bachillerato del RD 1105/14 (Boletín Oficial del Estado, 2014):

Bloque 6. Cinemática		
Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>Sistemas de referencia inerciales.</p> <p>Principio de relatividad de Galileo.</p> <p>Movimiento circular uniformemente acelerado.</p> <p>Composición de los movimientos rectilíneo uniforme y rectilíneo uniformemente acelerado.</p> <p>Descripción del movimiento armónico simple (MAS).</p>	<p>1. Distinguir entre sistemas de referencia inerciales y no inerciales.</p> <p>2. Representar gráficamente las magnitudes vectoriales que describen el movimiento en un sistema de referencia adecuado.</p> <p>3. Reconocer las ecuaciones de los movimientos rectilíneo y circular y aplicarlas a situaciones concretas.</p> <p>4. Interpretar representaciones gráficas de los movimientos rectilíneo y circular.</p> <p>5. Determinar velocidades y aceleraciones instantáneas a partir de la expresión del vector de posición en función del tiempo.</p> <p>6. Describir el movimiento circular uniformemente acelerado y expresar la aceleración en función de sus componentes intrínsecas.</p> <p>7. Relacionar en un movimiento circular las magnitudes angulares con las lineales.</p> <p>8. Identificar el movimiento no circular de un móvil en un plano como la composición de dos movimientos unidimensionales rectilíneo uniforme (MRU) y/o rectilíneo uniformemente acelerado (M.R.U.A.).</p> <p>9. Conocer el significado físico de los parámetros que describen el movimiento armónico simple (M.A.S) y asociarlo a el movimiento de un cuerpo que oscile.</p>	<p>1.1. Analiza el movimiento de un cuerpo en situaciones cotidianas razonando si el sistema de referencia elegido es inercial o no inercial.</p> <p>1.2. Justifica la viabilidad de un experimento que distinga si un sistema de referencia se encuentra en reposo o se mueve con velocidad constante.</p> <p>2.1. Describe el movimiento de un cuerpo a partir de sus vectores de posición, velocidad y aceleración en un sistema de referencia dado.</p> <p>3.1. Obtiene las ecuaciones que describen la velocidad y la aceleración de un cuerpo a partir de la expresión del vector de posición en función del tiempo.</p> <p>3.2. Resuelve ejercicios prácticos de cinemática en dos dimensiones (movimiento de un cuerpo en un plano) aplicando las ecuaciones de los movimientos rectilíneo uniforme (M.R.U) y movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (M.R.U.A.).</p> <p>4.1. Interpreta las gráficas que relacionan las variables implicadas en los movimientos M.R.U., M.R.U.A. y circular uniforme (M.C.U.) aplicando las ecuaciones adecuadas para obtener los valores del espacio recorrido, la velocidad y la aceleración.</p> <p>5.1. Planteado un supuesto, identifica el tipo o tipos de movimientos implicados, y aplica las ecuaciones de la cinemática para realizar predicciones acerca de la posición y velocidad del móvil.</p> <p>6.1. Identifica las componentes intrínsecas de la aceleración en distintos casos prácticos y aplica las ecuaciones que permiten determinar su valor.</p> <p>7.1. Relaciona las magnitudes lineales y angulares para un móvil que describe una trayectoria circular, estableciendo las ecuaciones correspondientes.</p> <p>8.1. Reconoce movimientos compuestos, establece las ecuaciones que lo describen, calcula el valor de magnitudes tales como, alcance y altura máxima, así como valores instantáneos de posición, velocidad y aceleración.</p> <p>8.2. Resuelve problemas relativos a la composición de movimientos descomponiéndolos en dos movimientos rectilíneos.</p> <p>8.3. Emplea simulaciones virtuales interactivas para resolver supuestos prácticos reales, determinando condiciones iniciales, trayectorias y puntos de encuentro de los cuerpos implicados.</p> <p>9.1. Diseña y describe experiencias que pongan de manifiesto el movimiento armónico simple (M.A.S) y determina las magnitudes involucradas.</p>

		<p>9.2. Interpreta el significado físico de los parámetros que aparecen en la ecuación del movimiento armónico simple.</p> <p>9.3. Predice la posición de un oscilador armónico simple conociendo la amplitud, la frecuencia, el período y la fase inicial.</p> <p>9.4. Obtiene la posición, velocidad y aceleración en un movimiento armónico simple aplicando las ecuaciones que lo describen.</p> <p>9.5. Analiza el comportamiento de la velocidad y de la aceleración de un movimiento armónico simple en función de la elongación.</p> <p>9.6. Representa gráficamente la posición, la velocidad y la aceleración del movimiento armónico simple (M.A.S.) en función del tiempo comprobando su periodicidad.</p>
--	--	--

Bloque 7. Dinámica

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>La fuerza como interacción. Fuerzas de contacto.</p> <p>Dinámica de cuerpos ligados.</p> <p>Fuerzas elásticas.</p> <p>Dinámica del M.A.S.</p> <p>Sistema de dos partículas.</p> <p>Conservación del momento lineal e impulso mecánico.</p> <p>Dinámica del movimiento circular uniforme. Leyes de Kepler.</p> <p>Fuerzas centrales.</p> <p>Momento de una fuerza y momento angular.</p> <p>Conservación del momento angular.</p> <p>Ley de Gravitación Universal.</p> <p>Interacción electrostática: ley de Coulomb.</p>	<p>1. Identificar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.</p> <p>2. Resolver situaciones desde un punto de vista dinámico que involucran planos inclinados y / o poleas.</p> <p>3. Reconocer las fuerzas elásticas en situaciones cotidianas y describir sus efectos.</p> <p>4. Aplicar el principio de conservación del momento lineal a sistemas de dos cuerpos y predecir el movimiento de los mismos a partir de las condiciones iniciales.</p> <p>5. Justificar la necesidad de que existan fuerzas para que se produzca un movimiento circular.</p> <p>6. Contextualizar las leyes de Kepler en el estudio del movimiento planetario.</p> <p>7. Asociar el movimiento orbital con la actuación de fuerzas centrales y la conservación del momento angular.</p> <p>8. Determinar y aplicar la ley de Gravitación Universal a la estimación del peso de los cuerpos y a la interacción entre cuerpos celestes teniendo en cuenta su carácter vectorial.</p>	<p>1.1. Representa todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, obteniendo la resultante, y extrayendo consecuencias sobre su estado de movimiento.</p> <p>1.2. Dibuja el diagrama de fuerzas de un cuerpo situado en el interior de un ascensor en diferentes situaciones de movimiento, calculando su aceleración a partir de las leyes de la dinámica.</p> <p>2.1. Calcula el modulo del momento de una fuerza en casos prácticos sencillos.</p> <p>2.2. Resuelve supuestos en los que aparezcan fuerzas de rozamiento en planos horizontales o inclinados, aplicando las leyes de Newton.</p> <p>2.3. Relaciona el movimiento de varios cuerpos unidos mediante cuerdas tensas y poleas con las fuerzas actuantes sobre cada uno de los cuerpos.</p> <p>3.1. Determina experimentalmente la constante elástica de un resorte aplicando la ley de Hooke y calcula la frecuencia con la que oscila una masa conocida unida a un extremo del citado resorte.</p> <p>3.2. Demuestra que la aceleración de un movimiento armónico simple (M.A.S.) es proporcional al desplazamiento utilizando la ecuación fundamental de la Dinámica.</p> <p>3.3. Estima el valor de la gravedad haciendo un estudio del movimiento del péndulo simple.</p> <p>4.1. Establece la relación entre impulso mecánico y momento lineal aplicando la segunda ley de Newton.</p> <p>4.2. Explica el movimiento de dos cuerpos en casos prácticos como colisiones y sistemas de propulsión mediante el principio de conservación del momento lineal.</p> <p>5.1. Aplica el concepto de fuerza centrípeta para resolver e interpretar casos de móviles en curvas y en trayectorias circulares.</p> <p>6.1. Comprueba las leyes de Kepler a partir de tablas de datos astronómicos correspondientes al movimiento de algunos planetas.</p>

	<p>9. Conocer la ley de Coulomb y caracterizar la interacción entre dos cargas eléctricas puntuales.</p> <p>10. Valorar las diferencias y semejanzas entre la interacción eléctrica y gravitatoria.</p>	<p>6.2. Describe el movimiento orbital de los planetas del Sistema Solar aplicando las leyes de Kepler y extrae conclusiones acerca del periodo orbital de los mismos.</p> <p>7.1. Aplica la ley de conservación del momento angular al movimiento elíptico de los planetas, relacionando valores del radio orbital y de la velocidad en diferentes puntos de la órbita.</p> <p>7.2. Utiliza la ley fundamental de la dinámica para explicar el movimiento orbital de diferentes cuerpos como satélites, planetas y galaxias, relacionando el radio y la velocidad orbital con la masa del cuerpo central.</p> <p>8.1. Expresa la fuerza de la atracción gravitatoria entre dos cuerpos cualesquiera, conocidas las variables de las que depende, estableciendo cómo inciden los cambios en estas sobre aquella.</p> <p>8.2. Compara el valor de la atracción gravitatoria de la Tierra sobre un cuerpo en su superficie con la acción de cuerpos lejanos sobre el mismo cuerpo.</p> <p>9.1. Compara la ley de Newton de la Gravitación Universal y la de Coulomb, estableciendo diferencias y semejanzas entre ellas.</p> <p>9.2. Halla la fuerza neta que un conjunto de cargas ejerce sobre una carga problema utilizando la ley de Coulomb.</p> <p>10.1. Determina las fuerzas electrostática y gravitatoria entre dos partículas de carga y masa conocidas y compara los valores obtenidos, extrapolando conclusiones al caso de los electrones y el núcleo de un átomo.</p>
--	---	---

Bloque 8. Energía

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>Energía mecánica y trabajo.</p> <p>Sistemas conservativos.</p> <p>Teorema de las fuerzas vivas.</p> <p>Energía cinética y potencial del movimiento armónico simple.</p> <p>Diferencia de potencial eléctrico.</p>	<p>1. Establecer la ley de conservación de la energía mecánica y aplicarla a la resolución de casos prácticos.</p> <p>2. Reconocer sistemas conservativos como aquellos para los que es posible asociar una energía potencial y representar la relación entre trabajo y energía.</p> <p>3. Conocer las transformaciones energéticas que tienen lugar en un oscilador armónico.</p> <p>4. Vincular la diferencia de potencial eléctrico con el trabajo necesario para transportar una carga entre dos puntos de un campo eléctrico y conocer su unidad en el Sistema Internacional.</p>	<p>1.1. Aplica el principio de conservación de la energía para resolver problemas mecánicos, determinando valores de velocidad y posición, así como de energía cinética y potencial.</p> <p>1.2. Relaciona el trabajo que realiza una fuerza sobre un cuerpo con la variación de su energía cinética y determina alguna de las magnitudes implicadas.</p> <p>2.1. Clasifica en conservativas y no conservativas, las fuerzas que intervienen en un supuesto teórico justificando las transformaciones energéticas que se producen y su relación con el trabajo.</p> <p>3.1. Estima la energía almacenada en un resorte en función de la elongación, conocida su constante elástica.</p> <p>3.2. Calcula las energías cinética, potencial y mecánica de un oscilador armónico aplicando el principio de conservación de la energía y realiza la representación gráfica correspondiente.</p> <p>4.1. Asocia el trabajo necesario para trasladar una carga entre dos puntos de un campo eléctrico con la diferencia de potencial existente entre ellos permitiendo la determinación de la energía implicada en el proceso.</p>

Anexo II- Recursos para recoger conocimientos previos

En la primera sesión de presentación de la propuesta didáctica al alumnado, se deben recoger las ideas previas para corregir asunciones incorrectas o errores de concepto. Esta actividad se puede facilitar mediante recursos disponibles online en abierto, o mediante preguntas dirigidas. En el presente anexo se indican sugerencias en este sentido:

Preguntas para dinamizar el debate:

- ¿Cuál es la diferencia entre caída libre y lanzamiento?
- ¿Qué llega antes al suelo cuando se suelta desde la misma altura: una bola de plomo o una pluma?
- ¿Hay algo que frene una caída libre antes de llegar al suelo?
- ¿Cuál es la diferencia entre amortiguar y frenar?
- ¿Qué ecuaciones conocéis para calcular velocidades? ¿qué aceleración se usa en la caída libre?
- ¿Es la masa del dispositivo importante? ¿para la fuerza, para la velocidad o para la aceleración?

Recursos públicos sobre caída de cuerpos:

- Demostraciones de la caída libre:
 - <https://www.youtube.com/watch?v=qCCgqCGjesg>
 - https://www.youtube.com/watch?v=yerkQ7_7bOQ
 - https://www.youtube.com/watch?v=Y2F_yPesZO0
 - <https://www.youtube.com/watch?v=SHstJZN-yOQ>
- Ideas de proyectos *eggdrop* (solo si se ve al grupo muy perdido):
 - <https://www.youtube.com/watch?v=nsnyI8lfH4>
 - <https://www.youtube.com/watch?v=fv7LW0Mljll>