

# **Trabajo Fin de Máster**

en Profesorado de E.S.O., F.P. y Enseñanzas de  
Idiomas, Artísticas y Deportivas

**Especialidad de Física y Química**

La cinemática desde el propio movimiento

Kinematics from the movement itself

Autor

**Alejandro Villanueva Guerrero**

Directoras

Ana de Echave Sanz  
Belén Sánchez-Valverde García

*“... con todas sus farsas, trabajos y sueños rotos,  
este sigue siendo un mundo hermoso.  
Ten cuidado, esfuérgate por ser feliz.”*

En memoria de **Vicente Rodríguez Pina**.

## Índice

<b>Resumen/Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>6</b>
1.1 El camino hacia la docencia .....	6
1.2 El máster de profesorado .....	7
1.3 Una oportunidad para comenzar a investigar .....	8
<b>2. Planteamiento del problema y marco teórico .....</b>	<b>9</b>
2.1 El docente como investigador en el aula .....	9
2.2 La Física en la Educación Secundaria.....	10
2.3 La ciencia en contexto y el aprendizaje experiencial como punto de partida .....	12
2.4 Una actividad física para la Física.....	13
<b>3. Cuestiones iniciales y objetivos de la investigación .....</b>	<b>15</b>
<b>4. Proyecto de Investigación Docente .....</b>	<b>16</b>
4.1 Contexto del grupo de trabajo.....	16
4.1.1 Contenido y competencias a trabajar.....	17
4.1.2 Calendario académico.....	18
4.2 Diseño metodológico.....	19
4.2.1 La investigación-acción como metodología.....	19
4.2.2 El modelo y estructura de la investigación.....	20
4.2.3 El ciclo de investigación-acción.....	21
4.2.4 Trabajo en equipo .....	23
4.3 Propuesta docente y desarrollo de la investigación .....	24
4.3.1 El método de enseñanza utilizado.....	24
4.3.2 Síntesis y estructura metodológica.....	25
4.3.3 Desarrollo de la propuesta y ciclos de la investigación .....	27
1. Clase de introducción.....	27
2. Actividad deportiva .....	29
3. Práctica de informática .....	31
4. Análisis estadístico de los datos.....	33
5. Análisis vectorial del movimiento .....	36
6. Movimiento rectilíneo uniforme .....	38
7. Resolución de problemas.....	40
8. Repaso previo al examen .....	42

<b>5. Evaluación y resultados .....</b>	<b>45</b>
5.1 Evaluación del proyecto por parte del alumnado .....	45
5.2 Evaluación y resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje.....	47
5.3 Evolución del grupo estudiado.....	49
<b>6. Conclusiones, consecuencias e implicaciones .....</b>	<b>52</b>
<b>7. Referencias documentales .....</b>	<b>54</b>
Anexo I: Fragmento del currículo de Física y Química de 4º curso (Aragón) .....	56
Anexo II: Excel de datos experimentales del recorrido en línea recta. ....	59
Anexo III: Excel ejemplo y análisis de medidas experimentales en el circuito .....	62
Anexo IV: Ejercicios propuestos y soluciones .....	63
Anexo V: Prueba de evaluación de contenidos (examen) .....	66
Anexo VI: Valoraciones del proyecto docente por parte del alumnado .....	68
Anexo VII: Entrevista con el tutor del centro educativo .....	71



## Resumen

En este trabajo se exponen los resultados y el desarrollo de una investigación educativa realizada en el contexto de un máster de formación de profesorado sobre la metodología didáctica y los problemas que presenta la introducción de la cinemática (física clásica) en la educación secundaria, empleando un enfoque didáctico de la ciencia en contexto y el aprendizaje experiencial como aspectos clave a través de una actividad práctica como punto de partida. El caso para investigar está compuesto por un profesor investigador en formación, un alumnado de cuarto curso de secundaria, y la cinemática como contenido clave en la Física escolar, siendo la metodología a emplear la investigación-acción en el aula.

Comenzando con una reflexión sobre el modelo docente y las posibilidades que el docente investigador ofrece en el propio desarrollo personal, se presentan el planteamiento del problema a estudiar y los objetivos de la investigación (Apartados 1, 2 y 3), para describir a continuación la metodología empleada y el desarrollo de la propuesta docente que ha servido de base para la investigación (Apartado 4). Finalmente, se lleva a cabo la evaluación y el análisis de los resultados obtenidos (Apartado 5) que, junto con las observaciones y reflexiones realizadas en el proceso de investigación, serán los que sirvan para extraer las conclusiones finales de este proyecto, así como algunas consecuencias e implicaciones posibles para la enseñanza (Apartado 6).

**Palabras clave:** cinemática, investigación didáctica, aprendizaje experiencial.

## Abstract

This paper presents the results and development of an educational research carried out in the context of a master's degree in teacher training on didactic methodology and problems presented by the introduction of kinematics (classical physics) in secondary education, using a didactic approach of science in context and experiential learning as key aspects through a practical activity as a starting point. The case to investigate is composed of a research teacher in training, a group of fourth-year high school students, and kinematics as key content in school physics, being the methodology to use the investigation-action in the classroom.

Starting with a reflection on the teaching model and the possibilities that the research teacher offers in his own personal development, the approach of the problem to be studied and the objectives of the research are presented (Sections 1, 2 and 3), in order to describe below the methodology used and the development of the teaching proposal that has served as the basis for the research (Section 4). Finally, the evaluation and analysis of the results obtained are carried out (Section 5) which, along with the observations and reflections made in the research process, will be used to draw the final conclusions of this project, as well as some consequences and possible implications for teaching (Section 6).

**Keywords:** kinematics, didactic research, experiential learning.

## 1. Introducción

### 1.1 El camino hacia la docencia

La situación en la que un alumno se encuentra al finalizar sus estudios de educación secundaria y tener que elegir una carrera universitaria es una decisión que puede marcarle de por vida. Durante el último curso llegan las dudas sobre qué es lo que uno quiere o tiene que hacer tras acabar su periodo en el instituto y, aunque puedas creer que lo tienes claro desde un principio, todo puede cambiar a la hora de tomar la decisión final.

En mi mente siempre había tenido la ilusión de llegar a ser profesor algún día, pero también sabía que lo que quería enseñar en un futuro era aquello que me tenía que gustar y, sobre todo, lo que tenía que conseguir transmitir a mis alumnos y alumnas. En este punto es en el que entra la influencia que tienen en la etapa de la educación secundaria los profesores que nos marcan en nuestra adolescencia. A mí siempre se me habían dado bien las matemáticas, y me considero muy afortunado de haber tenido los profesores que tuve durante esos seis años de formación, sin embargo, fue mi profesor de Física, con su forma peculiar a la hora de explicarla, el que me abrió los ojos hacia el mundo de la ciencia. Si bien se trataba de la asignatura que más complicada me parecía, también era eso mismo lo que hacía que cada vez me gustase más, por lo que finalmente me animé a estudiar la carrera de Física en la Universidad de Zaragoza.

La Física es una de las disciplinas académicas más antiguas, y tal vez una de las más complejas, por lo que en la primera etapa de la carrera debes aprender una gran cantidad de conocimientos matemáticos para su modelización y comprensión. Quizás fue en el comienzo cuando más pude disfrutar de los estudios, debido a que pude encontrarle una gran aplicación a aquello que más me gustaba, las matemáticas. Sin embargo, también sirvió para darme cuenta de la gran conexión que existe entre las mismas y la física, y de lo poco ligadas que se encuentran en los estudios de secundaria. Las matemáticas no son sólo fundamentales, sino imprescindibles, entonces... ¿cómo es posible entender la Física en el instituto sin conocer sus herramientas? Con esto no quiero decir que no se pueda disfrutar de la Física en el instituto, de hecho, como estudiante tuve la suerte poder hacerlo, pero quizá sí que haya que darle otro enfoque para su enseñanza, algo que he tratado de aportar en este trabajo.

En los últimos años de la carrera, uno se tiene que parar a pensar cuál va a ser el siguiente paso que tiene que dar. Se abren las puertas hacia el mundo laboral y, aunque la mayoría de mis compañeros decidieron seguir formándose como físicos en el campo de la investigación, en mi caso tenía muy claro que quería dedicarme a la docencia, por lo que escogí la opción de formarme como docente en el Máster de Profesorado de la Universidad de Zaragoza. Si bien uno puede pensar que una vez finaliza unos estudios ya es poseedor de los conocimientos que ha adquirido, creo que es cuando acabas la carrera cuando empiezas a entender la Física de verdad, y ser consciente de lo que verdaderamente conoces, pues como dijo un gran físico alemán, no entiendes algo realmente hasta que eres capaz de explicárselo a tu abuela. Y esta es para mí una de las virtudes más enriquecedoras que ofrece la docencia, la posibilidad de conocer aquello de lo que somos capaces, de aprender sobre lo aprendido y, sobre todo, lo más importante, seguir aprendiendo.

## 1.2 El máster de profesorado

Al comenzar los estudios en el máster lo que uno espera es poder formarse como docente, adquiriendo una serie de competencias profesionales y pedagógicas que le permitan ofrecer en un futuro una educación de calidad a sus alumnos. Por ello, el máster está estructurado de tal manera que se pueden diferenciar dos tipos de bloques, uno de carácter más genérico y transversal a todas especialidades, y otro más enfocado a la especialidad correspondiente, en este caso Física y Química, ambos complementados con un período de prácticas realizadas en el centro educativo escogido.

A lo largo del primer semestre se trabajan asignaturas en las que se aprenden, entre otros aspectos, el marco legislativo y organizativo básico que debemos conocer durante el ejercicio de la profesión, la importante relación e influencia entre la sociedad y la educación, los procesos de enseñanza-aprendizaje del alumnado adolescente desde diferentes teorías del aprendizaje, métodos de evaluación y, sobre todo, ser capaces de educar en valores a nuestro alumnado. Si hay algo que te queda claro en esta primera etapa de formación es que más allá de conseguir que los alumnos entiendan los conceptos trabajados en clase, resulta crucial el ser capaces de que su desarrollo intelectual y moral sea el más adecuado dentro de las circunstancias personales de cada uno.

En el segundo semestre las materias se centran más en la especialidad, tratando de aplicar lo aprendido en el primer bloque a diferentes actividades e instrumentos de evaluación empleados en el desarrollo de la actividad docente. A través de experiencias como la preparación de una actividad de laboratorio, el desarrollo de una programación didáctica y la elaboración de una propuesta de innovación docente, uno comienza a sentirse dentro del papel del profesor, comprendiendo el trabajo y la responsabilidad que suponen la preparación de cada una de las sesiones que se imparten en el aula, algo que se puede vivir en primera persona durante el desarrollo de las prácticas en el centro educativo.

Aquí es donde entra un aspecto fundamental en la formación que ofrece el máster de profesorado, el contexto educativo en el que se desarrollan las prácticas. En mi caso puedo decir que me siento muy agradecido en lo que respecta al tutor de prácticas, Antonio López Polo, y al centro educativo en el que han sido desarrolladas, el Colegio Salesiano Nuestra Señora del Pilar de Zaragoza. Como alumno que había sido formado hasta finalizar sus estudios de secundaria en diferentes centros públicos, consideré que desarrollar las prácticas allí me permitiría conocer cómo trabajaba un centro concertado. La decisión no pudo ser más acertada, el ambiente de trabajo y la cercanía mostrada por todo el cuerpo docente me hicieron sentir desde el primer día como un miembro más del grupo.

Durante la estancia en el primer semestre los estudiantes del máster pudimos conocer cómo funcionaba el centro, atendiendo a diversas charlas de formación presentadas por diferentes miembros del cuerpo docente. En esta primera etapa, se nos dio la oportunidad de tener una primera toma de contacto con los alumnos asociados a cada tutor, con los que íbamos a trabajar en el segundo semestre, y gracias a los cuales se ha podido llevar a cabo el proyecto en el que se centra este trabajo.

### 1.3 Una oportunidad para comenzar a investigar

A la hora de elegir el tema del Trabajo de Fin de Máster se ofrecen diferentes posibilidades, entre la que existe una modalidad B, que consiste en un trabajo original de inicio en la investigación e innovación educativas. Mi condición de becario de colaboración en el Departamento de las Ciencias Experimentales durante el curso 2016/2017, la coincidencia de que el tutor del centro fuese un miembro colaborador del departamento, así como la predisposición en todo momento por parte de las tutoras de este trabajo, fueron una serie de circunstancias que no dejaron duda a la elección, ofreciéndome la posibilidad de iniciarme en la investigación en un ambiente de trabajo óptimo, una oportunidad que no quise dejar escapar.

De los posibles temas a escoger para trabajar, tenía muy claro desde el principio que quería investigar sobre la Didáctica de la Física, por lo que cuando se me planteó la posibilidad de trabajar la cinemática desde una perspectiva diferente al enfoque tradicional, tomando la estadística como herramienta inicial en una actividad experimental, no dudé un solo segundo. Mi experiencia personal como estudiante de la carrera de Física me había hecho reflexionar sobre los métodos de enseñanza que se emplean en la secundaria desde sus inicios, los cuales parecen no haber evolucionado durante las últimas décadas. Me resultaba muy complicado creer que los alumnos pudiesen comprender la mecánica clásica tal y como se les introduce por lo general en los libros de texto, por lo que se trataba de un bonito reto para iniciarme en la investigación como docente.

Durante las dos primeras semanas del segundo semestre en el centro salesiano, pude observar como mi tutor terminaba de impartir las lecciones de la parte de química correspondiente a la asignatura de Física y Química con su grupo de alumnos de 4º de secundaria. Se trataba de una situación idónea que nos ofrecía el período de prácticas en el centro, un momento clave para investigar con un grupo de alumnos que no habían visto lo que era la Física hasta entonces. Por ello, decidimos aprovechar la oportunidad para trabajar con ese grupo, comenzando con el cambio a la Física desde la introducción al movimiento, es decir, desde la cinemática.

El trabajo que se muestra a continuación significa para mí un comienzo y un final, pues me ha ofrecido la posibilidad de iniciarme en la investigación de la didáctica de las ciencias, y a su vez pone fin a una etapa formativa que ha dejado huella en mi persona, pues no sólo me llevo conmigo todo lo aprendido durante el máster, sino también lo mejor de cada una de las personas con las que he tenido el placer de trabajar tanto en la universidad como en el centro salesiano y, sobre todo, el cariño mostrado por aquellos alumnos que hicieron que me sintiera profesor durante más que unos días. Por todo ello, espero que este escrito sirva para aportar mi primer grano de arena en mis inicios como investigador educativo, y pueda resumir del mejor modo posible la gran experiencia que ha significado para mí el desarrollo de este proyecto.

## 2. Planteamiento del problema y marco teórico

La Física, como ciencia fundamental de la naturaleza, está íntimamente relacionada con todas aquellas ciencias sobre las que influya, en cualquier aspecto, la propia naturaleza (Pérez y Miralles, 1969). Se trata de la ciencia que estudia las propiedades de la materia que compone el mundo en el que vivimos, intentando establecer las leyes que explican los fenómenos que tienen lugar en el universo. Sin embargo, por muy interesante que pueda resultar esta rama de la ciencia, la realidad es que los alumnos tienden enseguida a perder su interés, debido en aspectos generales a que desde sus inicios les parece una asignatura complicada, aburrida, y a la que no le encuentran su utilidad.

Uno de los principales objetivos de este trabajo ha sido tratar de mostrar a los estudiantes cómo la Física puede resultarles interesante, cómo está presente en nuestro día a día en la era de la tecnología en la que vivimos y, sobre todo, cómo pueden tenerla al alcance de sus manos con una experiencia tan simple como una actividad deportiva en el patio del colegio. De este modo, se ha empleado una estrategia didáctica con el grupo que, además de motivar al alumnado y promover actitudes positivas a las ciencias, ha pretendido que aprendan de una forma más significativa y competencial (Marchán-Carvajal y Sanmartí, 2015).

En esta sección se presenta el problema que ha sido foco de la investigación, el método didáctico al introducir la cinemática a los alumnos de secundaria. En primer lugar, para poder afrontar mi primera experiencia como investigador educativo, he considerado indispensable estudiar la fundamentación y reflexión sobre la postura del docente como investigador en el aula. Así mismo, se ha llevado a cabo el estudio de los problemas que presenta la física en la educación secundaria, que, junto con mi experiencia personal, considero que han sido claves para poder afrontar el problema en condiciones. Finalmente, se presentan la ciencia en contexto y el aprendizaje experiencial (Kolb, 2015) como puntos de partida que, a través del desarrollo de la actividad deportiva, han sido la base que ha servido para asentar los cimientos y poder diseñar la estructura de este proyecto de investigación.

### 2.1 El docente como investigador en el aula

Una de las características de la época social que nos ha tocado vivir es una mayor conciencia y constante preocupación por la calidad de la educación. Los docentes aparecen como los protagonistas principales del quehacer educativo y su trabajo en el aula se considera como un importante indicador de calidad, motivo por el cual la formación del profesorado es también el eje del debate sobre la calidad educativa (Latorre, 2003).

A la hora de hablar de la calidad de la educación lo primero que debemos hacer es pararnos a reflexionar sobre los modelos de enseñanza que predominan en el sistema educativo actual, ¿es posible que, entrados en el tercer milenio, se mantenga un modelo de enseñanza que propicia una formación basada en la transmisión y reproducción de unos saberes establecidos, frente a una concepción del alumnado como sujeto activo y responsable de su propio aprendizaje? Aunque quisiera poder dar una respuesta negativa, la realidad es que nuestro país presenta una larga tradición educativa apoyada en métodos de enseñanza basados en la transmisión directa del conocimiento (Pozo y Gómez Crespo, 2010).

Los futuros docentes debemos dejar atrás el modelo de profesor rutinario que se limita a dar sus clases siempre de la misma manera, transmitiendo conocimientos a los alumnos mediante métodos basados en la repetición, sin cuestionarse lo que dice o hace, ni ser consciente de si están comprendiendo de verdad sus explicaciones. Tenemos que dar un mayor protagonismo a los alumnos durante las clases, alejándonos de la idea de aula dominada por el profesor (Stenhouse, 1987), para poder dar respuesta a las necesidades que presentan y buscar nuevos enfoques que permitan facilitar su comprensión.

En este sentido, Latorre (2003) plantea una nueva visión del aula como espacio de investigación y desarrollo profesional, en la que el docente se vuelve un investigador o profesional reflexivo, que piensa y toma decisiones para crear nuevas situaciones a partir de los problemas que presenta la práctica cotidiana, con el fin de mejorarla o transformarla. Así pues, la investigación en el aula se entiende como una acción efectuada por el profesor, que adquiere una mayor responsabilidad en sus funciones, pudiendo crear un ambiente más dinámico donde se pueda enseñar y aprender mejor, que permita perfeccionar su enseñanza y ayudar a mejorar los métodos de enseñanza de la teoría educativa (Hopkins, 1989).

Debemos entonces apostar por una práctica educativa que nos permita enseñar investigando, cuestionándonos en el día a día cómo podemos mejorar lo que estamos haciendo, reflexionando sobre la propia experiencia personal y profesional (Whitehead, 1995). De este modo, la investigación se convierte en un elemento constitutivo del autodesarrollo profesional de los docentes, permitiendo su adaptación a los nuevos conocimientos que surgen con la evolución continua de la sociedad, siendo la práctica educativa el laboratorio para su desarrollo (Stenhouse, 1998).

No me queda duda alguna de que es el modelo de docente investigador el que considero más se ajusta a lo que quiero ser en un futuro profesional pues, además de permitirme estudiar y tratar de resolver los diferentes problemas educativos, me servirá como método de formación, posibilitando una mejora continua de la práctica profesional. Es por tanto este perfil, a través de la metodología de la investigación-acción en el aula (que se introducirá más adelante), el que he decidido empezar a adoptar como forma de trabajo en este proyecto.

## **2.2 La Física en la Educación Secundaria**

Como explica de Pro (2003) en algunas de sus reflexiones, la inclusión de la Física en el currículo, desde los primeros niveles del sistema educativo, se ha justificado por muchos motivos, entre los que caben destacar: las contribuciones al desarrollo de determinadas capacidades y potencialidades que tienen los seres humanos, y las necesidades de un contexto social donde cada vez existe una mayor dependencia de la ciencia y la tecnología.

De este modo, resulta fundamental que la enseñanza y el aprendizaje de la Física (y de las ciencias en general) estén basados en un buen proceso de comunicación entre el profesor y los alumnos. En este aspecto comunicativo, una pieza esencial es el lenguaje de la ciencia empleado en la didáctica de la misma. Por ello, es importante que los alumnos aprendan a observar, describir, explicar, justificar y argumentar, de modo que el aprendizaje sea significativo, siendo capaces de entender e interpretar los fenómenos estudiados.

Aunque lo mencionado anteriormente sería lo ideal, la realidad es que resulta habitual en las aulas de ciencia encontrar que gran parte del alumnado se limite a repetir los conocimientos e ideas, que realmente no comprenden. Pese a que la mente humana está poco dotada para almacenar copias exactas de la información que recibe, los alumnos tienden a utilizar la memoria como último recurso para su estudio y la resolución de problemas, siendo un mecanismo que puede acabar convirtiéndose en un hábito frecuente, que termine alejándolos de la comprensión de los fenómenos estudiados (Pozo y Gómez Crespo, 2010).

Para solventar esta situación, debemos evitar que los alumnos basen su aprendizaje en el estudio de los libros de texto, cuyo lenguaje inicialmente resulta generalmente denso y difícil de comprender, pues los estudiantes de estos niveles educativos se encuentran en una etapa de crecimiento intelectual que presenta todavía importantes limitaciones cognitivas (de Pro, 2003). Es por tanto labor del docente impartir sus clases mediante un lenguaje didáctico que permita al alumnado entender los conceptos estudiados, pero que a su vez les vaya formando en su adquisición y asimilación del vocabulario científico.

Atendiendo al lenguaje asociado a los conocimientos que se introducen en la cinemática de secundaria, resulta crucial que los alumnos comprendan y asimilen desde sus inicios en los estudios de física los conceptos clave asociados al movimiento, como son: posición, sistema de referencia, trayectoria, espacio recorrido, tiempo, velocidad media, velocidad instantánea, desplazamiento... Se tratan de conceptos abstractos que pueden parecer sencillos a priori, pero cuyo lenguaje científico a la hora de expresarlos por sí mismos no resulta tan evidente, volviéndose difícil su propia comprensión (Driver, Guesne y Tiberghien, 1999). Por ello, una de las ideas principales en esta línea de trabajo ha sido la comunicación entre el docente y el alumnado, con el propósito de conseguir una óptima asimilación conceptual de las bases de la cinemática.

Al hablar de las dificultades presentes en la asimilación de conceptos y modelos físicos, debemos ser conscientes de que la cinemática es una de las partes de la física escolar más matematizada, y por tanto sensible a las herramientas y habilidades que dispone el alumnado. De los instrumentos auxiliares de la Física, las matemáticas como ciencia de la relación y la cantidad ocupa un lugar preeminente (Pérez y Miralles, 1969), siendo empleadas como instrumento que expresa el contenido de la Física ahorrando palabras, algo que queda perfectamente reflejado en la modelización vectorial y las ecuaciones.

Pese a su importante relación, las matemáticas y la física se presentan curricularmente como asignaturas separadas, existiendo por lo general un desfase importante en la impartición de los conocimientos matemáticos necesarios para la física, y la introducción de los conceptos y modelos físicos que dependen de los mismos. Un buen ejemplo es lo complicado que resulta para los estudiantes comprender la modelización vectorial de la cinemática si no han trabajado con vectores previamente, por lo que acaban optando por emplear las ecuaciones del movimiento sin entender su sentido físico. Para afrontar este problema, en este proyecto se ha trabajado la física a partir de una experiencia directa, introduciendo la cinemática desde la medida y la acción de medir, y trabajando con una serie de datos experimentales mediante conceptos básicos de la estadística, que han acabado sirviendo para que los alumnos lleven a cabo su propia modelización vectorial.



En lo que respecta a los métodos de enseñanza en la didáctica de la Física, un problema presente es que sigan predominando aquellos tradicionales basados en la teoría y la resolución de problemas, los cuales se apoyan demasiado en los libros de texto y la escritura en la pizarra. El resultado frecuente es que los alumnos acaban aprendiendo una serie de fórmulas que les sirven para resolver los ejercicios, mientras que utilizan la memoria como herramienta para aprender la teoría, sin atender en muchas ocasiones a la comprensión de lo estudiado.

Por otro lado, como ciencia, la Física debe tener su parte experimental que permita a los alumnos conocer cómo funcionan los fenómenos que se estudian en clase, siendo así la experiencia práctica la esencia del aprendizaje científico. Esto es algo que contrasta con la realidad del aula, pues la impartición teórica de la gran cantidad de contenidos presentes en el currículo acaba consumiendo la mayoría del tiempo de la asignatura, dejando apenas espacio para alguna que otra práctica de laboratorio, cuyo guion parece no haber evolucionado durante las últimas décadas.

Para abordar estos problemas, una posibilidad es tratar de acercar la ciencia y sus experiencias a la propia aula, pues no debemos entender la experiencia práctica únicamente como aquella llevada al laboratorio (Hodson, 1994), sino que cualquier método de aprendizaje de trabajo práctico que exija a los estudiantes que sean activos les permitirá aprender mejor a través de la experiencia directa, como se ha pretendido en la actividad que el grupo ha desarrollado en este estudio.

### **2.3 La ciencia en contexto y el aprendizaje experiencial como punto de partida**

La experiencia práctica pertenece a la visión competencial del aprendizaje de las ciencias, la cual implica ser capaces de utilizar el conocimiento científico (de la ciencia y sobre la ciencia) en situaciones de la vida cotidiana, para poder estudiar los fenómenos naturales, lo que se conoce como ciencia en contexto. Desde la década de los 70, cuando apareció el movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), se han desarrollado numerosos proyectos y metodologías que utilizan contextos de la vida del alumnado como escenarios a partir de los que aprender ciencias. Destacan en la actualidad los proyectos de ciencia en contexto, pues además de aumentar la motivación hacia la ciencia y las vocaciones científicas, contribuyen a promover un aprendizaje más significativo, de forma que favorezca el desarrollo de la competencia científica (Marchán-Carvajal y Sanmartí, 2015).

En este sentido, con la aplicación a la vida cotidiana de lo aprendido, el enfoque del aprendizaje experiencial puede servir como modelo óptimo para la comprensión del proceso por medio del cual aprendemos y aplicamos en la práctica lo aprendido (Gómez, 2003). En su forma más simple, el aprendizaje experiencial significa aprender a partir de la propia experiencia. La educación experiencial introduce primero a los alumnos en una experiencia, y después los anima a reflexionar a partir de la misma con el propósito de desarrollar sus habilidades, actitudes y nuevas formas de pensamiento (Lewis y Williams, 1994). Así, se deja atrás el método tradicional de educación basado en la transmisión de conocimientos, modificando la relación entre el docente y los alumnos, los cuales adquieren una mayor responsabilidad, siendo los protagonistas de su propio aprendizaje, en lugar de que tenga que ser el profesor el que les diga qué, cómo y cuándo tienen que hacer las cosas (Moon, 2004).



## 2.4 Una actividad física para la Física

Partiendo de los modelos de la ciencia en contexto y el aprendizaje experiencial, y empleando el deporte como actividad fundamental en nuestras vidas, ha sido diseñada la actividad deportiva en la que se ha centrado este proyecto. En esta actividad, los estudiantes se vuelven los protagonistas de su propio estudio, ya que deben realizar un recorrido por un circuito mientras sus compañeros toman medidas de tiempo, y viceversa, como se muestra en la Figura 1. Se pretende por tanto un método de aprendizaje activo en el que los alumnos puedan aprender de su propia experiencia.



Figura 1. Desarrollo de la actividad deportiva con los alumnos en la cancha de baloncesto.

El diseño de la actividad, además de buscar facilitar el estudio de los conceptos trabajados en la cinemática, incluye en su trasfondo el enfoque de la cognición corpórea (Gomila, 2009), pues el hecho de que los alumnos sean el propio cuerpo que lleva a cabo el movimiento estudiado, requiere que utilicen sus sentidos y coordinación para orientarse en un espacio tridimensional, empleando la base sensomotora e interactiva para la comprensión (Abrahamson y Lindgren, 2014). Los estudiantes suelen presentar dificultades a la hora de tener que trabajar con la abstracción del espacio tridimensional, por lo que esta actividad les permitirá vivirlo en primera persona, estableciendo una conexión entre la realidad y su abstracción.

De esta forma, la actividad permite incidir en aspectos como la conceptualización de la velocidad media (concepto estadístico), como algo que podemos medir en función del tiempo, y que nos permite establecer relaciones espacio-tiempo, que son magnitudes a su vez relacionadas con nuestro sistema sensomotor y, por lo tanto, con nuestro sistema perceptual. Además, para una trayectoria rectilínea, la velocidad media corresponde a la media de las velocidades instantáneas, magnitudes que no podemos medir experimentalmente, y que son las que mejor describen lo que le ocurre al móvil en todo momento. Por tanto, se pretende que el Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) pueda servir de modelo básico de aproximación en el problema del circuito, y que los alumnos entiendan que las ecuaciones del movimiento tienen sentido a la hora de plantearlas, pues habrán servido para llevar a cabo el análisis de su propio movimiento.

Quizás pueda sorprender la utilización del deporte como método de introducción a la Física, pero no he querido dejar pasar la oportunidad de poder de combinar dos de mis pasiones, y aportar de algún modo mi experiencia como Entrenador de Fútbol Sala en categorías base, en el desarrollo de la actividad. Considero que el deporte, además de ser una práctica fundamental para el desarrollo físico y mental de los adolescentes, transmite una gran cantidad de valores educativos que pueden ser muy positivos para su formación integral. De hecho, numerosos investigadores y expertos abogan por la práctica como capaz de aportar al ser humano importantes beneficios físicos, psicológicos y sociales, llegando a estar relacionada con la mejora del rendimiento académico de los estudiantes (González y Portolés, 2014), algo que por desgracia se contrasta con las pocas personas que mantienen un estilo de vida activo y perdurable a lo largo de la vida adulta (Sanmartín, 2004).

Por todo ello, creo que cualquier oportunidad en la que se incluya el deporte como actividad puede aportar beneficios positivos en la formación de los estudiantes. En el caso de este proyecto, ha podido servir para acercar una materia como la Física a los alumnos, ofreciendo una forma más dinámica y motivadora de dar la asignatura, experimentando con la ciencia, y posibilitando que los alumnos tengan un mayor interés por aprenderla y estudiarla.

### 3. Cuestiones iniciales y objetivos de la investigación

El propósito general de este trabajo se puede resumir como sigue:

- Adoptar como docente en formación el modelo de investigador educativo, con el fin de abordar la metodología didáctica y los problemas que presenta la introducción de la cinemática (física clásica) en la educación secundaria (foco de investigación), empleando el enfoque de la ciencia en contexto y el aprendizaje experiencial como aspectos clave, a través del desarrollo de una actividad práctica como el deporte.

En base al objetivo principal, y partiendo de la problemática contextualizada anteriormente, en este apartado se presentan algunas cuestiones iniciales que se han planteado en la investigación, antes de llevar a cabo el desarrollo de la misma:

- ¿Qué me puede aportar como docente la labor de investigador educativo?
- ¿Es necesario trabajar la física desde un enfoque diferente a la metodología tradicional?
- ¿Pueden comprender los alumnos la modelización vectorial de la cinemática sin conocer y manejar correctamente las herramientas matemáticas necesarias?
- ¿Servirá una actividad deportiva para fomentar en los estudiantes el interés por la Física? ¿Merece la pena invertir un mayor tiempo e incluir una experiencia como esta en la programación de la asignatura?

A partir de estas preguntas, se pueden resumir los objetivos que se han perseguido:

- Llevar a la práctica el modelo de docente investigador como método de formación, posibilitando una mejora continua en la práctica profesional, basada en la reflexión.
- Mejorar el proceso de comunicación entre el profesor y el alumnado, empleando un método didáctico basado en el diálogo y la reflexión, con un lenguaje que permita comprender los fenómenos estudiados, con el propósito de conseguir una óptima asimilación conceptual de las bases de la cinemática.
- Repensar la enseñanza de la cinemática desde un modelo más físico (experimental), en vez de aquel puramente matemático. Facilitar la comprensión del sentido físico de las ecuaciones del movimiento y el porqué de su uso, introduciendo el movimiento desde la acción de medir y trabajando con la estadística de los datos experimentales, con el propósito de que los alumnos lleven a cabo su propia modelización.
- Fomentar el interés por la asignatura en el alumnado a partir del enfoque de la ciencia en contexto y el aprendizaje experiencial, llevando a cabo el desarrollo de un proyecto cinemático basado en la experiencia directa, que ha requerido un mayor tiempo que la metodología convencional, pero que se espera sirva para cumplir los propósitos establecidos.

## 4. Proyecto de Investigación Docente

Una vez introducido el problema-foco de la investigación y establecidos los objetivos, se procede a describir el núcleo de este trabajo, constituido por la metodología empleada y el desarrollo del proyecto de investigación. El caso para investigar está compuesto por un profesor investigador en formación, un alumnado de cuarto curso de secundaria, y la cinemática como contenido clave en la Física escolar, siendo la metodología a emplear la de investigación-acción en el aula.

En primer lugar, se presenta el contexto del grupo con el que se ha llevado a cabo el trabajo. Seguidamente, se introduce la metodología utilizada en el proceso de investigación. Finalmente, se muestra la propuesta didáctica que se ha desarrollado en el proyecto, la que espero pueda resumir del mejor modo posible mi primera experiencia como docente, y a partir de la cual se han podido extraer la evaluación y el análisis de los resultados.

### 4.1 Contexto del grupo de trabajo

Para el desarrollo del proyecto se ha trabajado en la asignatura de Física y Química con un grupo de 35 alumnos de cuarto de secundaria del Colegio Salesiano Nuestra Señora del Pilar de Zaragoza. El alumnado forma conjunto en la materia, procediendo de dos grupos diferentes:

Grupo	Alumnos	Alumnas	Estudiantes
4° A	7	9	16
4° B	11	7	19
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>35</b>

Tabla 1. Distribución del grupo aula de trabajo.

Tras la observación realizada en el período de prácticas previo al trabajo, se sabe que el aula contiene un importante número de estudiantes que presentan distracción con facilidad, pero que por lo general se muestran predispuestos e interesados por aprender en la asignatura. La mayor parte del alumnado se conoce desde la infancia, habiendo tan sólo tres alumnos nuevos en el curso presente. Por tanto, se trata de un grupo homogéneo que mayoritariamente ha compartido la misma formación académica, resultando un aspecto interesante a tener en cuenta para su estudio.

La metodología didáctica empleada por el tutor con el grupo hasta el momento se acerca al método de enseñanza tradicional en un aula de Física, combinando explicaciones teóricas y resolución de problemas en la pizarra, pero estableciendo siempre un continuo diálogo con el grupo, a través de cuestiones que invitan a la reflexión. Los estudiantes combinan los apuntes tomados en la pizarra con el libro de texto (EDEBÉ, 2016) como herramienta de estudio. En base a ello, se ha tratado de seguir una línea de trabajo que no se alejase de la estructura del libro, de modo que el alumnado no se sintiera desorientado, y pudiera apoyarse en su herramienta habitual de estudio en todo momento.

#### 4.1.1 Contenido y competencias a trabajar

En relación al guion establecido por el libro de texto, se encuentra que la cinemática, y por tanto la Física, se introduce con el “*Tema 8: El movimiento*”, siguiendo el orden establecido por el currículo. En este aspecto, cabe destacar que pese a los continuos cambios que se producen las leyes educativas de nuestro país, y que suponen una continua adaptación a los mismos por parte del cuerpo docente, los contenidos correspondientes a la asignatura de Física y Química apenas han sufrido evolución en los últimos años.

En este apartado se muestran los contenidos, criterios de evaluación y competencias clave (CC) que se han tratado de cubrir en este proyecto. Puesto que se ha trabajado a partir de una experiencia práctica, además de trabajar contenidos correspondientes al “Bloque 4: El movimiento y las fuerzas”, se han abordado importantes puntos correspondientes al “Bloque 1: La actividad científica”. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los mismos, pudiendo observarse con mayor detalle en las tablas extraídas del currículo presentes en el Anexo I (BOA Núm. 105, 2016):

	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	CC
<b>BLOQUE 1: La actividad científica</b>	Magnitudes escalares y vectoriales. Magnitudes fundamentales y derivadas. Ecuación de dimensiones. Errores en la medida. Análisis de los datos experimentales	Crit.FQ.1.3. Comprobar la necesidad de usar vectores para la definición de determinadas magnitudes y saber realizar operaciones con ellos.	CMCT
		<b>Crit.FQ.1.4.</b> Comprender que no es posible realizar medidas sin cometer errores y distinguir entre error absoluto y relativo.	CMCT
		Crit.FQ.1.5. Expresar el valor de una medida usando el redondeo y el número de cifras significativas correctas.	CMCT
<b>BLOQUE 4: El movimiento y las fuerzas</b>	<b>El movimiento.  Movimiento rectilíneo uniforme.</b>	<b>Crit.FQ.4.1.</b> Justificar el carácter relativo del movimiento y la necesidad de un sistema de referencia y de vectores para describirlo adecuadamente, aplicando lo anterior a la representación de distintos tipos de desplazamiento.	CMCT
		<b>Crit.FQ.4.2.</b> Distinguir los conceptos de velocidad media y velocidad instantánea justificando su necesidad según el tipo de movimiento.	CMCT
		Crit.FQ.4.3. Expresar correctamente las relaciones matemáticas que existen entre las magnitudes que definen los movimientos rectilíneos y circulares.	CMCT
		<b>Crit.FQ.4.4.</b> Resolver problemas de movimientos rectilíneos y circulares, utilizando una representación esquemática con las magnitudes vectoriales implicadas, expresando el resultado en las unidades del Sistema Internacional.	CMCT
		Crit.FQ.4.5. Elaborar e interpretar gráficas que relacionen las variables del movimiento partiendo de experiencias de laboratorio o de aplicaciones virtuales interactivas y relacionar los resultados obtenidos con las ecuaciones matemáticas que vinculan estas variables.	CMCT CAA CD

Tabla 2. Contenidos y criterios de evaluación trabajados en el proyecto.

Dentro de las siete competencias clave (CC) establecidas en el currículo (ver Anexo I), se puede observar (Tabla 2) como principalmente aquella a trabajar en la Física es la CMCT (Competencia Matemática y competencias básicas en Ciencia y Tecnología). No obstante, y a pesar de que tan sólo aparecen en el último punto, la CAA (Competencia de Aprender a Aprender) y la CD (Competencia Digital) han sido abordadas durante todo el proyecto, además de otros aspectos importantes asociados al resto de las competencias.

En cuanto a los contenidos, el proyecto se ha centrado en los iniciales correspondientes al Bloque 4, siendo los del Bloque 1 los que han servido de herramienta científica para facilitar el estudio de los mismos. Se trabajan por tanto los conceptos asociados a la introducción del movimiento, hasta llegar al movimiento rectilíneo uniforme (MRU) como modelo básico en la cinemática. Por otra parte, los criterios de evaluación han servido de apoyo para conocer qué es lo que está establecido que los alumnos deben aprender, algo que se podrá comprobar en los resultados extraídos tras el desarrollo de la propuesta didáctica.

#### 4.1.2 Calendario académico

Puesto que la legislación educativa establece unos contenidos que deben cubrirse, es necesaria la preparación de una programación didáctica que ajuste el temario a las horas correspondientes a la asignatura en el curso escolar. Teniendo en cuenta la programación de la asignatura establecida por el centro educativo, a los contenidos que ha trabajado este proyecto le correspondían unas 5-6 horas lectivas. Sin embargo, el tiempo total que se le ha dedicado ha sido de 11 horas lectivas, cuyos días en el curso escolar 2016-17 se muestran marcados en color verde en la siguiente figura:

ABRIL 2017							MAYO 2017						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
27	28	29	30	31	1	2	1	2	3	4	5	6	7
3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14
10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21
17	18	19	20	21	22	23	22	23	24	25	26	27	28
24	25	26	27	28	29	30	29	30	31	1	2	3	4

Figura 2. Calendario de sesiones de trabajo con el grupo.

Las sesiones lectivas han sido impartidas durante los miércoles, jueves y viernes asociados al horario del tutor del centro, completando prácticamente un mes del calendario académico. En estas sesiones se incluyen las clases impartidas en el aula, la actividad deportiva llevada a cabo en el patio, una actividad práctica en el aula de informática y el examen realizado el último día. La organización y el desarrollo de las mismas se ha realizado en base a la estructura del diseño metodológico de la investigación, el cual se presenta a continuación.

## 4.2 Diseño metodológico

Atendiendo al modelo del profesor investigador, la metodología del proyecto está fundamentada en la investigación-acción en el aula y la teoría del aprendizaje experiencial como punto de partida. De este modo, en base a un planteamiento que considera la enseñanza como investigación para mejorar su calidad, se ha diseñado una estructura que ha servido como esqueleto de la propuesta didáctica que se ha desarrollado en el trabajo.

### 4.2.1 La investigación-acción como metodología

Según Latorre (2003), de las posibles metodologías que aporta la investigación educativa, la que mejor se ajusta al perfil del docente como investigador es la investigación-acción. Se trata de una investigación en la escuela y desde la escuela, realizada por los docentes, con el fin de dar respuesta a las situaciones problemáticas que tienen lugar en el aula.

A la hora de definir esta metodología, se puede considerar como un término genérico que hace referencia a una amplia gama de estrategias realizadas para mejorar el sistema educativo y social. Elliot (1993) la define como “un estudio de una situación social con el fin de mejorar la calidad de la acción dentro de la misma”. Por otra parte, es significativo el triángulo de Lewin (1946), pues contempla la necesidad de la investigación, la acción y la formación como tres elementos esenciales para el desarrollo profesional:



Figura 3. Triángulo de Lewin (1946).

Entendiendo la acción como la docencia en el aula, podemos definir la investigación-acción como la indagación práctica realizada por el profesorado, con la finalidad de mejorar su práctica educativa a través de ciclos de acción y reflexión (Latorre, 2003). La Figura 4 muestra el ciclo de investigación-acción, el cual se configura en torno a cuatro fases: planificación, acción, observación y reflexión. El momento de la observación y el análisis de datos recogidos de forma sistemática es lo que otorga el rango de investigación.

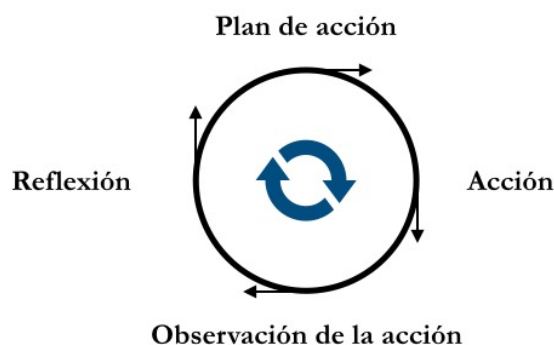


Figura 4. Ciclo de investigación-acción (Latorre, 2003).



#### 4.2.2 El modelo y estructura de la investigación

El proceso de la investigación-acción fue ideado primero por Lewin (1946) y luego desarrollado por Kolb (2015) y otros autores. A modo de síntesis, la investigación-acción puede verse como una espiral de ciclos de investigación y acción constituidos por las fases de planificación, acción, observación y reflexión.

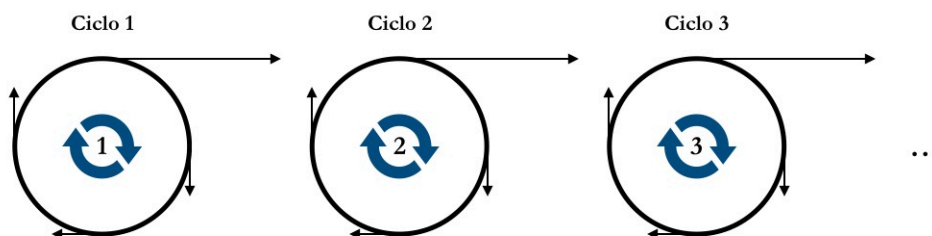


Figura 5. Espiral de ciclos de la investigación-acción (adaptado de Latorre, 2003).

De esta forma, el modelo que ha seguido el trabajo de investigación puede entenderse como un gran ciclo de investigación-acción, que en sí mismo está compuesto por una espiral de ciclos vinculados a las diferentes sesiones lectivas. Así, se puede entender que el proyecto ha sido planificado, se ha llevado a cabo (acción), se ha observado, y finalmente se han extraído unas conclusiones en base a la reflexión, aplicando este mismo modelo a cada una de las sesiones trabajadas con el alumnado.

Por otra parte, teniendo en cuenta que la investigación parte de una experiencia directa como es la actividad deportiva, se puede estructurar el modelo desde el enfoque de la Teoría del Aprendizaje Experiencial (Kolb, 2015), la cual se centra en la importancia del papel que juega la experiencia en el proceso de aprendizaje. Desde esta perspectiva, el aprendizaje es el proceso por medio del cual construimos el conocimiento mediante un proceso de reflexión y dar sentido a las experiencias (Gómez, 2003).

Según Kolb (2015), para que se produzca un aprendizaje efectivo, idealmente los deberíamos pasar por un proceso que incluye cuatro etapas, constituyendo un modelo en forma de rueda conocido como “Ciclo del Aprendizaje” o “Ciclo de Kolb” (ver Figura 6). Las cuatro etapas del ciclo se pueden resumir como sigue:

1. Vivimos una **experiencia concreta**, por lo que captamos nueva información a través de lo que sentimos (percibimos) cuando la realizamos.
2. Otorgamos sentido a la experiencia, observando y reflexionando sobre la conexión entre lo que se ha hecho y las consecuencias que han tenido las acciones (etapa de **observación reflexiva**).
3. A través de las reflexiones, se obtienen conclusiones que dan lugar a posibles principios que son más generales que la experiencia particular. Por medio del pensamiento obtenemos nuevos conceptos, ideas y teorías que permiten orientar la acción (etapa de **conceptualización abstracta**).
4. Finalmente, se ponen en práctica las conclusiones obtenidas, utilizándolas como guía para orientar la acción y aplicarlas en nuevas situaciones o experiencias (etapa de **experimentación activa**).



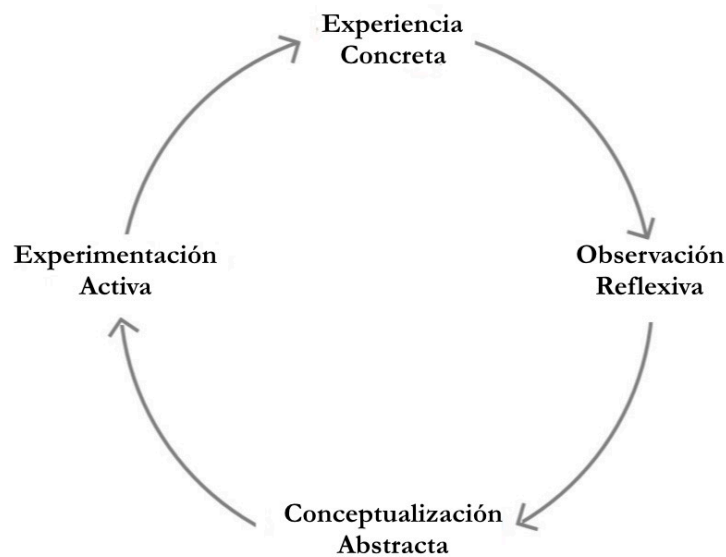


Figura 6. Ciclo de Kolb (Gómez, 2003).

El ciclo de aprendizaje puede comenzar en cualquiera de las etapas, pero por lo general comienza con la experiencia concreta, como ha sido el caso de este proyecto. Así pues, se puede entender que, a partir de la actividad deportiva, se llevarán a cabo la etapa de observación reflexiva de la experiencia, seguida de una conceptualización abstracta de los conocimientos de la cinemática, para finalmente poder aplicar lo aprendido a través de la experimentación activa (resolución de problemas).

De esta manera, se puede ver como el Ciclo de Kolb sirve como esqueleto para el desarrollo del proyecto, por lo que combinando los modelos del ciclo de investigación-acción y el aprendizaje experiencial se ha diseñado la estructura que ha seguido la investigación. En resumen, podemos decir que el proyecto de investigación sigue un modelo basado en una espiral de ciclos de investigación-acción (vinculados a las sesiones), la cual está estructurada en base a las etapas que forman el Ciclo de Kolb.

#### 4.2.3 El ciclo de investigación-acción

Puesto que el ciclo de investigación-acción sirve como modelo del proyecto, y es la herramienta que se va a utilizar en el desarrollo de la propuesta didáctica para trabajar cada una de las sesiones, es necesario conocer con detalle cómo funciona cada una de sus fases:

##### 1. El plan de acción

El proceso de investigación se debe iniciar con una idea general, cuyo propósito es el de cambiar o mejorar algún aspecto de la práctica profesional (Elliot, 1993), como es el caso de la didáctica de la cinemática. Por su parte, el foco de estudio debe ser un problema que el investigador debe poder manejar, que pueda mejorar algo, y que implique la enseñanza y el aprendizaje (McKernan, 1999), como es el caso de la Física como materia.

Cada uno de los ciclos se planifica de acuerdo a una acción estratégica, en un intento por comprender las condiciones y circunstancias en las que la acción va a tener lugar. Así, cada sesión es diseñada previamente con en función de aquello que se pretende conseguir durante su desarrollo, teniendo en cuenta las reflexión y conclusiones obtenidas en el ciclo anterior.

## 2. La acción

Se trata de la puesta en marcha de la acción estratégica, donde la acción debe entenderse como el desarrollo de cada sesión didáctica. Es conveniente disponer de un cronograma que describa las fases y tiempos que van a llevar el implementar la acción estratégica (Latorre, 2003), tal y como se podrá observar en la estructura de la propuesta didáctica.

## 3. La observación de la acción

La observación supone la recogida de información para poder reflexionar sobre aquello que se ha descubierto y aplicarlo a la acción profesional. Debe proporcionar suficiente información sobre la acción para poder realizar el análisis y obtener las evidencias necesarias para apoyar las afirmaciones del docente investigador sobre lo que ha aprendido y ha mejorado como resultado de la investigación.

En cada una de las sesiones, la recogida de información constituye un momento clave en la fase de observación del ciclo. Las técnicas de recogida de información son muy variadas, y nos permiten reducir de un modo sistemático e intencionado lo que se pretende estudiar, resultando más fácil de tratar y analizar. En la siguiente tabla se presenta una posible clasificación de las técnicas más comunes, las cuales han sido utilizadas en este proyecto:

<b>INSTRUMENTOS (LÁPIZ Y PAPEL)</b>	<b>ESTRATEGIAS (INTERACTIVAS)</b>	<b>MEDIOS AUDIOVISUALES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruebas objetivas</li> <li>• Cuestionarios</li> <li>• Observación sistemática</li> <li>• Registros escritos</li> <li>• Diario del investigador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevistas</li> <li>• Observación participante</li> <li>• Análisis documental</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeos</li> <li>• Grabaciones</li> <li>• Fotografías</li> <li>• Diapositivas</li> </ul>

Tabla 3. Técnicas de recogida de información (adaptado de Latorre, 2003).

Cabe destacar una técnica escrita que ha sido fundamental en la investigación de este proyecto, se trata del diario del investigador. Esta herramienta ha permitido recoger observaciones, reflexiones, interpretaciones y explicaciones de lo que ha ocurrido en cada ciclo. Así, tras cada sesión didáctica, se han podido sintetizar las sensaciones y observaciones capturadas en el momento posterior a la misma, ofreciendo un relato reflexivo que ha permitido examinar la propia experiencia. (McNiff, Lomax, Whitehead, 1996).

#### 4. La reflexión

Con la última fase del ciclo llega el momento de centrarse en qué hacer con los datos recogidos y pensar en cómo interpretar la información. Se trata de la clave de la investigación-acción, pues permite demostrar el significado de una práctica educativa para que otras personas puedan aprender de ella.

Al finalizar cada sesión, la reflexión posibilita al docente la realización de un análisis sobre qué es lo que se pretendía y qué es lo que se ha conseguido en la acción. Esto le permitirá llevar a cabo la planificación de la acción del siguiente ciclo en base a la reflexión del anterior, de modo que se pueda mejorar la acción de la misma.

##### 4.2.4 Trabajo en equipo

Por último, una idea importante compartida en la investigación-acción es que debe realizarse en grupo siempre que sea posible, dadas las ventajas y el enriquecimiento mutuo que trabajar en equipo comporta (Latorre, 2003). En el caso de este proyecto, el trabajo que se escribe está realizado por el profesor investigador a modo individual, sin embargo, no habría sido posible llevarlo a cabo sin la ayuda de otros investigadores que han colaborado en todo momento.

Así pues, se puede decir que la investigación ha desarrollada por el profesor investigador gracias a la implicación en el trabajo de un equipo colaborativo, el cual está constituido por:

- Los alumnos que han participado.
- El profesor investigador.
- El tutor del centro, que ha facilitado cualquier tipo de ayuda y colaborado en todo momento en el planteamiento y desarrollo de las sesiones.
- La tutora de la universidad, que ha sido la persona dispuesta a compartir la discusión del trabajo críticamente, ofreciendo su ayuda siempre que ha sido necesaria.
- La cotutora de la universidad, que ha colaborado en el proyecto aportando su punto de vista y experiencia desde la estadística.

De este modo, podemos ver como la investigación-acción conlleva establecer nuevas relaciones con otras personas, permitiendo desarrollar algunas destrezas como saber escuchar a los demás, saber gestionar la información y, sobre todo, saber colaborar trabajando en equipo, dando lugar a un ambiente de aprendizaje continuo y desarrollo profesional.

### 4.3 Propuesta docente y desarrollo de la investigación

Una vez introducidos el contexto de trabajo y la metodología que ha seguido el proyecto de investigación, llega la hora de presentar la propuesta didáctica que se ha llevado a cabo para enseñar la cinemática en el aula. Desde un punto de vista más personal, he de decir que su desarrollo ha sido para mí la parte más enriquecedora de este trabajo, resumiendo mi primera experiencia como docente en un aula, y a su vez como investigador educativo.

Como físico y docente en formación, se ha pretendido abordar los problemas que presenta la didáctica de la Física en la educación secundaria, tal y como fueron introducidos en el planteamiento del problema. Por ello, antes de entrar en la descripción de la propuesta, se presenta el escaparate del método de enseñanza que se ha utilizado, el modelo de docente. Acto seguido, se introduce una breve síntesis de la propuesta y la estructura metodológica que ha dado forma a la misma, para finalmente mostrar cómo se ha llevado a cabo su desarrollo y su estudio mediante los ciclos de investigación acción.

#### 4.3.1 El método de enseñanza utilizado

El primer paso que se ha pretendido como docente es hacer evolucionar la metodología con respecto al método de enseñanza tradicional, basado en el libro de texto y la pizarra, con el docente como principal protagonista. Estas dos herramientas han servido como apoyo en las clases, pero el alumnado ha pasado a cobrar un mayor protagonismo, basando las explicaciones en el diálogo y la interacción con los estudiantes, haciéndolos reflexionar, y con la ayuda de medios audiovisuales como diapositivas y vídeos.

En este diálogo, un aspecto fundamental ha sido el lenguaje didáctico empleado, pues de nada sirve que los estudiantes memoricen conceptos y fórmulas sin entender su utilidad. Lo que se pretende es que los alumnos sean capaces de comprender la física, explicarla con sus propias palabras, y para ello los docentes debemos ser conscientes de cómo debemos transmitir los contenidos. Unos alumnos de secundaria no pueden comprender la física del mismo modo que la entiende un profesor (científico) que la imparte, por lo que debemos ser capaces de modificar los contenidos del saber para adaptarlos a la enseñanza y el nivel de los estudiantes, proceso que se conoce como la transposición didáctica de los saberes (Ibarra, 2003), y que se puede resumir con el siguiente esquema:

Objeto del saber  $\longrightarrow$  Objeto a enseñar  $\longrightarrow$  Objeto enseñado

Por otra parte, en lo que respecta al problema que presentan las matemáticas debido al desfase curricular, considero que, si es necesario, es preferible invertir tiempo de la asignatura para explicar aquellos conceptos matemáticos necesarios para la física, ya que sin ellos resulta muy complicado para el alumnado entender el porqué de las expresiones algebraicas utilizadas, como son las ecuaciones del movimiento.

Por último, y en relación al lenguaje didáctico que se ha empleado en las sesiones, considero que la ciencia en contexto es fundamental para acercar la ciencia al aula, transmitiendo la motivación y el interés por la misma. Por ello, además de la actividad deportiva que ha servido como experiencia práctica, se ha tratado en todo momento de utilizar ejemplos y situaciones reales que permitan al alumnado ver la utilidad de sus estudios.

#### 4.3.2 Síntesis y estructura metodológica

En este apartado se presenta el cuerpo del proyecto que ha dado forma a la investigación: la conexión entre la estructura metodológica y la propuesta didáctica desarrollada. Con objeto de entender mejor como se ha diseñado la estructura, se muestra a continuación un cuadro resumen que sintetiza brevemente como se ha llevado a cabo la propuesta:

*Se ha trabajado durante cuatro semanas lectivas la introducción a la cinemática en un aula formada por un grupo de 35 estudiantes de cuarto curso de secundaria. Tras una primera sesión magistral en la que se han presentado los conceptos a trabajar (el movimiento y sus características), se ha llevado a cabo una actividad deportiva en el patio que ha permitido a los alumnos realizar medidas experimentales de tiempos asociadas a su propio movimiento, la cual ha sido grabada desde una perspectiva elegida a conciencia. En base a esta actividad, se ha realizado una práctica en el aula de informática con el propósito de que el alumnado trabaje con sus propios datos a partir de conceptos básicos de la estadística. Gracias a estos datos y a las imágenes obtenidas con el vídeo, se han desarrollado tres sesiones magistrales en las que se han podido explicar los conceptos asociados al movimiento (velocidad instantánea, velocidad media, sistema de referencia, posición, desplazamiento, trayectoria...) a partir de la experiencia directa que ellos mismos realizaron, culminando con la modelización del movimiento rectilíneo uniforme. Finalmente, se ha llevado a cabo la resolución de una serie de problemas clásicos de la cinemática en secundaria, concluyendo con la realización de un examen con el objetivo de evaluar si se han comprendido los contenidos trabajados, y si ha aportado alguna mejora el trabajarlos desde un método de aprendizaje más activo, diferente al tradicional.*

Todo este trabajo ha sido realizado durante las once sesiones lectivas marcadas en el calendario académico (Figura 2), las cuales han sido diseñadas a conciencia en base a la estructura metodológica. Si recordamos, el proyecto ha seguido un modelo basado en una espiral de ciclos de investigación-acción (Figura 5), los cuales han sido vinculados a las sesiones, y cuya estructura está basada en las etapas que forman el ciclo de Kolb (Figura 6). El modo en el que han sido enlazadas las sesiones, los ciclos de investigación-acción y las etapas de Kolb se resume en la Tabla 4 de la siguiente página.

Partiendo de una sesión introductoria, en la que se proporcionan las herramientas conceptuales que se pretenden abordar en el ciclo (soporte de la conceptualización abstracta), la sesión de la actividad deportiva (etapa de experiencia concreta), así como las de la práctica informática y el análisis estadístico de datos (etapa de observación reflexiva), son las que rompen con la metodología tradicional de enseñanza. Los ciclos correspondientes a estas etapas son los puntos fuertes de este proyecto, pues permitirán a los alumnos sentir y experimentar ellos mismos el movimiento, y además llevar a cabo sus propias medidas experimentales y trabajarlas a partir de la estadística (método innovador).


Sesión			Ciclos de investigación-acción		Etapas del Ciclo de Kolb
nº	Día	Fecha	nº	Descripción	
1	X	05/04/2017	1	Clase de introducción	[Herramientas]
2	J	06/04/2017	2	Actividad deportiva	Experiencia Concreta
3	V	07/04/2017			
4	X	19/04/2017	3	Práctica de informática	Observación Reflexiva
5	J	20/04/2017	4	Análisis estadístico de los datos	
6	V	21/04/2017	5	Análisis vectorial del movimiento	Conceptualización Abstracta
7	X	26/04/2017	6	Movimiento rectilíneo uniforme	
8	J	27/04/2017	7	Resolución de problemas	Experimentación Activa
9	V	28/04/2017			
10	X	03/05/2017	8	Repaso previo al examen	
					
11	J	04/05/2017		Realización del examen	

Tabla 4. Estructura y secuenciación de la investigación.

A partir del trabajo estadístico con los datos y la observación de su experiencia, los estudiantes podrán abordar los conceptos cinemáticos asociados al movimiento: velocidad media, velocidad instantánea, trayectoria, desplazamiento... El estudio de los datos, junto con el análisis del vídeo de su propio movimiento, permitirán además llevar a cabo su propia modelización vectorial, la cual permitirá introducir el modelo del movimiento rectilíneo uniforme (etapa de conceptualización abstracta). Una vez se hayan asentado las bases de la cinemática, y comprendido las ecuaciones del movimiento, deberán poner en práctica sus habilidades en nuevas situaciones de un modo más abstracto, como es el caso de los problemas clásicos de la cinemática (etapa de experimentación activa). El ciclo se cierra con una última sesión de repaso en la que se terminan de resolver algunos problemas y cuestiones.

De este modo, las sesiones han seguido un camino guiado recorriendo cada una de las etapas del ciclo de Kolb, con el principal objetivo de que los estudiantes aprendiesen a partir de su propia experiencia (aprendizaje experiencial). El desarrollo de las sesiones (a excepción de la realización del examen, que se analizará más adelante), así como su estudio mediante los ciclos de investigación-acción, se muestran a continuación en lo que se podría considerar la parte más personal de este proyecto.

### 4.3.3 Desarrollo de la propuesta y ciclos de la investigación

En este apartado se describe con detalle el desarrollo de la propuesta mediante los ciclos de investigación-acción vinculados a las sesiones impartidas en clase. Para ello, se ha escogido el diario del profesor investigador como herramienta principal en la descripción de cada sesión/ciclo, en el que se han incluido transcripciones de los medios audiovisuales utilizados en la investigación (diapositivas, vídeos, grabaciones, imágenes), con el propósito de poder acercarnos al aula durante su lectura.

Al final de cada sesión se muestra un esquema en forma de ciclo de investigación-acción (basado en el modelo de la Figura 4) que resume sus cuatro fases (planificación, acción, observación de la acción y reflexión), con el fin de destacar los aspectos más importantes de cada una. De esta forma, se pretende poder seguir el desarrollo de la propuesta a través de la espiral de ciclos de investigación-acción (del 1 al 8), recordando siempre su conexión con las etapas del ciclo de Kolb, para lo cual se ha empleado un código de cuatro colores (ver Tabla 4) que serán utilizados en los esquemas de los ciclos.

#### 1. Clase de introducción

En el primer día de clase se pretende un primer contacto con el alumnado mediante el comienzo de la parte de Física correspondiente a la asignatura. Para ello, una manera de introducir las herramientas conceptuales es utilizar una presentación con diapositivas en la que se vean por encima los conceptos que se van a tratar, las cuales siguen la guía del libro de texto de los estudiantes. Tras presentarme como el que va a ser su docente durante las próximas semanas, considero que una buena idea es llevar a cabo una lluvia de ideas sobre qué entienden ellos por el concepto de movimiento.

La lluvia de ideas coincide en su mayoría con la diapositiva preparada para su posterior visualización (Figura 7), en la que se incluyen los conceptos que se trabajarán durante el tema. A partir de su introducción, la sesión consiste en una continua interacción con el alumnado con el objetivo de conocer qué es lo que entienden de cada uno de ellos, y trabajarlos con un lenguaje didáctico sencillo.



Figura 7. Diapositiva de introducción.

Se discuten importantes conceptos como los sistemas de referencia, las diferencias entre desplazamiento y espacio recorrido, y entre velocidad media y velocidad instantánea. Para ello, se emplean ejemplos o situaciones reales con el propósito de que los alumnos vean que los conceptos que se están presentando tienen un sentido y utilidad en el día a día, introduciendo el atletismo como ejemplo para la velocidad con el fin de enlazarlo con la actividad deportiva. Hay que destacar la discusión a la hora de diferenciar las velocidades media e instantánea, que mediante una simple cuestión como: “¿Corre Usain Bolt todo el rato a la misma velocidad?”, o el ejemplo de cómo mide un radar móvil la velocidad con el GPS, hace que el grupo se haga una primera idea de que la velocidad instantánea es un concepto teórico y que lo que podemos medir son velocidades medias.



En relación al concepto de medida de la velocidad, se discuten los errores de medida a la hora de tomar tiempos o distancias. Se plantea la cuestión sobre cómo podemos medir la velocidad de un cuerpo, y como respuesta tras la discusión se les comenta a los alumnos que van a medir sus propias velocidades y analizar los resultados. De esta manera se introduce al final de la sesión la actividad deportiva que se llevará a cabo en los próximos días (Figura 8), para la cual deberán acudir al patio con el siguiente material: cronómetro, lápiz o bolígrafo, y ropa deportiva. Cuando los alumnos observan que vamos a dar una clase de física en el patio del colegio parecen no creérselo.



Figura 8. Diapositivas de la presentación de la actividad deportiva.

Debido al volumen de estudiantes considero necesario partir la clase en dos grupos, A y B, para poder llevar a cabo la actividad en condiciones, por lo que se requieren dos días para su puesta en marcha. Mientras se lleva a cabo la actividad con un grupo, el otro realiza una práctica química de laboratorio con mi compañera de prácticas en el centro.

- Ciclo 1: Clase de introducción (Herramientas Conceptuales)

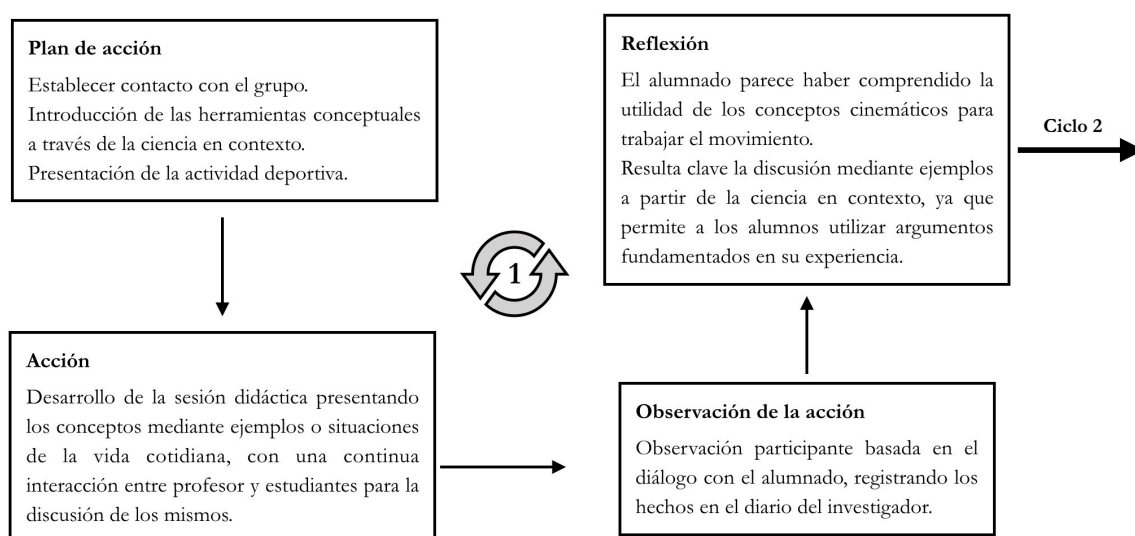


Figura 9. Primer ciclo de la espiral de la investigación-acción.



## 2. Actividad deportiva

Con el grupo de 4ºA el jueves, y con el de 4ºB el viernes, me reúno en la cancha de baloncesto para llevar a cabo la actividad deportiva. Previamente, he acudido con tiempo a la pista para tomar una serie de medidas de longitud que son las que marcarán las trayectorias que deben realizar. Antes de comenzar la actividad, los alumnos son agrupados libremente por parejas, y es repartida una hoja de medidas a cada pareja (Figura 10), la cual explico cómo deben utilizar. La acción de la toma de medidas por parejas permite fomentar el trabajo en equipo, un aspecto fundamental en el desarrollo de cualquier actividad científica.

HOJA DE MEDIDAS			RECORRIDO DE POSTAS					CURSO		4ºA		
<b>LINEA RECTA</b>			r (m)					ALUMNOS				
x (m)			Posta 1	Posta 2	Posta 3	Posta 4	Total					
			Tiempo (s)				Tiempo recorrido (s)	Velocidad (m/s)				
			Posta 1	Posta 2	Posta 3	Posta 4		Posta 1	Posta 2	Posta 3	Posta 4	Velocidad media recorrido (m/s)
1	Teresa											
2	Lucía											
3	Kevin											
4	María											
5	Víctor											
6	Arturo											
7	Ámbar											
8	Daniel											
9	Claudia											
10	Paloma											
11	Elena											
12	Rebeca											
13	Diego											
Velocidad media (m/s)			Velocidad media (m/s)									

Figura 10. Hoja de medidas repartida a los alumnos del grupo de 4ºA.

La actividad está dividida en dos partes, una primera en la que deben correr en línea recta, y otra en la que tienen que seguir un recorrido formado por cuatro tramos diferentes (circuito de postas) en los que se combinan: carrera continua, escalera de coordinación, saltos a pies juntos y conducción de un balón. En la siguiente figura se muestran los dos recorridos:



Figura 11. Diseño de los recorridos realizados en la actividad deportiva.

El diseño de los recorridos ha sido realizado de modo que la filmación de la actividad permita posteriormente trabajar la modelización vectorial del movimiento, y comprender la necesidad de utilizar un sistema referencia para su análisis. La grabación de las sesiones se ha realizado desde la ventana de un aula del centro, ofreciendo una óptima perspectiva de las líneas que forman el campo de baloncesto.

Explicada la actividad, primero se realizan las trayectorias en línea recta, en la que cada pareja debe anotar el tiempo que le cuesta a cada alumno, en el orden establecido. Después, se repite el proceso para el circuito de postas, en el cual se deben tomar cuatro tiempos diferentes (uno al final de cada posta), así como el de todo el recorrido. El hecho de que todas las parejas lleven a cabo la medida de tiempos de cada alumno servirá a posteriori para asimilar los conceptos de velocidad media y error de medida. Un detalle importante de cara a la toma de datos es que deben tomar los tiempos con dos cifras decimales para los segundos, pues servirá para que se vean mejor los errores de medida y se realicen los cálculos con una mayor precisión.

El desarrollo de las sesiones con ambos grupos es más que satisfactorio, pues se puede observar como los alumnos disfrutaban realizando la actividad, mostrándose muy participativos y atentos en todo momento, sin perder la concentración en la toma de medidas. Una vez han realizado toda la actividad, recojo las hojas de cada pareja para poder echarles un vistazo de cara a la siguiente sesión práctica en el aula de informática.

- Ciclo 2: Actividad deportiva (Experiencia Concreta)

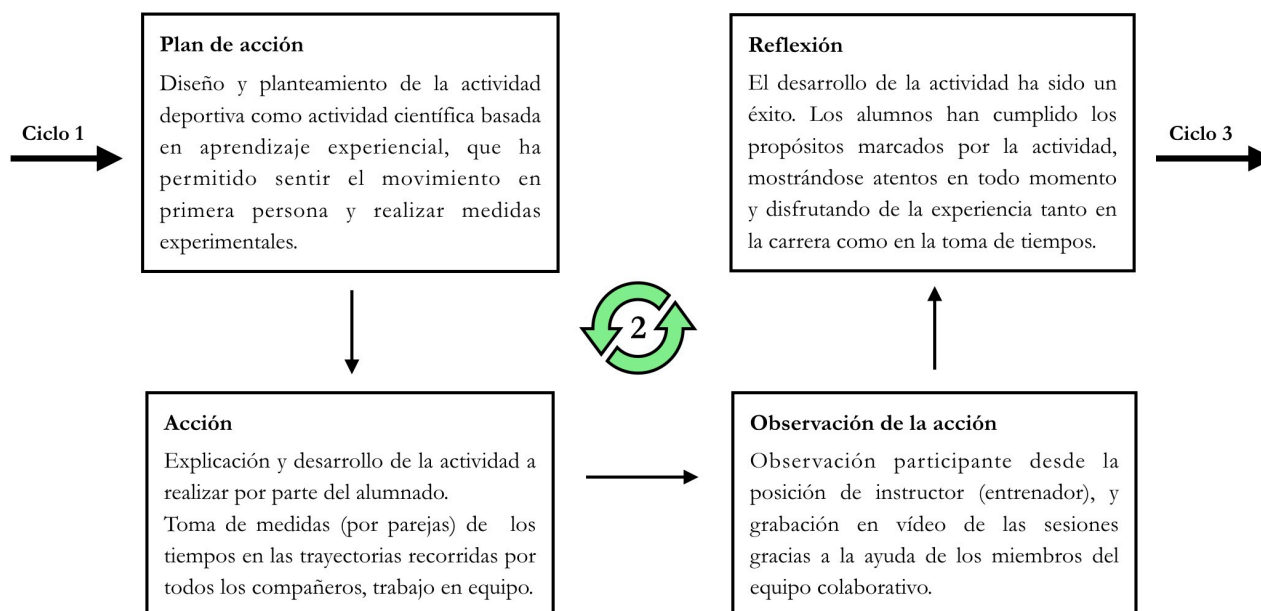


Figura 12. Segundo ciclo de la espiral de la investigación-acción.

### 3. Práctica de informática

Transcurridas casi dos semanas, a la vuelta del periodo de vacaciones de Semana Santa, se ha preparado una actividad práctica en el aula de informática con el propósito de que los alumnos trabajen experimentalmente con los datos que cada pareja obtuvo sobre todos sus compañeros. Se retoma una breve explicación sobre qué es lo que hicimos en el patio, y represento en la pizarra el circuito que realizaron, proporcionando las medidas de longitud que yo mismo medí. En este punto ningún alumno se plantea la idea de que las medidas de longitud tienen un error asociado, por lo que prefiero esperar a la siguiente sesión en clase para explicárselo. Consideramos estas medidas como datos proporcionados en la actividad.

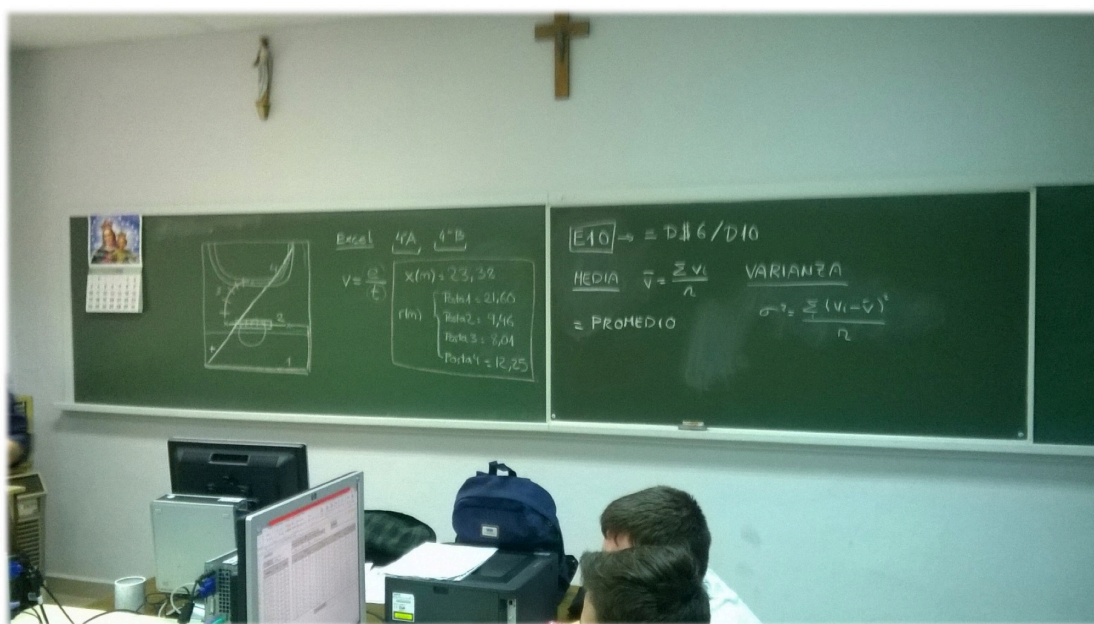


Figura 13. Desarrollo de la práctica en el aula de informática.

Los alumnos se distribuyen por parejas (las mismas que en la toma de medidas) en los ordenadores del aula, y les devuelvo las hojas de medidas que recogí al final de la actividad. En cada ordenador deben descargar de la plataforma de Moodle una plantilla Excel que ha sido preparada, y a partir de la cual se sacaron las hojas de medidas (ver Figura 10). Los alumnos afirman que han trabajado con la herramienta de Excel en la asignatura de Tecnología, por lo que tan solo les recuerdo como se utilizan las funciones sencillas para que pasen a introducir sus datos y calcular las velocidades en cada tramo. Transcurrido un tiempo que les permita introducir a cada pareja los datos completando la hoja de cálculo, debatimos cómo se podría calcular la velocidad media de toda la clase, introduciendo en ese momento la media y la varianza como conceptos básicos de la estadística (Figura 13).

La idea de esta actividad es que sean capaces de entender el concepto de velocidad media, tanto el asociado al recorrido en línea recta como el de cada tramo del circuito de postas, que observen y se den cuenta de que obtienen resultados diferentes a sus compañeros debido al error de medida en los tiempos, y que sepan calcular la velocidad media de toda la clase y su varianza mediante el uso de las funciones sencillas de la herramienta de Excel. La varianza en este caso se entiende como una medida de la desviación con respecto a la media.

La dinámica general de la clase no funciona tan bien como se esperaba, debido a que los alumnos presentan problemas en el manejo de la herramienta Excel, pese a que ellos mismos asegurasen conocer su utilidad básica. No obstante, tras aclarar las dudas en la pizarra, no aparecen más complicaciones en el desarrollo de la actividad. A excepción de los momentos de explicación en pizarra, los alumnos disponen de total libertad para trabajar por parejas, mientras voy supervisando el trabajo que realizan y atendiendo a sus dudas.

Cabe destacar en esta sesión la colaboración del tutor de prácticas, el que es su profesor, pues no solamente ayuda con la resolución de dudas de los alumnos, sino que también les plantea cuestiones a modo de entrevista de radio, que son grabadas con su dispositivo móvil para que pueda analizarlas a posteriori. Se muestran a continuación algunas de las declaraciones más interesantes realizadas por los alumnos durante el desarrollo de la sesión. En ellas, el tutor les pregunta qué es lo que están haciendo en ese momento:

- **Alumna:** *Tenemos que dividir el espacio partido por el tiempo para poder calcular la velocidad de cada uno en la recta y en cada posta.*
- **Tutor:** *¿Y qué vais a hacer con las medidas de los compañeros?*
- **Alumna:** *Vamos a calcular nuestras velocidades y las de los compañeros, para obtener la velocidad media de la clase en total.*
- **Alumno:** *Estamos calculando las velocidades en base al tiempo que medimos el otro día que le costó a cada uno recorrer cada distancia determinada por nuestro profesor de prácticas. Entonces metemos los datos en el Excel para calcular las velocidades con la fórmula de velocidad que es igual a espacio partido por tiempo, y así hallamos la velocidad.*
- **Tutor:** *¿Y esto para qué sirve?*
- **Alumno:** *Para saber la velocidad media que llevamos en cada tramo.*
- **Tutor:** *¿En cada segundo?*
- **Alumno:** *En la distancia que nos llevó de una posta a otra.*
- **Tutor:** *Luego... ¿fuiesteis en cada tramo todo el rato a la misma velocidad?*
- **Alumno:** *No, esa es la velocidad media, nuestra velocidad va variando en cada ejercicio y no llevamos todo el rato la misma, pero lo que hemos medido nos permite calcular sólo las velocidades medias.*

Se puede ver en la transcripción de las grabaciones como los estudiantes parecen tener claro qué es lo que tienen que hacer y por qué lo hacen, encontrándole utilidad a la práctica, pese a las posibles dificultades de manejo con la herramienta. Resulta crucial la declaración del último alumno, pues tiene claro que lo que estamos trabajando son velocidades medias, ya que con los datos de tiempo obtenidos no es posible conocer la velocidad instantánea en cada momento. Este es un paso muy importante en la diferenciación de los conceptos de velocidad, el cual se pretende que todos puedan dar en el próximo día de clase.

Antes de que acabe la sesión, los alumnos tienen como tarea subir los documentos Excel con sus respectivos nombres de pareja a la plataforma Moodle. El propósito de esto es incluir la actividad como parte de la evaluación del proceso de enseñanza y, sobre todo, permitirme analizar los datos de todos ellos y presentarles los resultados en la siguiente sesión. Pese a que no todos consiguen completar la actividad, al finalizar la práctica recojo las hojas de medidas para poder completar con ellas el análisis estadístico de los datos que faltan.

- Ciclo 3: Práctica informática (Observación Reflexiva)

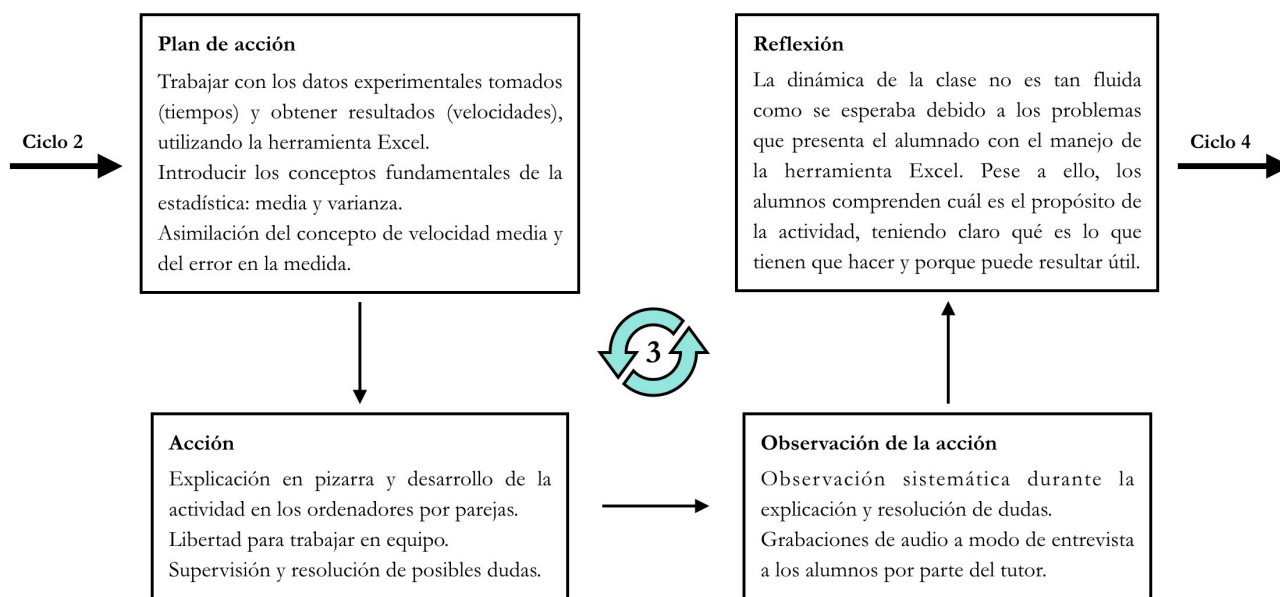


Figura 14. Tercer ciclo de la espiral de la investigación-acción.

#### 4. Análisis estadístico de los datos

Tras el paso por el patio y el aula de informática, volvemos a clase para comentar qué es lo que se ha pretendido con la actividad, y analizar los datos experimentales de todos los alumnos. Se retoman algunas de las diapositivas del primer día, con el propósito de refrescar los conceptos que vamos a tratar en el tema del Movimiento, haciendo especial hincapié en el concepto de velocidad media y las magnitudes de medida.

Se vuelven a discutir la diferencia entre velocidad media y velocidad instantánea, atendiendo a las definiciones que presenta el libro de texto. En este momento, son los alumnos con sus propias palabras los que dicen que la velocidad instantánea es un concepto teórico, y que lo que nosotros podemos medir son las velocidades medias. Se trata de un salto conceptual muy importante, pues servirá para que se asimile con mayor facilidad la modelización de las ecuaciones del movimiento.

Al hablar de las magnitudes de medida y sus errores, retomamos la actividad del patio. Para calcular las velocidades los alumnos han medido tiempos, pero... ¿qué pasa con las longitudes? Al tratarse de distancias largas en comparación a los tiempos, los alumnos comprenden que el error de medida con el cronómetro es más sensible que las longitudes que el profesor midió en la cancha, por lo que podemos considerarlas como datos precisos. Los alumnos hasta el momento no han sido conscientes de que la actividad ha sido grabada<sup>1</sup>, y cuando se les muestran en el proyector las imágenes de aquello que ellos mismos han experimentado, se quedan perplejos.

<sup>1</sup> El centro educativo permite la grabación del alumnado mediante autorización firmada por los padres.



Les comento que he recogido todos los datos que ellos mismos han trabajado para juntarlos y analizarlos. Antes de enseñárselos, se muestra en el proyector una hoja de cálculo modelo en la que se han analizado unas medidas, tal y como ellos hicieron en la práctica de informática, para que vean como deberían haberlo hecho correctamente. Es a partir de sus documentos de donde he extraído los datos para unirlos y poder analizarlos. Para facilitar la comprensión de la estadística, me centro en los datos del recorrido en línea recta, mostrándoles como los he agrupado en un documento Excel, y como en una gráfica se pueden observar perfectamente los errores en la medida<sup>2</sup>:

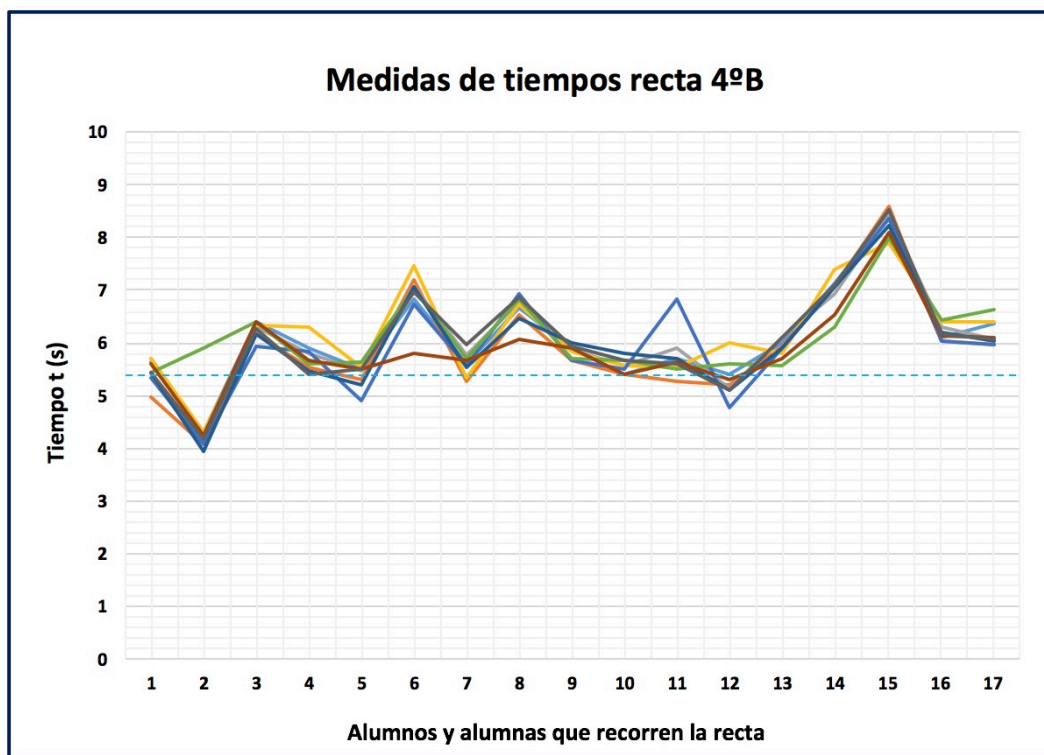


Figura 15. Gráfica de los tiempos tomados por los alumnos de 4ºB. Las líneas de color corresponden al tiempo medido por cada pareja para cada corredor.

Los alumnos pueden apreciar como para un mismo corredor se han tomado diferentes medidas de tiempos (uno por pareja), y la necesidad de una media de las medidas para trabajar con mayor precisión (la línea azul discontinua en la Figura 15 muestra el tiempo medio de la clase en recorrer la recta). Aunque el “auténtico” error de medida sería el cometido al medir con el mismo instrumento diferentes realizaciones del mismo experimento, esto último no es posible debido al propio experimento, pero sirve para que los estudiantes puedan ver las diferentes medidas que se obtienen de un mismo fenómeno.

Este análisis queda enlazado con el concepto de velocidad media, los alumnos entienden que en el recorrido que han llevado a cabo no pueden conocer su velocidad instantánea en cada momento, ya que solo tienen tomadas unas medidas concretas de tiempo, siendo la velocidad media la que podemos calcular como una estimación.

<sup>2</sup> El análisis estadístico de todos los datos de la trayectoria rectilínea (tablas y gráficas), realizado con la herramienta Excel, se puede observar con detalle en el Anexo II de este trabajo.

Para concluir la sesión, y con objeto de introducir a los alumnos de modo cualitativo lo que es una distribución normal, les presento un histograma con las velocidades medias de cada uno en la trayectoria rectilínea (Figura 16), de modo que puedan visualizar como la velocidad media de la clase (4,44 m/s) se encuentra en el centro de la distribución. Ante el asombro del alumnado y las cuestiones que plantean, les muestro de nuevo la hoja de cálculo en la que les explico cómo se ha realizado el histograma, algo que ellos mismos podrían realizar con sus medidas.

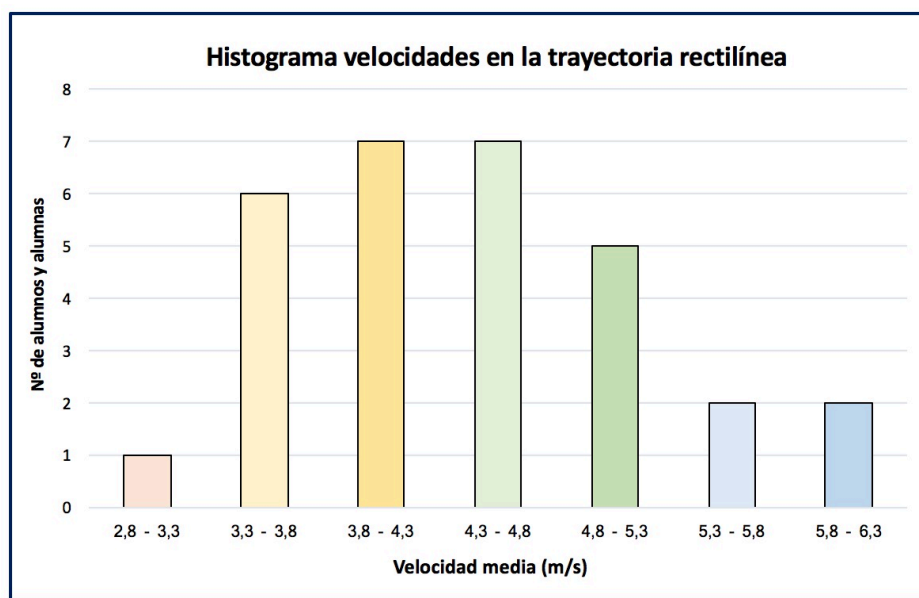


Figura 16. Histograma de las velocidades de los alumnos y alumnas en la recta, realizado a partir de la velocidad media de cada uno obtenida con los datos.

▪ Ciclo 4: Análisis estadístico de los datos (Observación Reflexiva)

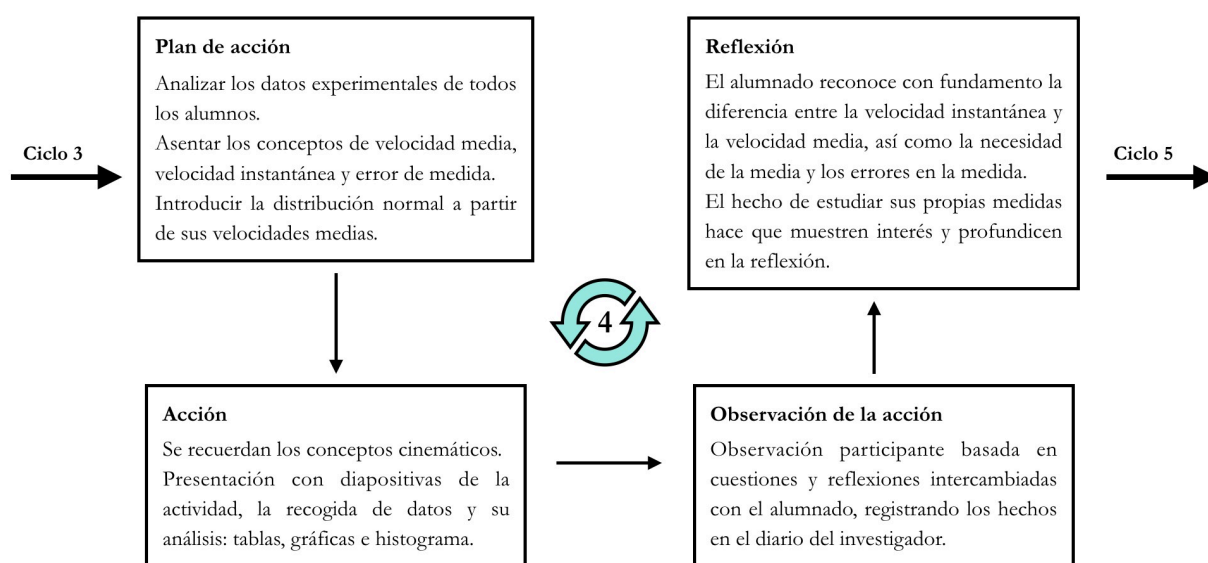


Figura 17. Cuarto ciclo de la espiral de la investigación-acción.

## 5. Análisis vectorial del movimiento

Dejamos atrás el análisis estadístico de los datos para centrarnos en dos aspectos todavía más importantes: el sistema de referencia y la modelización vectorial del movimiento de los cuerpos. Repasamos algunas de las diapositivas de introducción (movimiento, posición, sistema de referencia, espacio recorrido, trayectoria, desplazamiento, velocidades...) y les pregunto a los alumnos qué es lo que han visto en la asignatura de matemáticas sobre vectores. Su respuesta parece indicar que han trabajado con ellos en la asignatura, pero sin entender muy bien por qué ni su utilidad.

Tras mostrarles de nuevo la imagen de la cancha de baloncesto donde realizaron la actividad, debatimos cuál es el mejor sistema de referencia para analizar el movimiento. Finalmente, los alumnos se ponen de acuerdo en que el más apropiado es aquel punto en el que comenzaron a correr:

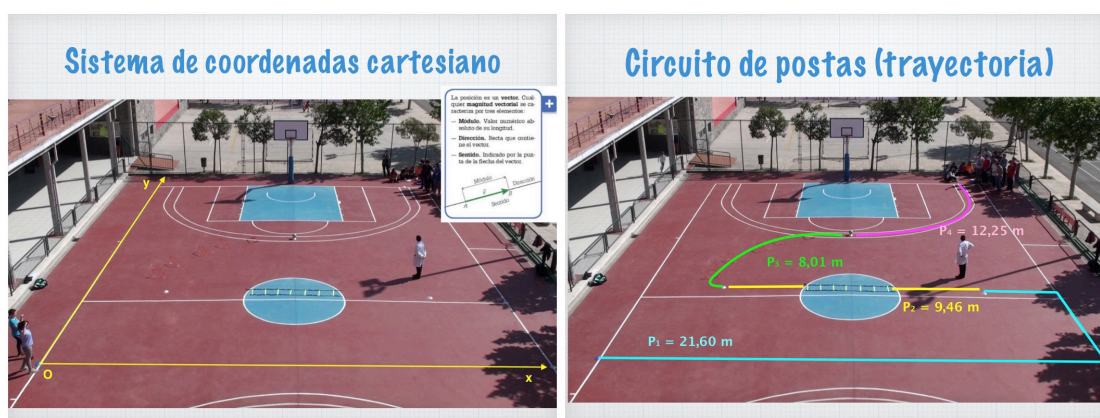


Figura 18. Sistema de referencia y trayectoria realizada en la actividad.

Aprovechando las líneas del campo podemos trazar dos ejes coordenados desde nuestro sistema de referencia que nos permitan llevar a cabo un análisis bidimensional (XY) del movimiento que ellos mismos han llevado a cabo en el patio. Se introduce el concepto de sistema de coordenadas cartesianas, y los vectores como herramienta que nos permite analizar el movimiento de los cuerpos. Para ello, represento en la pizarra un sistema de coordenadas (x,y) en la pizarra y saco a un alumno voluntario para que dibuje los vectores de posición de cada uno, así como el vector desplazamiento, recordando la diferencia entre el espacio recorrido a lo largo de una trayectoria y el desplazamiento entre los puntos inicial y final.

Aquí llega uno de los momentos que, en mi opinión, ha sido fundamental en la comprensión de la modelización vectorial del movimiento. Tras recordar la diferencia entre velocidad instantánea y velocidad media, se lleva a cabo la proyección en clase de un fragmento del vídeo en el que analizamos el movimiento de uno de los alumnos en el circuito de postas (Figura 18). La idea clave es parar el vídeo en diferentes puntos (e instantes de tiempo) y que los propios alumnos salgan a la pizarra a dibujar los vectores posición  $\vec{r}$ , velocidad  $\vec{v}$  y desplazamiento  $\Delta\vec{r}$ , pues la proyección de la imagen sobre la pizarra nos lo permite. De este modo, los alumnos pueden interiorizar estos conceptos a través de su propia experiencia, aunque sea de un modo cualitativo, permitiendo que entiendan por qué son útiles los vectores para analizar el movimiento.



Un hecho fundamental en este análisis es que los alumnos comprenden mediante la visualización que no es posible conocer la velocidad instantánea en cada posición, puesto que solo hemos medido cuatro tiempos en el recorrido. Por otra parte, toman conciencia de que analizar el movimiento en dos dimensiones puede resultar complicado, debido a la necesidad de descomponer los vectores en cada momento. Ante esta dificultad, podemos modelizar la trayectoria para trabajar con mayor facilidad, conocemos las velocidades medias en cada uno de los tramos del circuito, por lo que podemos llevar a cabo una aproximación al movimiento real, podemos linealizar nuestro movimiento a una dimensión. Para ello, muestro una hoja de medidas de una de las parejas en un documento Excel, y analizamos el movimiento de dos compañeros, trazando las rectas en una gráfica posición-tiempo<sup>3</sup>, en la que aparece su posible movimiento:

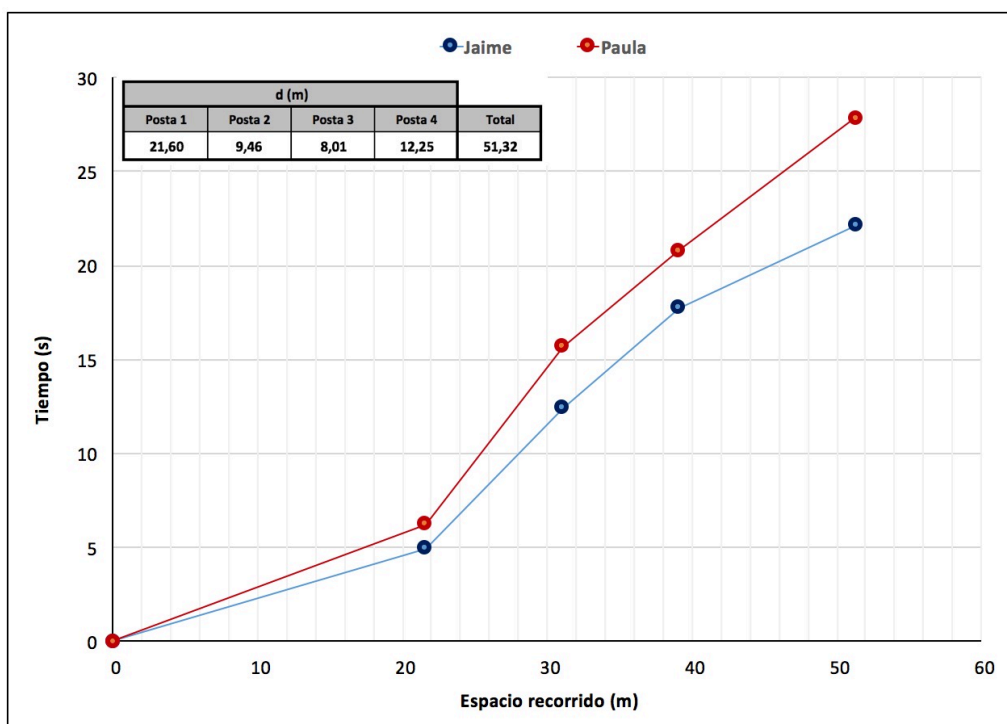


Figura 19. Gráfica (tiempo, posición) del recorrido de dos alumnos.

La sesión concluye con la discusión de esta representación gráfica, en la cual hemos supuesto que el movimiento en cada tramo ha sido realizado por los alumnos a una velocidad constante, aunque sepamos que no ha sido así. Proyectando la imagen de la gráfica sobre la pizarra, podemos dibujar a mano una modelización más acorde a las aceleraciones y frenadas realizadas en el recorrido. Si fuésemos midiendo la posición en el vídeo en cada instante, podríamos representar una gráfica que se ajustase más al movimiento real, pero con los cuatro datos que se tienen esta gráfica nos da una estimación, pudiendo suponer la posición en cada instante de tiempo con  $v = cte$ . Para acabar, les planteo la cuestión de qué significa la pendiente de las rectas en base a la relación  $v = e/t$ , algo que veremos el próximo día, y que nos permitirá introducir el movimiento rectilíneo uniforme.

<sup>3</sup> La hoja de medidas y el análisis de los datos realizado en el documento Excel, se puede observar con detalle en el Anexo III de este trabajo.

▪ Ciclo 5: Análisis vectorial del movimiento (Conceptualización Abstracta)

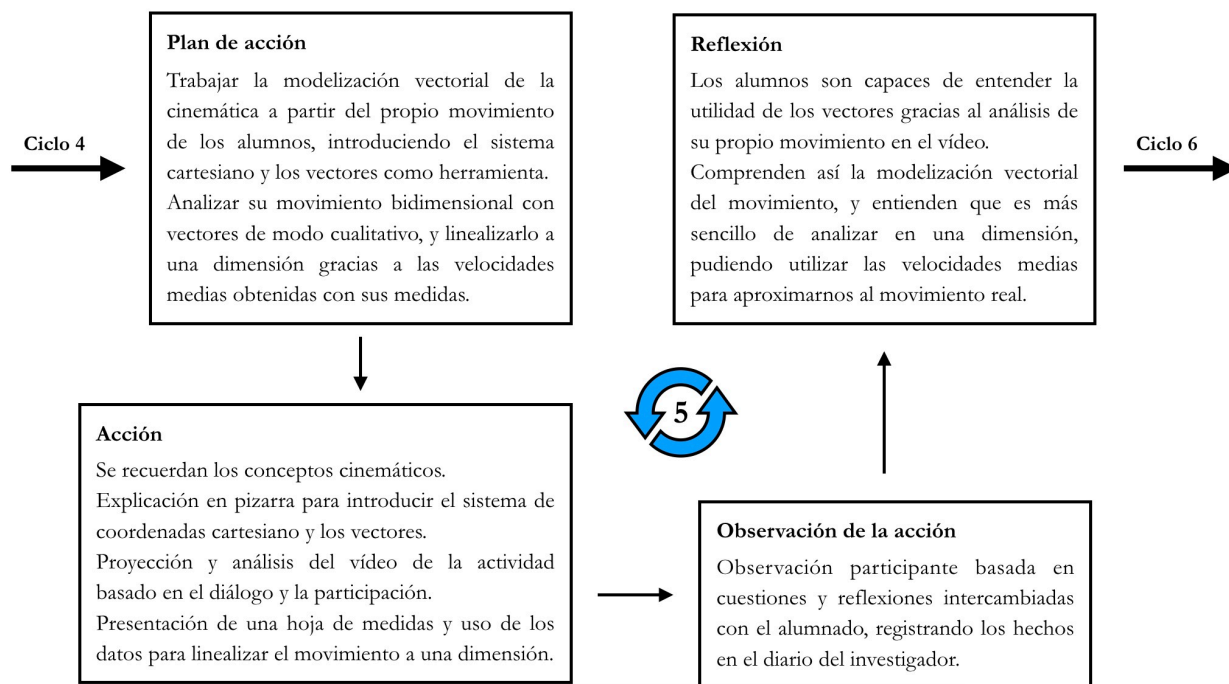


Figura 20. Quinto ciclo de la espiral de la investigación-acción.

## 6. Movimiento rectilíneo uniforme

Tras un breve repaso de los conceptos clave asociados al movimiento y recordar como el último día estuvimos analizando vectorialmente el movimiento, se retoma la gráfica posición-tiempo asociada a las medidas de dos de los alumnos con el propósito de introducir el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) mediante la analogía matemática de la ecuación de una recta. Al debatir en qué eje debemos colocar el tiempo y la posición, los alumnos entienden que si representamos  $(x,t)$  como habíamos hecho en la sesión anterior (Figura 19), la pendiente de las diferentes rectas nos proporciona la inversa de la velocidad, por lo que resulta más conveniente cambiar los ejes a la posición  $(t,x)$ , como en la gráfica que se muestra en la siguiente página (Figura 21).

Recordando que podemos modelizar el recorrido realizado a una dimensión, y que, al no conocer la velocidad instantánea en cada punto, trabajar con velocidades medias constantes puede ser un buen modelo de aproximación, se introduce la ecuación del MRU a partir del análisis de las rectas en la gráfica. Para ello, previamente, recordamos en la pizarra cómo podemos obtener la ecuación de una recta  $y = mx + n$  a partir de dos puntos, preguntando a los alumnos cómo lo hacían en la asignatura de matemáticas. De este modo, empleando dos puntos de nuestra gráfica espacio-tiempo, los alumnos pueden observar la analogía con la ecuación de una recta:

$$\begin{aligned} \text{Gráfica } (x, y) &\rightarrow y = f(x) = mx + n \\ \text{Gráfica } (t, x) &\rightarrow x = f(t) = vt + x_0 \end{aligned}$$

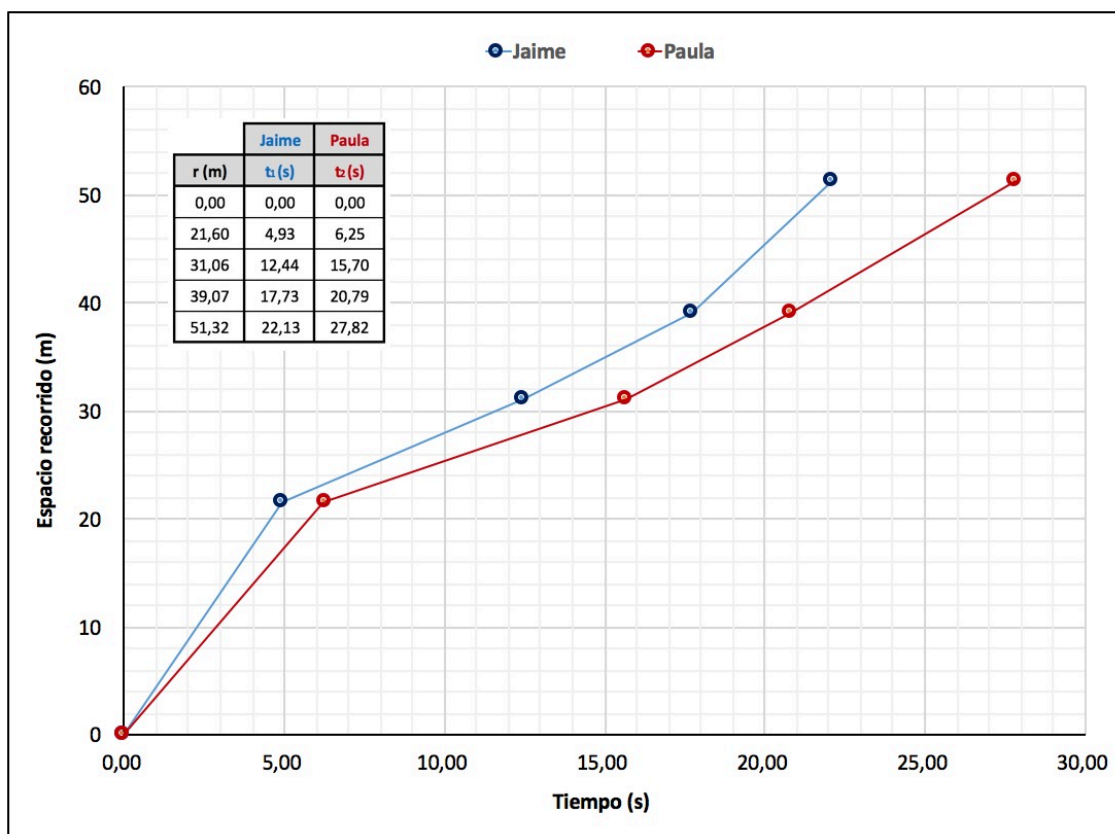


Figura 21. Gráfica (posición, tiempo) del recorrido de dos alumnos.

Así pues, los alumnos observan que la ecuación del MRU que aparece en su libro tiene un sentido físico desde el análisis de la actividad práctica que han llevado a cabo. No obstante, se desarrolla también su deducción a partir de la ecuación teórica de la velocidad media:

$$v = \frac{x - x_0}{t - t_0} \rightarrow \dots t_0 = 0 \dots \rightarrow x = x_0 + vt$$

Para ver si se ha comprendido correctamente la analogía, saco a la pizarra a los alumnos protagonistas de la gráfica, con el propósito de que calculen sus ecuaciones del movimiento en uno de los tramos a partir de los puntos inicial y final, presentes en la gráfica. El desarrollo en un principio no es tan sencillo, pero con la ayuda de los compañeros y retomando un ejemplo matemático consiguen alcanzar el cometido.

Una vez comprendida la ecuación del MRU, les reparto a los alumnos unas hojas de ejercicios<sup>4</sup> que trabajaremos en clase durante las siguientes sesiones, estableciendo como tarea la preparación de tres de ellos para el próximo día. Las hojas de ejercicios han sido preparadas con problemas clásicos adaptados del libro de texto y otros de mi propia cosecha, empleando en todo momento el enfoque de la ciencia en contexto.

<sup>4</sup> Las hojas de ejercicios y sus soluciones se incluyen en el Anexo IV de este trabajo.

Al finalizar la clase, cabe destacar una de las declaraciones realizadas por una alumna cuando le pregunta por la sesión, la cual ha sido grabada en audio por el tutor del centro, y se transcribe a continuación:

- **Tutor:** *¿Qué es lo que más te ha gustado de la clase de hoy?*
- **Alumna:** *Pues... la forma en la que ha explicado una cosa que hicimos en mates, pero aplicada para la física, para el caso de nuestro movimiento.*
- **Tutor:** *¿Y lo más difícil?*
- **Alumna:** *Pues... resolver las cuentas.*

Se puede ver, aunque se trate de un caso particular, como una alumna ha comprendido la utilidad de las matemáticas al aplicarla en una situación real, mientras que la resolución de las ecuaciones es lo que más dificultad le presenta, una muestra de la falta de manejo de las herramientas matemáticas necesarias para la trabajar la física.

- Ciclo 6: Movimiento rectilíneo uniforme (Conceptualización Abstracta)

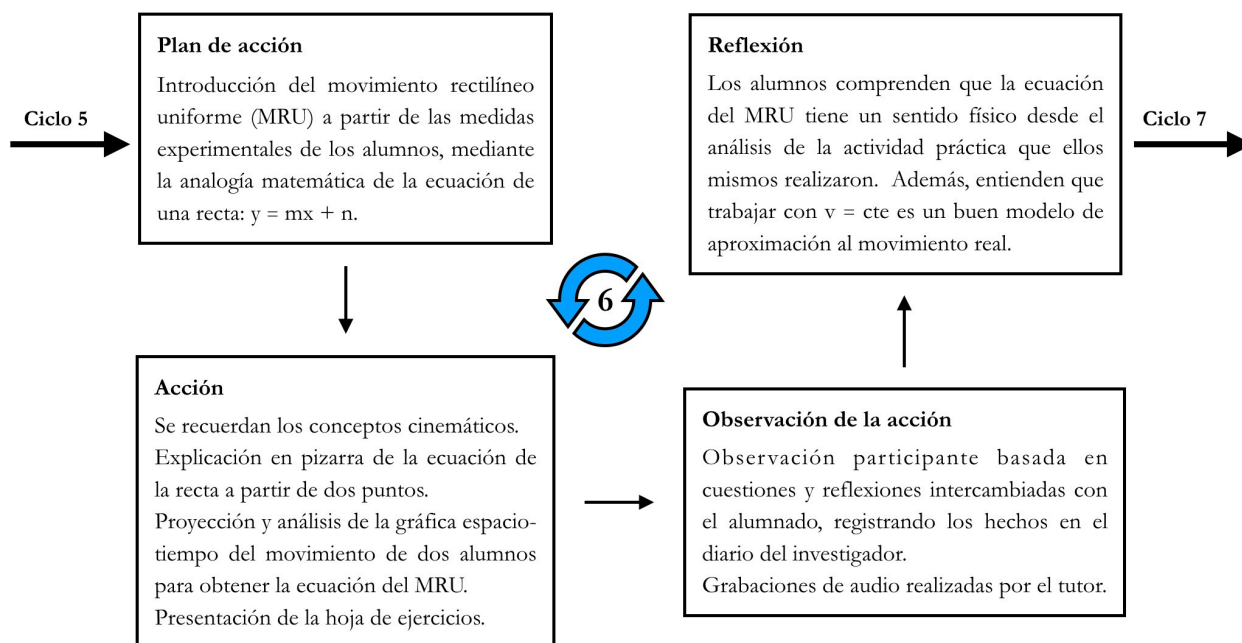


Figura 22. Sexto ciclo de la espiral de la investigación-acción.

## 7. Resolución de problemas

En la hoja de ejercicios preparada (Anexo IV) se pueden distinguir dos partes:

- Una primera parte con ejercicios en los que se abordan las características generales del movimiento, trabajando conceptos como: vectores y sistemas de referencia; desplazamiento y espacio recorrido; velocidad media, espacio y tiempo; representaciones gráficas (posición-tiempo, velocidad-tiempo); conversión de magnitudes ( $m/s$  y  $km/h$  para la velocidad, horas y minutos para el tiempo); y otros.

- Una segunda parte más centrada en el MRU que incluye principalmente el cálculo de tiempos y distancias en base a una velocidad constante, y los problemas típicos de encuentros y alcances que deben resolverse con las ecuaciones del MRU.

En el primer día nos centramos más en los problemas de la primera parte, de los cuales se eligieron los mandados como tarea (1-5-7). Decido ofrecer a los alumnos la posibilidad de resolver ellos mismos en la pizarra los ejercicios, considerando de antemano que se invertirá un mayor tiempo en ello, pero con el propósito de que tengan la oportunidad de explicar a sus compañeros la manera en la que los han resuelto. Tan sólo da tiempo a resolver los tres ejercicios planteados, siendo los aspectos que más dificultad presentan para los alumnos la conversión de magnitudes y el trabajo con los vectores en dos dimensiones. Al finalizar la clase establezco de nuevo la tarea de preparar otros tres elegidos a conciencia para el día siguiente, correspondientes a la segunda parte (8-9-12).

Durante el segundo día decido llevar a cabo yo mismo la resolución de los problemas, con el propósito de que la dinámica de la clase sea más fluida que la anterior, planteándoles cuestiones a los alumnos para que me guíen en su resolución en la pizarra. Hago especial hincapié en el repaso de los vectores y el análisis de los ejercicios del MRU. Resulta muy interesante la reflexión que plantean los alumnos con respecto al uso de la ecuación del MRU: puesto que hay ejercicios en los que se parte del origen del sistema de referencia, consideran que no es necesaria su utilización, pudiendo emplear la ecuación de la definición de velocidad. Para que comprendan el porqué de su uso, les comento que no siempre tenemos por qué partir del origen, y que la definición de velocidad es equivalente a una simplificación de la ecuación del MRU necesaria para trabajar los problemas de encuentros y alcances:

$$x = x_0 + vt \rightarrow \text{si } x_0 = 0 \rightarrow x = vt \rightarrow v = \frac{x}{t}$$

La mayor dificultad que surge en estos problemas aparece cuando se debe cambiar el signo de la velocidad en la ecuación del MRU, es decir, en los casos de encuentros:

$$¿ x = x_0 + vt ? \quad \text{ó} \quad ¿ x = x_0 - vt ?$$

Para aclarar esta duda, recordamos el movimiento que realizaron en el patio y como en la posta de la escalera tenían que ir hacia delante y hacia atrás, de modo que el vector velocidad cambiaba de sentido, equivalente al cambio de signo en una ecuación unidimensional. De este modo, queda más claro que la velocidad debe considerarse negativa cuando vamos hacia atrás con respecto al origen del sistema de referencia escogido en el problema.

Debido a que a la siguiente semana se ha establecido la realización del examen, les proporciono a los alumnos una hoja con las soluciones de los ejercicios, para que puedan trabajarlos en casa durante la semana, y preguntar sus dudas en la última sesión previa a la prueba. Así mismo, me preguntan por el modelo del examen, por lo que les explico que habrá una primera parte de teoría asociada a los conceptos que hemos visto en clase, cuyas definiciones aparecen en su libro de texto, y que quiero que sean capaces de explicar con sus propias palabras, y tres o cuatro problemas similares a los de la hoja de ejercicios.

- Ciclo 7: Resolución de problemas (Experimentación Activa)

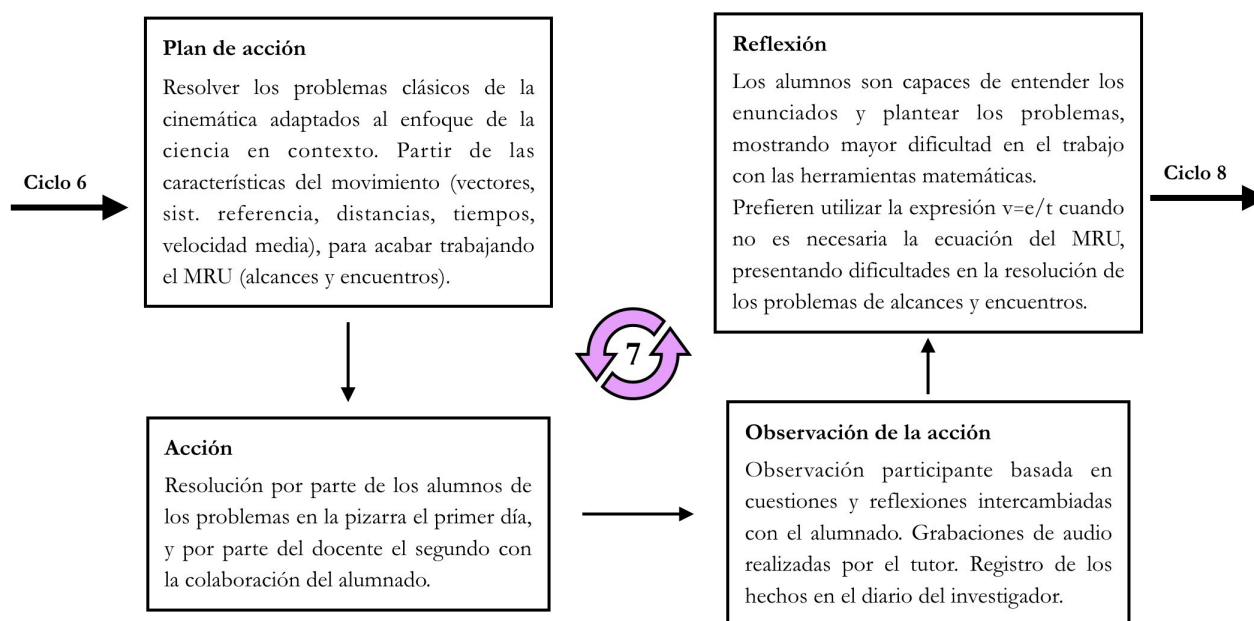


Figura 23. Séptimo ciclo de la espiral de la investigación-acción.

## 8. Repaso previo al examen

Para terminar las clases, el día previo al examen comienzo con un repaso sobre los conceptos teóricos que son importantes de cara a la prueba de evaluación, utilizando una serie de diapositivas que los resume: movimiento, sistema de referencia, posición, trayectoria, espacio recorrido, desplazamiento... Son los propios alumnos los que participan en la definición y diferenciación de estos conceptos con sus propias palabras, tratando de mostrar que comprenden las definiciones sin aprenderse de memoria lo que pone en el libro.

Resulta muy interesante la cuestión que plantea una alumna cuando estamos recordando la diferencia entre los conceptos de velocidad instantánea y velocidad media. Recordamos que la velocidad instantánea no la podemos medir, y que lo que medimos son velocidades medias, ante lo que plantea lo siguiente:

- **Alumna:** *Hay una cosa que no entiendo... ¿si tú llevas un velocímetro (o algo de eso) no puede medir en cada segundo la velocidad que llevas?*

En este punto recordamos que no se puede tener una medida exacta de la velocidad, que el velocímetro tiene un error igual que nosotros cuando medimos los tiempos y calculamos las velocidades medias en el circuito. Aprovecho en ese momento para repasar el MRU a partir de la gráfica del movimiento de dos de los alumnos (Figura 21), mostrando como con la velocidad media podemos realizar una modelización que se aproxima al movimiento real. En este momento, la misma alumna cuestiona el modelo:

- **Alumna:** *Ya, pero ninguna de esas líneas es verdad, la velocidad media que usamos con nuestras medidas no es la real, es sólo una suposición.*

Se trata de una suposición sí, pero que ofrece una estimación de cómo se realizó movimiento. Ante esta argumentación crítica, aprovecho para incidir en la distinción que debemos hacer entre las medidas experimentales y las teóricas. Es importante diferenciar que en los problemas se trabajan con datos que han de suponerse como ideales en el movimiento, mientras que en nuestro experimento trabajamos con medidas experimentales, siendo estas medidas las que nos permiten realizar una aproximación al movimiento real.

Tras resolver las dudas correspondientes a la parte más conceptual (teórica), realizo alguno de los ejercicios que los alumnos me piden debido a que tienen alguna dificultad para resolverlos, coincidiendo en su mayoría en pedirme que haga alguno de encuentros y alcances, como es el siguiente:

12. Dos ciclistas salen al mismo tiempo de dos ciudades, A y B, separadas por una distancia de 200 km. El primer ciclista sale de A hacia B a una velocidad constante de 40 km/h. El segundo sale de B hacia A a una velocidad constante de 20 km/h.

- Calcula en qué punto y en qué instante se encuentran.
- Representa en una gráfica posición-tiempo el movimiento de los ciclistas.

Figura 24. Problema nº12 de la hoja de ejercicios (extraído del Anexo IV).

Estos problemas por lo general se resuelven planteando un sistema con dos ecuaciones del MRU, una correspondiente a cada móvil, y resolver el sistema de ecuaciones para obtener lo que nos pide el enunciado. Por ello, trato de mostrarles los pasos de cómo deben plantear las ecuaciones y resolver el sistema, un método basado en el sistema de referencia escogido que permitirá que resuelvan cualquier problema de este tipo. En el ejercicio 12, si escogemos el punto A como origen de nuestro sistema de referencia podemos plantear:

$$\left. \begin{array}{l} x_A = x_{0A} \pm v_A t \\ x_B = x_{0B} \pm v_B t \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} x_A = 0 + 40t \\ x_B = 200 - 20t \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} x_A = 40t \\ x_B = 200 - 20t \end{array} \right.$$

En este punto, destaca la intervención de algún alumno que comenta como ha resuelto este tipo de problemas sin emplear la ecuación del MRU. El método que emplean se acerca a la resolución de problemas de matemáticas de cálculo de distancias:

- **Alumno:** *¿Y no se puede... en un sistema, usando la fórmula de la velocidad igual al espacio partido por tiempo, llamar a la distancia que se encuentran  $x$  y por tanto para el otro será  $200-x$ ?*

$$\text{Es decir, } v_A = \frac{x}{t} \quad \text{y} \quad v_b = \frac{200 - x}{t}$$



Se trata de una reflexión interesante, que muestra como algunos alumnos prefieren guiarse por los métodos de resolución que ya conocen, que ya están asentados, como es en este caso los adquiridos en la resolución de problemas de matemáticas, en vez de tratar de aplicar la física que han aprendido y su modelización mediante las ecuaciones del movimiento. Sin embargo, deben saber que más adelante se trabajará el análisis de movimientos algo más complejos, como es el caso del MRUA (movimiento rectilíneo uniformemente acelerado), en los cuales no podrán resolver sin plantearlos las ecuaciones del movimiento. Por ello, les comento que en la prueba de evaluación será necesario que expliquen cómo resuelven el problema empleando los conceptos trabajados en la asignatura, atendiendo especialmente al sistema de referencia utilizado y el MRU.

Pese a tratarse de una clase de repaso y resolución de dudas, las reflexiones extraídas en la misma son muy interesantes, reafirmando la necesidad de que los alumnos comprendan la física que estudian antes de adentrarse en la resolución metódica de problemas, para ir construyendo su conocimiento en base a la comprensión. Para finalizar la clase recuerdo el modelo del examen del próximo día, dejándoles claro que si han atendido en clase y trabajado los ejercicios no tendrán ningún problema en sacarlo adelante.

- Ciclo 8: Repaso previo al examen (cierre del ciclo de Kolb)

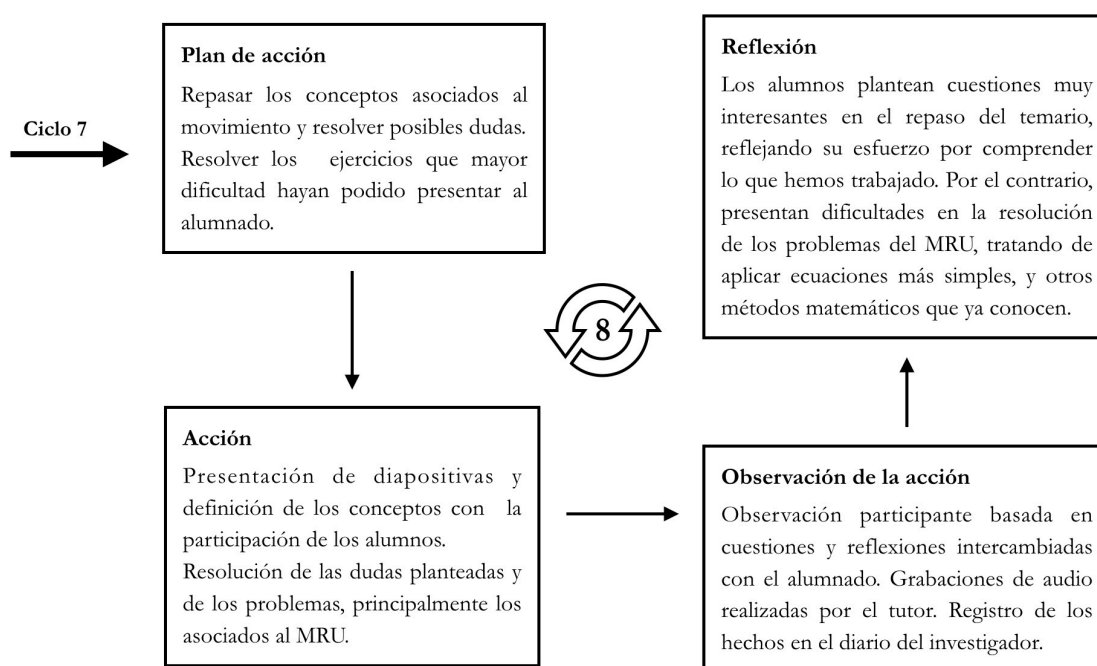


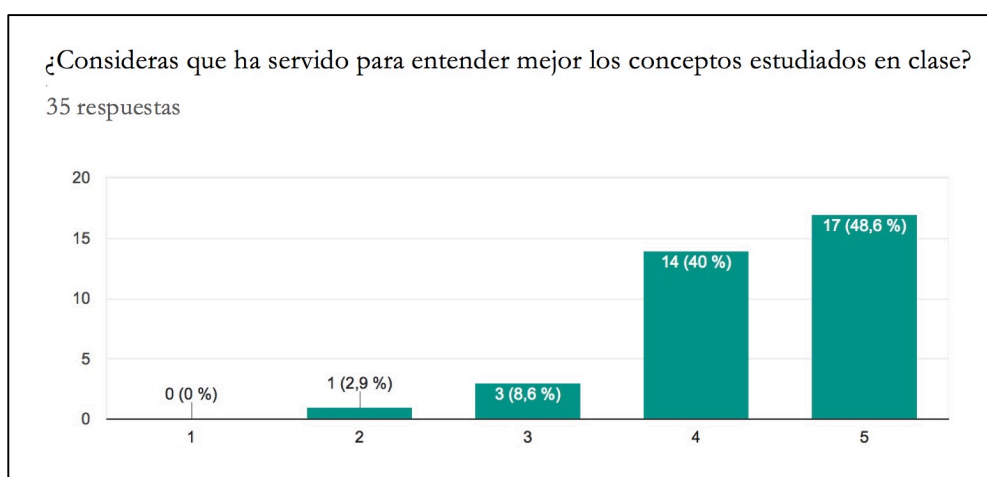
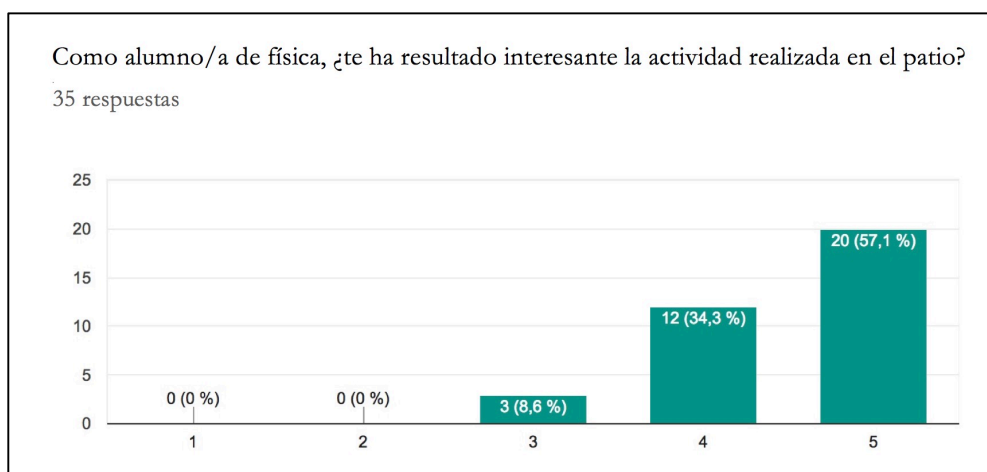
Figura 25. Octavo y último ciclo de la espiral de la investigación-acción.

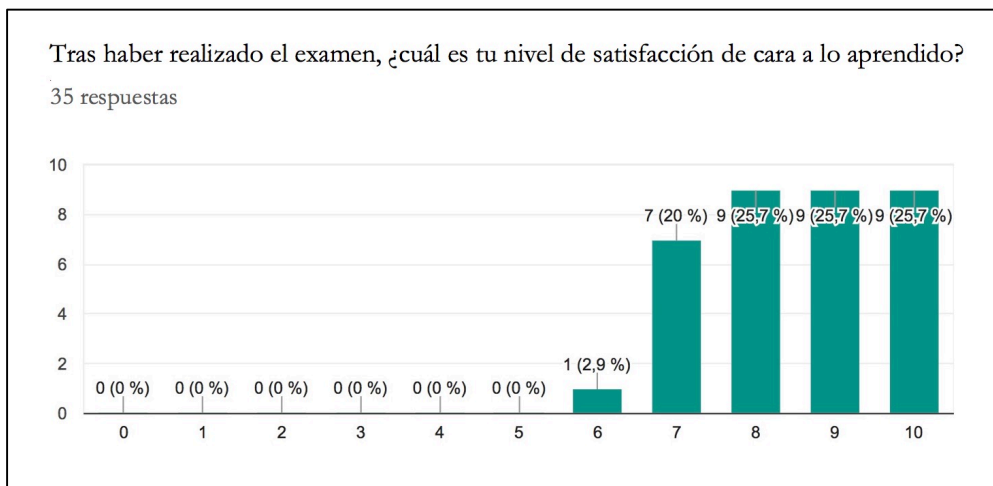
## 5. Evaluación y resultados

Una vez llevado a cabo el desarrollo de la propuesta docente, es el momento de conocer cuáles han sido sus resultados. Para ello, en primer lugar, se ha querido conocer la opinión del alumnado, llevando a cabo una valoración de la actividad. Por otro lado, la realización de la prueba de examen ha permitido evaluar los resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje. Finalmente, la colaboración del tutor del centro ha ofrecido la posibilidad de realizar un estudio cualitativo de la evolución de los estudiantes a posteriori, durante el comienzo del curso siguiente, con el fin de conocer cómo ha podido influir este proyecto en su futuro académico. El análisis de estos resultados, junto con las observaciones y reflexiones realizadas en el proceso de investigación, serán los que sirvan para extraer las conclusiones finales de este proyecto.

### 5.1 Evaluación del proyecto por parte del alumnado

Para conocer la opinión de los alumnos y su valoración del proyecto de cinemática realizado para el estudio de la materia, se les planteó, el día posterior al examen, la realización de una encuesta en clase a través de los formularios de **Google Forms**. Los resultados obtenidos en base a las preguntas planteadas (donde los valores numéricos de la respuesta van de negativo a positivo in crescendo) son los siguientes:





Se puede apreciar como los alumnos parecen estar en general satisfechos, tanto con la actividad en sí como con lo aprendido durante las sesiones en clase. No obstante, pese al resultado positivo, consideraba que la encuesta tan sólo podría proporcionar resultados numéricos, que no reflejasen lo que es realmente importante, la opinión de los estudiantes. Por ello, al finalizar la encuesta, les repartí a cada uno un trozo de papel en blanco con el propósito de que escribiesen de forma anónima lo que quisieran, con total libertad. Los resultados obtenidos han sido para mí, sin duda alguna, lo mejor de esta experiencia. A continuación, se muestran algunas de las opiniones más relevantes escritas por ellos mismos<sup>5</sup>:

- ✓ *“Me ha parecido una forma más dinámica y divertida de dar física, y a los alumnos nos ha motivado más a la hora de aprenderla y estudiarla, ya que se puede hacer una asignatura difícil y con actividades como esta relacionadas al día a día es más fácil de entender”.*
- ✓ *“Me ha gustado mucho que mezclara algo tan dinámico como el deporte con la física que a nuestra edad nos puede parecer un poco aburrida si no se explica de manera correcta”.*
- ✓ *“Me ha resultado muy fácil entender las explicaciones, gracias a las gráficas y actividades en el patio”.*
- ✓ *“Me ha gustado que con la actividad el patio ha hecho la clase más didáctica, además que el tema explicado se me ha pasado muy rápido y no me he aburrido en las clases”.*
- ✓ *“Me ha parecido muy interesante la actividad del patio para entenderlo mejor, explica muy bien y me ha quedado todo claro”.*
- ✓ *“Me ha gustado bastante. Es una forma diferente de hacer las clases más dinámicas y menos monótonas. Es una idea nueva que está bastante bien y te puede ayudar a entender algunas cosas mejor”.*

<sup>5</sup> Todas las transcripciones de los escritos del alumnado se encuentran en el Anexo VI.

- ✓ *“Tus clases son las que realmente merecen la pena. Consigues hacer las explicaciones más amenas y que no tengamos que aprender la teoría de memoria, sino con nuestras palabras”.*
- ✓ *“Me ha gustado que hayas usado un método diferente para dar una unidad, es algo que realmente se agradece ya que no solo lo hace más divertido, sino que te ayuda a entenderlo mejor, y a verlo aplicado al mundo”.*
- ✓ *“La verdad no entendía mucho lo de los vectores, pero después de bajar al patio a hacer esas actividades y ponerlas de ejemplo para hacer ejercicios me queda todo más claro”.*
- ✓ *“Creo que fue una buena experiencia que además sirvió para entender mejor los conceptos explicados en clase. Pienso que se deberían hacer cosas así más a menudo, ya que ayuda a entender los conceptos después”.*

Se puede ver como los alumnos, quizá sin ser conscientes, están aportando reflexiones muy interesantes sobre los aspectos metodológicos de la enseñanza. Alguno habla de los vectores, y de cómo la experiencia le ha permitido entenderlos mejor (modelización vectorial), otros hacen referencia a las explicaciones en clase, destacando el aspecto de no aprender de memoria los conceptos, sino comprenderlos con sus propias palabras. Pero si en algo coincide la mayoría, es en que se ha llevado a cabo una forma más dinámica a la hora de explicar la materia, dejando de lado la monotonía de la metodología tradicional, y consiguiendo que muestren un mayor interés (motivación) con los ejemplos trabajados en clase. Hablan de la actividad como una experiencia dinámica relacionada con el día a día, aplicada al mundo, que además sirvió para entender mejor los conceptos trabajados en el aula. Estos escritos son por tanto una muestra de cómo la ciencia en contexto y el aprendizaje experiencial han logrado alcanzar el importante objetivo de la comprensión de la cinemática, aunque sea de un modo más cualitativo, o al menos eso muestra la opinión del alumnado, algo que deberemos corroborar con los resultados de la prueba de evaluación.

## 5.2 Evaluación y resultados del proceso de enseñanza-aprendizaje

Tras conocer la valoración y opinión de los estudiantes, llega el momento de contrastar con los resultados obtenidos en el examen, cuyo enunciado se encuentra en el Anexo V de este trabajo. En la figura de la derecha se puede observar un diagrama con el porcentaje de las calificaciones obtenidas por los alumnos:

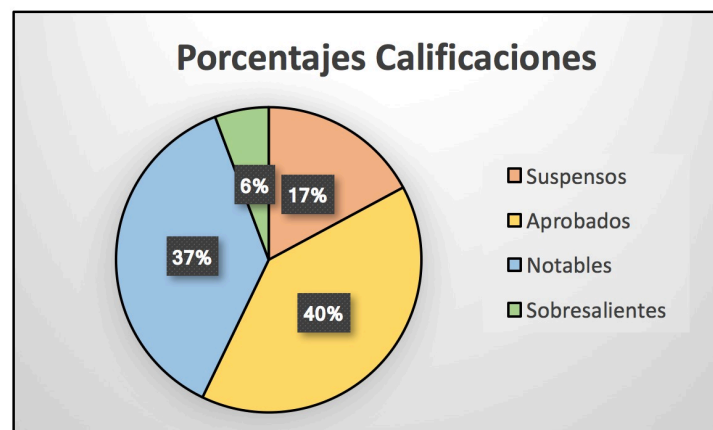


Figura 26. Diagrama de las calificaciones del examen.

Los resultados según el diagrama circular (Figura 26) parecen bastante positivos, existiendo un alto porcentaje de notables y tan sólo un 17% de suspensos (6 de los 35 estudiantes). Sin embargo, lo que resulta más interesante de analizar es la distribución de las calificaciones numéricas mediante un histograma:

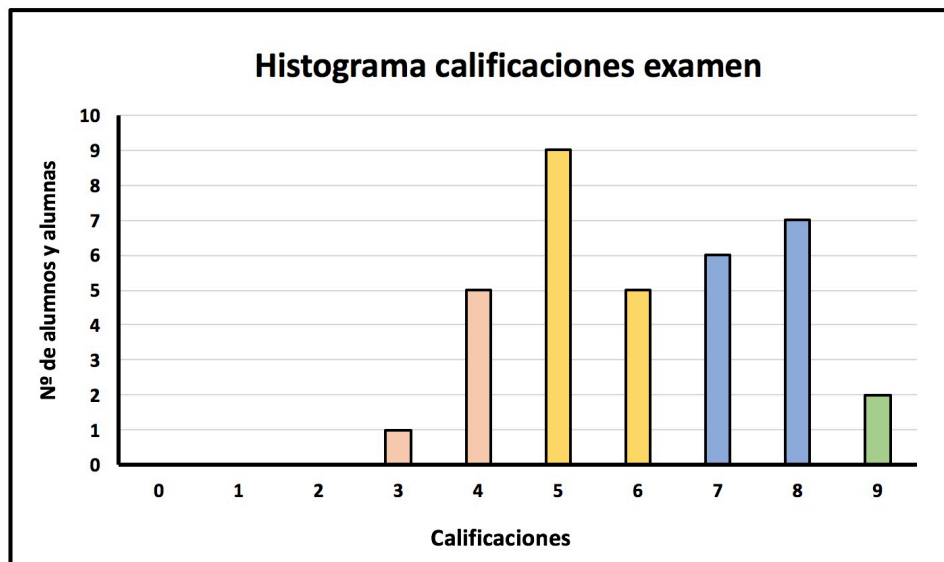


Figura 27. Histograma de las calificaciones de la prueba de evaluación.

Se puede observar la clara existencia de dos distribuciones normales, una centrada en el 5 y otra en torno al 7-8, como si los resultados se dividieran en dos grupos. El examen está formado por una primera hoja compuesta por preguntas cortas de teoría y ejercicios cortos cuya ponderación total asciende a 5,25 puntos. En la segunda hoja aparecen dos ejercicios más largos, uno sobre representación de vectores y otro relacionado con las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniforme, cuya suma asciende a los 4,75 puntos restantes.

Tras analizar los resultados de cada una de las preguntas, en relación a la nota global del examen, la última pregunta (ejercicio del MRU) es la más significativa, y la que marca la diferencia entre estos dos grupos. Se trata de una pregunta de recapitulación, en la que los alumnos tienen que utilizar prácticamente el total de los conceptos trabajados en clase, especialmente la idea de sistema de referencia, y la comprensión de las ecuaciones del MRU. De este modo, los resultados parecen indicar que la parte de la clase que mejores calificaciones ha obtenido ha entendido la idea de sistema de referencia aplicado al MRU, mientras que la otra no, siendo por tanto la última pregunta del examen la que ha marcado la diferencia entre las distribuciones.

Dentro de los alumnos que han sido capaces de entender la idea de sistema de referencia y el MRU, cabe destacar que tan sólo unos pocos han empleado planteamientos que ya conocían previamente (reglas de tres, proporciones...) para resolver el último ejercicio, mientras que la mayoría han sido capaces de realizar ese recorrido mental (modelización) que se ha pretendido alcanzar con el desarrollo de este proyecto. Un resultado satisfactorio, y más teniendo en cuenta como los alumnos tendían a utilizar métodos que ya conocían en las sesiones en las que se resolvieron los problemas.

Como aspectos negativos se deben mencionar los problemas que presentan los alumnos a la hora de redactar los conceptos teóricos y, sobre todo, la falta de disciplina en el planteamiento de los problemas de física, olvidando escribir las ecuaciones que marcan el problema, empleando directamente los datos numéricos, y dejando de lado en numerosas ocasiones las unidades de magnitud. No obstante, dejando estos detalles a un lado, los resultados generales obtenidos en el examen han sido bastante positivos. Los alumnos han demostrado comprender los conceptos trabajados en clase, aunque sea de un modo cualitativo, algo que considero fundamental en este nivel de enseñanza y aprendizaje, más allá de obtener una buena calificación numérica.

Por último, en relación a las calificaciones obtenidas por los alumnos, he de decir que se ha tratado de mi primer examen como docente, existiendo la incertidumbre sobre cómo tendrían lugar los resultados. Para poder realizar una comparación, y pese a que las evaluaciones previas a este proyecto se correspondiesen con la parte de química de la asignatura, se puede observar que los histogramas de las calificaciones presentan distribuciones similares a los resultados obtenidos en la prueba de evaluación del proyecto:

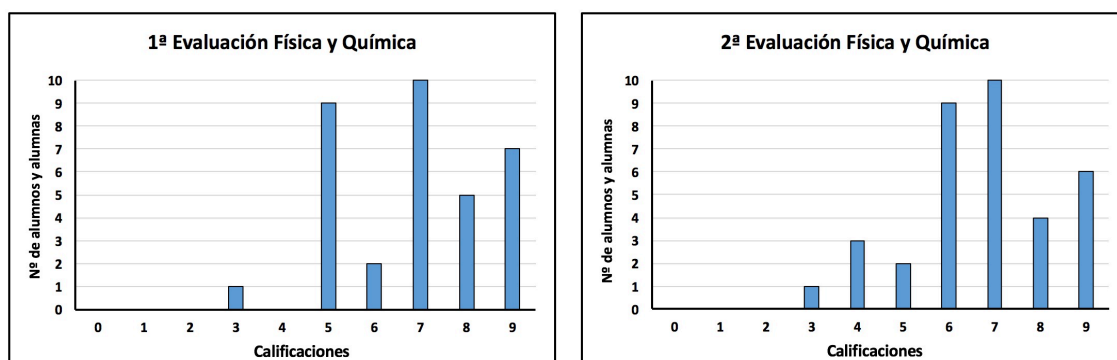


Figura 28. Histograma de las calificaciones de la asignatura en las dos primeras evaluaciones.

De este modo, la evaluación realizada con el proyecto ha podido servir como parte de la evaluación de la asignatura, suponiendo la calificación del examen un 80% de la misma, y teniendo en cuenta en el 20% restante la actitud presentada durante todas las sesiones y la actividad práctica realizada en el aula de informática con la herramienta Excel.

### 5.3 Evolución del grupo estudiado

Para terminar, con el propósito de conocer cómo ha podido influir este trabajo en el futuro académico de los estudiantes, se ha llevado a cabo una entrevista con el tutor del centro, transcurridos ocho meses desde el desarrollo del proyecto, prácticamente a mitad del curso siguiente de los alumnos, ya en bachillerato. En esta entrevista, se ha podido conocer una valoración general de la experiencia por parte del docente profesional, y realizar un estudio cualitativo de la evolución de los estudiantes durante el curso presente. La transcripción completa de la entrevista se encuentra en el Anexo VII y, a continuación, se presentan los resultados y conclusiones más relevantes extraídos de la misma.

En primer lugar, entrando en una valoración general, el docente considera que la experiencia fue muy positiva, pues el enfoque original del proyecto, que es cómo se está dando la cinemática en secundaria, y ver cómo se puede abordar desde otro punto de vista, fue un tema que le pareció muy interesante. Aunque tuviese que invertirse más tiempo en cosas que aparentemente no están relacionadas con la cinemática desde el enfoque tradicional, considera que los alumnos disfrutaron mucho más con la experiencia, y que ese tiempo invertido merece la pena a posteriori, pues permite que los conceptos se asienten mucho mejor, algo que se ha podido ver en la evolución de los alumnos.

Al hablar del aprendizaje de los alumnos a partir de esta experiencia, el docente comenta que en el comienzo del curso presente se llevó a cabo una prueba inicial consistente en ver los conocimientos que estos alumnos (25 en el curso presente) tenían en la asignatura de Física y Química en comparación con los alumnos que provenían de otros centros a primero de bachillerato (32 alumnos nuevos), y que por tanto no habían realizado la experiencia. Los resultados resultan muy interesantes ya que, pese a que los nuevos alumnos son aceptados en el centro por nota de corte, y que en principio son alumnos con un rendimiento superior desde el punto de vista académico, se ve que en los conocimientos asociados a la cinemática son comprobables. Destaca positivamente la idea de sistema de referencia, pues parece que los alumnos que trabajaron con la experiencia se manejan mejor, poniendo especial detalle en la resolución de ejercicios a la hora de fijar un sistema de referencia a partir del cual describir el movimiento. La conclusión resulta muy interesante ya que parece que el método del proyecto es igual de eficaz a la hora de transmitir los conceptos que la metodología tradicional, salvo en el concepto fundamental de sistema de referencia, que parece haberse asentado con mayor firmeza.

En cuanto aumento del interés por la materia, y su influencia a la hora de elegir un bachillerato de ciencias, el docente comenta que, mientras los nuevos alumnos no destacan nada en particular en una cuestión planteada en la prueba inicial, el resto recuerda la cinemática como algo muy interesante y satisfactorio, llegado incluso a perder el miedo que podían tener en un principio por la rama de ciencias.

Cuando se le pregunta sobre la evolución del grupo en el curso presente, resulta que están comenzando con la parte de Física de la asignatura, empezando a ver la idea de vectores (posición, velocidad, desplazamiento...) desde un punto de vista más tradicional. Resulta curioso el hecho de que, teniendo dos clases que realizan preguntas frecuentemente, las preguntas correspondientes a esta parte son mucho más frecuentes por parte de los nuevos alumnos. La impresión de los alumnos que trabajaron la experiencia al explicar la cinemática en la pizarra es que lo ven de un modo más natural, pese a que el tratamiento que se realizó está muy lejos de la metodología tradicional que está empleando en bachillerato, basada en la explicación de vectores y límites para llegar a la idea de velocidad como derivada. De este modo, parece que las horas que se dedicaron a la experiencia hayan bajado la energía de activación en este proceso, en el cual hay que dar un importante salto conceptual, pero que para estos alumnos a resultado más natural, como si les resultase familiar.



De hecho, el resultado le parece tan interesante como imprevisto, pues si le hubieran preguntado sin conocer estos resultados sobre cómo impartir la cinemática en cuarto curso de secundaria para prepararles de cara al manejo de vectores y derivadas en bachillerato, su respuesta habría sido que eso mismo, trabajar los vectores y la cinemática desde el punto de vista tradicional. Este proyecto le ha permitido ver como una experiencia ha servido para asentar mejor las bases de algunos conceptos cinemáticos, siendo más eficaz en ese punto que la metodología tradicional. Destaca la intervención de un alumno con el concepto de velocidad media: al presentar la definición de la velocidad a partir del límite comentó que esa velocidad era la instantánea, un concepto abstracto, algo que no podíamos medir, pero a la que nos aproximábamos con el cálculo de la velocidad media. De esta manera, se puede ver como ese salto conceptual desde el cálculo de los problemas típicos de velocidad media al paso de los límites-derivadas que se realiza en bachillerato, ha sido más sencillo de realizar para aquellos alumnos que llevaron a cabo la experiencia.

Para finalizar la entrevista, y en relación al interés que el tutor ha mostrado por la perspectiva que se llevó a cabo en el proyecto, le pregunto cómo tiene pensado abordar la cinemática con sus alumnos de cuarto curso durante este año. Aunque le resulte más complicado el hecho de tener que realizarlo sin ayuda, tiene claro que va a emplear un enfoque similar al trabajado en el proyecto. La idea de grabar el movimiento de los alumnos y utilizar las medidas experimentales del mismo para realizar un tratamiento estadístico, son dos aspectos innovadores que considera que se pueden combinar perfectamente para llevar a cabo a posteriori la abstracción de los conceptos cinemáticos, proporcionando resultados muy interesantes de cara a la formación del alumnado.

Para concluir este apartado cabe destacar que, gracias a la colaboración del tutor de prácticas en la realización de la entrevista, se han podido observar aspectos muy interesantes sobre el efecto que ha tenido la experiencia en la evolución de los estudiantes en sus estudios de física. Además de los resultados obtenidos en la evaluación del proyecto, tanto en la actividad como en la prueba realizada tras el desarrollo del mismo, se puede ver como los alumnos lo recuerdan como una experiencia muy interesante, la cual les ha permitido afrontar el comienzo de la física en el bachillerato con una base conceptual más asentada, al menos en lo que respecta a la comprensión del sentido físico del fenómeno del movimiento, es decir, de las bases conceptuales de la cinemática.

## 6. Conclusiones, consecuencias e implicaciones

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación, así como las reflexiones llevadas a cabo durante la investigación, permiten afirmar que el desarrollo de la propuesta didáctica planteada en este proyecto ha logrado alcanzar el objetivo principal de este trabajo, conseguir abordar los problemas iniciales que presenta la cinemática en la secundaria desde un método innovador, basado en la ciencia en contexto y el aprendizaje experiencial, que ha permitido una mejora en la comprensión de los conceptos trabajados. A partir de este resultado, se puede dar respuesta a las cuestiones iniciales planteadas en la investigación.

En primer lugar, adoptar como docente en formación el modelo de investigador educativo me ha permitido cuestionarme en el día a día cómo poder mejorar mi labor, reflexionando sobre la propia experiencia personal para lograr un autodesarrollo profesional. Esta postura me ha dado la posibilidad de estudiar y afrontar los problemas que presentaba la física en el aula, tratando de dar respuesta a las necesidades que presentaba el alumnado, mediante la búsqueda de nuevos enfoques que permitiesen su comprensión, como ha sido el caso de la ciencia en contexto y la experiencia directa (actividad deportiva) realizada con ellos.

En lo que respecta a la metodología de enseñanza, los resultados de la investigación muestran que es posible explicar la cinemática desde otro enfoque diferente al tradicional. Las explicaciones en la pizarra y los libros de texto han de utilizarse como herramientas de apoyo, pero en esta etapa del aprendizaje considero que ha sido más eficaz para la comprensión de los conceptos cinemáticos el emplear un método didáctico basado en el diálogo y la reflexión, con un lenguaje científico sencillo que permitiese a los alumnos comprender los fenómenos estudiados.

En cuanto a la modelización vectorial del movimiento, se ha podido ver como el desarrollo de la actividad deportiva, en la que se ha introducido el movimiento desde la acción de medir y trabajado con la estadística de los datos experimentales, ha permitido que los alumnos lleven a cabo su propia modelización del movimiento, facilitando la comprensión del sentido físico de las ecuaciones del movimiento y el porqué de su utilización. Los estudiantes no solamente han sido capaces de enfrentarse a los problemas clásicos de la cinemática con una perspectiva más real del movimiento, sino que su comprensión ha servido en el curso posterior para que el salto conceptual que se debe realizar en el trabajo con límites y derivadas para analizar el movimiento sea más fácil de asimilar. Por tanto, trabajar la cinemática en sus comienzos desde un sentido más físico (experimental) que matemático, ha facilitado a posteriori que su trabajo matemático se comprenda mejor desde el propio sentido físico de las ecuaciones.

Finalmente, el desarrollo de una experiencia directa como ha sido la actividad deportiva en el patio, ha fomentado considerablemente la motivación y el interés del alumnado por la asignatura, como muestran los resultados de la evaluación. El objetivo principal de la actividad era facilitar la comprensión, pero el aprendizaje experiencial no solamente ha permitido eso, sino que ha hecho que la actividad quede marcada en los estudiantes como una experiencia muy interesante, que siguen recordando con agrado casi un año después.

En base a estos resultados, me gustaría invitar a una reflexión sobre la enseñanza de la física en sus inicios en la educación secundaria. Quizás sería una buena idea afrontarla desde un sentido más físico que matemático. Los alumnos no tienen todavía en este nivel un manejo fluido de las herramientas matemáticas necesarias para la modelización del movimiento, lo que conlleva a que trabajen las ecuaciones sin entender su sentido físico, y además les cueste trabajar matemáticamente con las mismas. Como físico y docente en formación, considero que se podrían cambiar algunos aspectos en el currículo para hacer frente a estos problemas. Por un lado, sería positivo para la asignatura que se enlazase con las matemáticas de modo que antes de trabajar las ecuaciones del movimiento se tuviera un manejo de sus herramientas. Por otra parte, creo que sería positivo enfocar la física desde un punto de vista más cualitativo que permitiese a los alumnos conocer todos los fenómenos naturales que estudia, haciéndoles ver lo interesante que puede resultar la materia para su formación y desarrollo, en un contexto social en el que cada vez existe una dependencia de la ciencia y la tecnología.

En cuanto a posibles implicaciones futuras que puedan seguir la línea de investigación de este proyecto, considero que sería interesante poder llevar a cabo un seguimiento de la evolución del grupo durante los cursos posteriores, empleando una metodología que siga las bases de este trabajo, y comparar los resultados con otros grupos con los que se trabaje de la forma tradicional. No obstante, soy más que consciente del tiempo y dedicación que requiere un trabajo de este tipo y, aunque se tenga que cerrar en este punto la investigación de este proyecto, creo que los resultados que se han obtenido han sido más que satisfactorios, cumpliendo los objetivos establecidos en su planteamiento.

Para concluir esta memoria no puedo olvidarme de la buena predisposición que han mostrado tanto las tutoras de este trabajo como el tutor del centro, que ha estado abierto a cualquier tipo de propuesta, ofreciéndose a ayudar en lo que fuera necesario en todo momento. Tampoco me puedo olvidar del buen grupo que han formado los alumnos con los que hemos trabajado ya que, pese a tratarse de adolescentes en pleno desarrollo, se han mostrado participativos y con ganas de aprender en todo momento.

En lo que a mí respecta, debo agradecer la posibilidad que se me ha ofrecido con el desarrollo de este proyecto, el cual me ha permitido iniciarme en la investigación educativa, trabajando la física con los alumnos como a mí me hubiera gustado poder estudiarla, de una forma que permita ver lo interesante que puede llegar a ser esta ciencia para su formación académica y personal.

Por último, y aunque ya lo haya podido mencionar a lo largo de este escrito, considero que lo más gratificante de esta experiencia ha sido poder leer las valoraciones que los alumnos escribieron respecto al proyecto y mi labor como docente, así como la cercanía y el cariño con el que me despidieron el último día. Creo que, personalmente, esto es lo realmente importa cuando uno decide aventurarse en el mundo de la docencia, y lo que hace que uno finalmente pueda sentirse realizado tanto en lo profesional como en lo personal.

## 7. Referencias documentales

- Abrahamson, D., & Lindgren, R. (2014). Embodiment and embodied design. En R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences (2nd ed.)* (págs. 358-376). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- BOA Núm. 105. (02/06/2016). Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón.
- De Pro, A. (2003). Algunas reflexiones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Física y la Química. *Educación en el 2000*, septiembre 2003, 12-17.
- Driver, R., Guesne E., & Tiberghien A. (1999). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Ediciones Morata S.L.
- EDEBÉ (2016). *Física y Química 4ºESO. Bloque II: Física*. Barcelona: Edebé.
- Elliott, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Madrid: Ediciones Morata.
- Gómez, J. (2003). *El aprendizaje experiencial*. Argentina: Universidad de Buenos Aires.
- Gomila, A. (2009). Cambio de marcha en ciencia cognitiva: Cognición corpórea. *Ciencia cognitiva: Revista electrónica de divulgación*, 3:2, 49-51.
- González, J., & Portolés, A. (2014). Actividad física extraescolar: relaciones con la motivación educativa, rendimiento académico y conductas asociadas a la salud. *Revista iberoamericana de psicología del ejercicio y el deporte*, 9(1), 51-65.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hopkins, D. (1989). *Investigación en el aula. Guía del profesor*. Barcelona: Promociones y Publicaciones Universitarias (PPU).
- Ibarra, J. (2003). La transposición didáctica de la teoría de la sucesión en los ecosistemas. *Tesis doctoral. Universidad Pública de Navarra*, 26-29.
- Kolb, D.A. (2015). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. New Jersey: Pearson Education.
- Latorre, A. (2003). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.

- Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of Social Issues*, 2, 34-46.
- Lewis, L. H., & Williams, C. J. (1994). Experiential learning: A new approach. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 62, 5-16.
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26, 267-274.
- McKernan, J. (1999). *Investigación-acción y currículum*. Madrid: Ediciones Morata.
- McNiff, J., Lomax, P., & Whitehead, J. (1996). *You and your action research project*. London: Routledge.
- Moon, J. A. (2004). *A handbook of reflective and experiential learning: Theory and practice*. New York: RoutledgeFalmer.
- Pérez, A., & Miralles, I. (1969). *Didáctica de la Física*. Alcoy: Marfil.
- Pozo, J. I., & Gómez Crespo, M. Á. (2010). Por qué los alumnos no comprenden la ciencia que aprenden: qué podemos hacer nosotros para evitarlo. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 66, 73-79.
- Sanmartín, M. G. (2004). El valor del deporte en la educación integral del ser humano. *Revista de educación*, 335, 105-126.
- Stenhouse, L. (1987). *La investigación como base para la enseñanza*. Madrid: Ediciones Morata.
- Stenhouse, L. (1998). *Investigación y desarrollo del currículum*. Madrid: Ediciones Morata.
- Whitehead, J. (1995). Educative relationships with the writings of others. *Teachers who teach teachers: Reflections on teacher education*, 113-129.



## Anexo I: Fragmento del currículo de Física y Química de 4º curso (Aragón)

FÍSICA Y QUÍMICA		Curso: 4º
<b>BLOQUE 1: La actividad científica</b>		
<b>CONTENIDOS:</b> La investigación científica. Magnitudes escalares y vectoriales. Magnitudes fundamentales y derivadas. Ecuación de dimensiones. Errores en la medida. Expresión de resultados. Análisis de los datos experimentales. Tecnologías de la Información y la Comunicación en el trabajo científico. Proyecto de investigación.		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	COMPETENCIAS CLAVE	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
Crit.FQ.1.1. Reconocer que la investigación en ciencia es una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución e influida por el contexto económico y político.	CCL-CMCT-CAA-CCEC	Est.FQ.1.1.1. Describe hechos históricos relevantes en los que ha sido definitiva la colaboración de científicos y científicas de diferentes áreas de conocimiento. Est.FQ.1.1.2. Argumenta con espíritu crítico el grado de rigor científico de un artículo o una noticia, analizando el método de trabajo e identificando las características del trabajo científico.
Crit.FQ.1.2. Analizar el proceso que debe seguir una hipótesis desde que se formula hasta que es aprobada por la comunidad científica.	CMCT	Est.FQ.1.2.1. Distingue entre hipótesis, leyes y teorías, y explica los procesos que corroboran una hipótesis y la dotan de valor científico.
Crit.FQ.1.3. Comprobar la necesidad de usar vectores para la definición de determinadas magnitudes y saber realizar operaciones con ellos.	CMCT	Est.FQ.1.3.1. Identifica una determinada magnitud como escalar o vectorial, describe los elementos que definen a esta última y realiza operaciones con vectores en la misma dirección.
Crit.FQ.1.4. Comprender que no es posible realizar medidas sin cometer errores y distinguir entre error absoluto y relativo.	CMCT	Est.FQ.1.4.1. Calcula e interpreta el error absoluto y el error relativo de una medida conocido el valor real.
Crit.FQ.1.5. Expresar el valor de una medida usando el redondeo y el número de cifras significativas correctas.	CMCT	Est.FQ.1.5.1. Calcula y expresa correctamente, partiendo de un conjunto de valores resultantes de la medida de una misma magnitud, el valor de la medida, utilizando las cifras significativas adecuadas.
Crit.FQ.1.6. Realizar e interpretar representaciones gráficas de procesos físicos o químicos a partir de tablas de datos y de las leyes o principios involucrados.	CMCT	Est.FQ.1.6.1. Representa gráficamente los resultados obtenidos de la medida de dos magnitudes relacionadas infiriendo, en su caso, si se trata de una relación lineal, cuadrática o de proporcionalidad inversa, y deduciendo la expresión general de la fórmula.
Crit.FQ.1.7. Elaborar y defender un proyecto de investigación, aplicando las TIC.	CCL-CD-CIEE	Est.FQ.1.7.1. Elabora y defiende un proyecto de investigación sobre un tema de interés científico, utilizando las TIC.

FÍSICA Y QUÍMICA		Curso: 4º
<b>BLOQUE 4: El movimiento y las fuerzas</b>		
<b>CONTENIDOS:</b> El movimiento. Movimientos rectilíneo uniforme, rectilíneo uniformemente acelerado y circular uniforme. Naturaleza vectorial de las fuerzas. Leyes de Newton. Fuerzas de especial interés: peso, normal, rozamiento, centrípeta. Ley de la gravitación universal. Presión. Principios de la hidrostática. Física de la atmósfera.		
CRITERIOS DE EVALUACIÓN	COMPETENCIAS CLAVE	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE EVALUABLES
Crit.FQ.4.1. Justificar el carácter relativo del movimiento y la necesidad de un sistema de referencia y de vectores para describirlo adecuadamente, aplicando lo anterior a la representación de distintos tipos de desplazamiento.	CMCT	Est.FQ.4.1.1. Representa la trayectoria y los vectores de posición, desplazamiento y velocidad, así como la distancia recorrida en distintos tipos de movimiento, utilizando un sistema de referencia.
Crit.FQ.4.2. Distinguir los conceptos de velocidad media y velocidad instantánea justificando su necesidad según el tipo de movimiento.	CMCT	Est.FQ.4.2.1. Clasifica distintos tipos de movimientos en función de su trayectoria y su velocidad. Est.FQ.4.2.2. Justifica la insuficiencia del valor medio de la velocidad en un estudio cualitativo del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (M.R.U.A.), razonando el concepto de velocidad instantánea.
Crit.FQ.4.3. Expresar correctamente las relaciones matemáticas que existen entre las magnitudes que definen los movimientos rectilíneos y circulares.	CMCT	Est.FQ.4.3.1. Comprende la forma funcional de las expresiones matemáticas que relacionan las distintas variables en los movimientos rectilíneo uniforme (M.R.U.), rectilíneo uniformemente acelerado (M.R.U.A.), y circular uniforme (M.C.U.), así como las relaciones entre las magnitudes lineales y angulares.
Crit.FQ.4.4. Resolver problemas de movimientos rectilíneos y circulares, utilizando una representación esquemática con las magnitudes vectoriales implicadas, expresando el resultado en las unidades del Sistema Internacional.	CMCT	Est.FQ.4.4.1. Resuelve problemas de movimiento rectilíneo uniforme (M.R.U.), rectilíneo uniformemente acelerado (M.R.U.A.), y circular uniforme (M.C.U.), incluyendo movimiento de graves, teniendo en cuenta valores positivos y negativos de las magnitudes, y expresando el resultado en unidades del Sistema Internacional. Est.FQ.4.4.2. Determina tiempos y distancias de frenado de vehículos y justifica, a partir de los resultados, la importancia de mantener la distancia de seguridad en carretera. Est.FQ.4.4.3. Argumenta la existencia de aceleración en todo movimiento curvilíneo.
Crit.FQ.4.5. Elaborar e interpretar gráficas que relacionen las variables del movimiento partiendo de experiencias de laboratorio o de aplicaciones virtuales interactivas y relacionar los resultados obtenidos con las ecuaciones matemáticas que vinculan estas variables.	CMCT-CD-CAA	Est.FQ.4.5.1. Determina el valor de la velocidad y la aceleración a partir de gráficas posición-tiempo y velocidad-tiempo en movimientos rectilíneos. Est.FQ.4.5.2. Diseña y describe experiencias realizables bien en el laboratorio o empleando aplicaciones virtuales interactivas, para determinar la variación de la posición y la velocidad de un cuerpo en función del tiempo y representa e interpreta los resultados obtenidos.
Crit.FQ.4.6. Reconocer el papel de las fuerzas como causa de los cambios en la velocidad de los cuerpos y representarlas vectorialmente.	CMCT	Est.FQ.4.6.1. Identifica las fuerzas implicadas en fenómenos de nuestro entorno en los que hay cambios en la velocidad de un cuerpo. Est.FQ.4.6.2. Representa vectorialmente y calcula el peso, la fuerza normal, la fuerza de rozamiento y la fuerza centrípeta en distintos casos de movimientos rectilíneos y circulares.
Crit.FQ.4.7. Utilizar el principio fundamental de la Dinámica en la resolución de problemas en los que intervienen varias fuerzas.	CMCT	Est.FQ.4.7.1. Identifica y representa las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en un plano horizontal, calculando la fuerza resultante y su aceleración. Est.FQ.4.7.2. Estima si un cuerpo está en equilibrio de rotación por acción de varias fuerzas e identifica su centro de gravedad.
Crit.FQ.4.8. Aplicar las leyes de Newton para la interpretación de fenómenos cotidianos.	CMCT	Est.FQ.4.8.1. Interpreta fenómenos cotidianos en términos de las leyes de Newton. Est.FQ.4.8.2. Deduce la primera ley de Newton como consecuencia del enunciado de la segunda ley. Est.FQ.4.8.3. Representa e interpreta las fuerzas debidas a la tercera ley en distintas situaciones de interacción entre objetos.
Crit.FQ.4.9. Valorar la relevancia histórica y científica que la ley de la gravitación universal supuso para la unificación de las mecánicas terrestre y celeste, e interpretar su expresión matemática.	CMCT	Est.FQ.4.9.1. Justifica el motivo por el que las fuerzas de atracción gravitatoria solo se ponen de manifiesto para objetos muy masivos, comparando los resultados obtenidos de aplicar la ley de la gravitación universal al cálculo de fuerzas entre distintos pares de objetos. Est.FQ.4.9.2. Obtiene la expresión de la aceleración de la gravedad a partir de la ley de la gravitación universal, relacionando las expresiones matemáticas del peso de un cuerpo y la fuerza de atracción gravitatoria.
Crit.FQ.4.10. Aproximarse a la idea de que la caída libre de los cuerpos y el movimiento orbital son dos manifestaciones de la ley de la gravitación universal.	CMCT	Est.FQ.4.10.1. Aprecia que las fuerzas gravitatorias producen en algunos casos movimientos de caída libre y en otros casos mantienen los movimientos orbitales.
Crit.FQ.4.11. Identificar las aplicaciones prácticas de los satélites artificiales y la problemática planteada por la basura espacial que generan.	CCL-CSC	Est.FQ.4.11.1. Describe las aplicaciones de los satélites artificiales en telecomunicaciones, predicción meteorológica, posicionamiento global, astronomía y cartografía, así como los riesgos derivados de la basura espacial que generan.
Crit.FQ.4.12. Reconocer que el efecto de una fuerza no solo depende de su intensidad sino también de la superficie sobre la que actúa, y comprender el concepto de presión.	CMCT	Est.FQ.4.12.1. Interpreta fenómenos y aplicaciones prácticas en las que se pone de manifiesto la relación entre la superficie de aplicación de una fuerza y el efecto resultante. Est.FQ.4.12.2. Calcula la presión ejercida por el peso de un objeto regular en distintas situaciones en las que varía la superficie en la que se apoya, comparando los resultados y extrayendo conclusiones.
Crit.FQ.4.13. Diseñar y presentar experiencias, dispositivos o aplicaciones tecnológicas que ilustren el comportamiento de los fluidos y que pongan de manifiesto la aplicación y comprensión de los principios de la hidrostática aplicando las expresiones matemáticas de los mismos.	CMCT-CD	Est.FQ.4.13.1. Justifica y analiza razonadamente fenómenos y dispositivos en los que se pongan de manifiesto los principios de la hidrostática: abastecimiento de agua potable, diseño de presas, el sifón, prensa hidráulica, frenos hidráulicos, aplicando la expresión matemática de estos principios a la resolución de problemas en contextos prácticos. Est.FQ.4.13.2. Determina la mayor o menor flotabilidad de objetos utilizando la expresión matemática del principio de Arquímedes en líquidos y en gases. Est.FQ.4.13.3. Comprueba experimentalmente o utilizando aplicaciones virtuales interactivas la relación entre presión hidrostática y profundidad en fenómenos como la paradoja hidrostática, el tonel de Arquímedes y el principio de los vasos comunicantes. Est.FQ.4.13.4. Interpreta el papel de la presión atmosférica en experiencias como el experimento de Torricelli, los hemisferios de Magdeburgo, recipientes invertidos donde no se derrama el contenido, etc. infiriendo su elevado valor. Est.FQ.4.13.5. Describe la utilización de barómetros y manómetros y relaciona algunas de las unidades de medida comúnmente empleadas en ellos.
Crit.FQ.4.14. Aplicar los conocimientos sobre la presión atmosférica a la descripción de fenómenos meteorológicos y a la interpretación de mapas del tiempo, reconociendo términos y símbolos específicos de la meteorología.	CMCT	Est.FQ.4.14.1. Relaciona los fenómenos atmosféricos del viento y la formación de frentes con la diferencia de presiones atmosféricas entre distintas zonas. Est.FQ.4.14.2. Interpreta los mapas de isobaras que se muestran en el pronóstico del tiempo indicando el significado de la simbología y los datos que aparecen en los mismos.

## **Contribución de la Física para la adquisición de las competencias clave**

La enseñanza de Física y Química contribuye con el resto de las materias a la adquisición de las competencias necesarias por parte de los alumnos para alcanzar un pleno desarrollo personal y la integración activa en la sociedad.

### **1. Competencia en comunicación lingüística (CCL)**

A lo largo del desarrollo de la materia, los alumnos se enfrentarán a la búsqueda, interpretación, organización y selección de información, contribuyendo así a la adquisición de la competencia en comunicación lingüística. La información se presenta de diferentes formas y requiere distintos procedimientos para su comprensión.

Por otra parte, el alumno desarrollará la capacidad de transmitir la información, datos e ideas sobre el mundo en el que vive empleando una terminología específica y argumentando con rigor, precisión y orden adecuado en la elaboración del discurso científico de acuerdo con los conocimientos que vaya adquiriendo.

### **2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT)**

La mayor parte de los contenidos de la materia de Física y Química tienen una incidencia directa en la adquisición de las competencias básicas en ciencia y tecnología. La Física y la Química como disciplinas científicas se basan en la observación e interpretación del mundo físico y en la interacción responsable con el medio natural. En el aprendizaje de estas disciplinas se emplearán métodos propios de la racionalidad científica y las destrezas tecnológicas.

La competencia matemática está íntimamente asociada a los aprendizajes de la materia, ya que implica la capacidad de aplicar el razonamiento matemático y emplear herramientas matemáticas para describir, predecir y representar distintos fenómenos en su contexto.

### **3. Competencia digital (CD)**

La adquisición de la competencia digital se produce también desde las disciplinas científicas ya que implica el uso creativo y crítico de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación. Los recursos digitales resultan especialmente útiles en la elaboración de trabajos científicos con búsqueda, selección, procesamiento y presentación de la información de diferentes formas: verbal, numérica, simbólica o gráfica y su uso por los alumnos para este fin resulta especialmente motivador pues aproxima su trabajo al que actualmente realiza un científico.

### **4. Competencia de aprender a aprender (CAA)**

Esta competencia es fundamental para el aprendizaje que el alumno ha de ser capaz de afrontar a lo largo de la vida. Se caracteriza por la habilidad para iniciar, organizar y persistir en el aprendizaje y requiere conocer y controlar los propios procesos de aprendizaje. Las estructuras metodológicas que el alumno adquiere a través del método científico han de



servirle por un lado a discriminar y estructurar las informaciones que recibe en su vida diaria o en otros entornos académicos. Por otro lado, un alumno capaz de reconocer el proceso constructivo del conocimiento científico y su brillante desarrollo en las últimas décadas será un alumno más motivado, más abierto y entusiasta en la búsqueda de nuevos ámbitos de conocimiento.

#### 5. Competencia sociales y cívicas (CSC)

La Física y la Química contribuyen a desarrollar las competencias sociales y cívicas preparando a futuros ciudadanos de una sociedad democrática, más activos y libres. El trabajo científico permitirá dotar a los estudiantes de actitudes, destrezas y valores como la objetividad en sus apreciaciones, el rigor en sus razonamientos y la capacidad de argumentar con coherencia. Todo ello les permitirá participar activamente en la toma de decisiones sociales, así como afrontar la resolución de problemas y conflictos de manera racional y reflexiva, desde la tolerancia y el respeto.

La cultura científica dotará a los alumnos de la capacidad de analizar las implicaciones positivas y negativas que el avance científico y tecnológico tiene en la sociedad y el medio ambiente; de este modo, podrán contribuir al desarrollo socioeconómico y el bienestar social promoviendo la búsqueda de soluciones para minimizar los perjuicios inherentes a dicho desarrollo.

#### 6. Competencia de sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (CIEE)

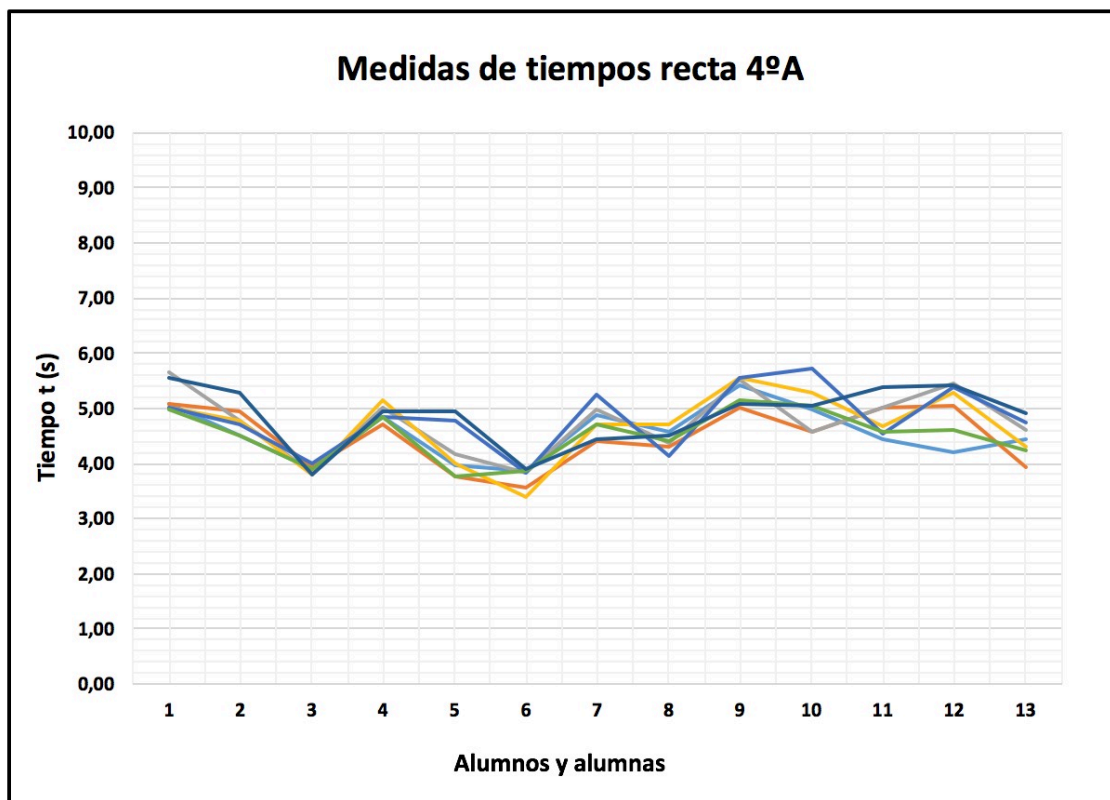
El trabajo en esta materia contribuirá a la adquisición de esta competencia en aquellas situaciones en las que sea necesario tomar decisiones desde un pensamiento y espíritu crítico. De esta forma, desarrollarán capacidades, destrezas y habilidades, tales como la creatividad y la imaginación, para elegir, organizar y gestionar sus conocimientos en la consecución de un objetivo como la elaboración de un proyecto de investigación, el diseño de una actividad experimental o un trabajo en equipo.

#### 7. Competencia de conciencia y expresiones culturales (CCEC)

Los conocimientos que los alumnos adquieren en la materia de Física y Química les permiten valorar las manifestaciones culturales vinculadas al ámbito tecnológico. En el caso de la Comunidad Autónoma de Aragón, los alumnos podrán entender, por ejemplo, la evolución de las explotaciones mineras turolenses, la tradición hidroeléctrica de los ríos pirenaicos o el diseño de las múltiples herramientas de labranza que podemos ver en museos etnológicos.

## Anexo II: Excel de datos experimentales del recorrido en línea recta.

HOJA DE MEDIDAS		CURSO 4ºA										
LINEA RECTA												
x (m)		23,38										
		Kevin Víctor	Diego Iván	Lucía Claudia	Elena Rebeca	Arturo Daniel	María Teresa	Paloma Ámbar				
Alumno/a	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t (s)	error de medida t	v (m/s)	error de medida v	
1	Teresa	5,08	5,09	5,64	5,00	5,02	4,99	5,56	5,20	0,28	4,50	0,24
2	Lucía	4,51	4,93	4,77	4,77	4,71	4,51	5,30	4,79	0,27	4,89	0,28
3	Kevin	3,91	3,93	3,83	3,80	4,00	3,91	3,80	3,88	0,08	6,02	0,12
4	María	4,85	4,72	5,03	5,16	4,86	4,85	4,95	4,92	0,14	4,75	0,14
5	Víctor	3,96	3,78	4,18	4,00	4,79	3,78	4,96	4,21	0,48	5,56	0,63
6	Arturo	3,87	3,57	3,82	3,40	3,82	3,87	3,90	3,75	0,19	6,23	0,32
7	Ámbar	4,88	4,41	4,98	4,70	5,24	4,71	4,45	4,77	0,29	4,90	0,30
8	Daniel	4,58	4,32	4,37	4,70	4,14	4,40	4,50	4,43	0,18	5,28	0,22
9	Claudia	5,43	5,02	5,52	5,55	5,54	5,16	5,07	5,33	0,23	4,39	0,19
10	Paloma	4,98	4,57	4,57	5,30	5,71	5,06	5,06	5,04	0,40	4,64	0,37
11	Elena	4,45	5,02	5,03	4,67	4,54	4,57	5,37	4,81	0,34	4,86	0,34
12	Torres	4,22	5,06	5,46	5,30	5,39	4,60	5,43	5,07	0,48	4,62	0,44
13	Diego	4,43	3,92	4,60	4,30	4,75	4,24	4,92	4,45	0,34	5,25	0,40
									Vmedia (m/s)	5,07	0,57	
									error estadístico			



**HOJA DE MEDIDAS**

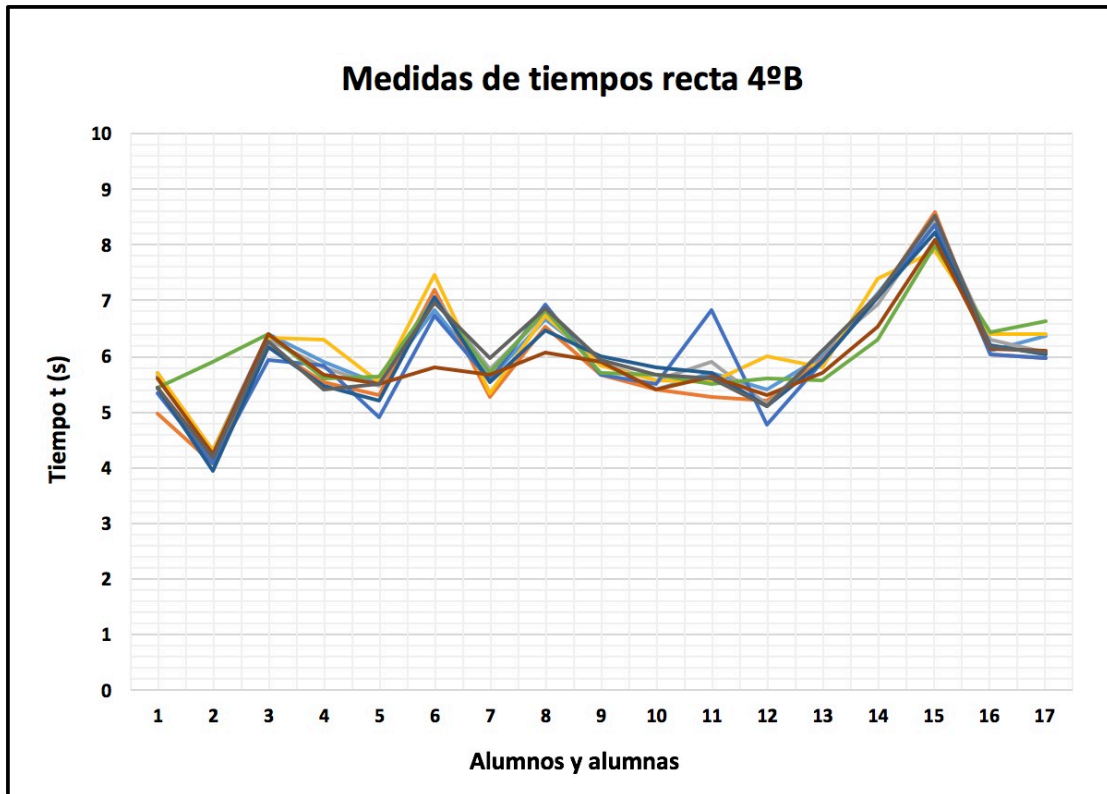
**CURSO 4ºB**

**LINEA RECTA**

**x (m) 23,38**

Alumno/a	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t (s)	error de medida t	v (m/s)	error de medida v
1 Jorge	5,63	4,96	5,69	5,69	5,33	5,45	5,45	5,60	5,45	5,47	0,23	4,27	0,18
2 Íñigo	4,32	4,07	4,18	4,32	4,07	5,91	3,96	4,25	4,18	4,36	0,59	5,36	0,73
3 Alba	6,40	6,18	6,31	6,35	5,95	6,40	6,16	6,40	6,26	6,27	0,15	3,73	0,09
4 Samuel	5,89	5,55	5,79	6,30	5,85	5,62	5,46	5,67	5,42	5,73	0,27	4,08	0,19
5 Sandra	5,50	5,31	5,48	5,55	4,90	5,64	5,22	5,50	5,50	5,40	0,23	4,33	0,18
6 María B.	6,82	7,21	7,08	7,46	6,74	7,02	7,05	5,82	6,98	6,91	0,46	3,38	0,22
7 Miguel	5,60	5,27	5,77	5,35	5,56	5,72	5,54	5,66	5,97	5,60	0,21	4,17	0,16
8 Sebastián	6,67	6,52	6,76	6,73	6,93	6,82	6,48	6,07	6,85	6,65	0,26	3,52	0,14
9 Marta	5,92	5,67	5,88	5,83	5,67	5,69	6,01	5,92	5,94	5,84	0,13	4,01	0,09
10 Paula	5,40	5,42	5,56	5,57	5,49	5,67	5,81	5,40	5,67	5,55	0,14	4,21	0,11
11 Paula E.	5,69	5,28	5,89	5,55	6,82	5,51	5,70	5,63	5,59	5,74	0,44	4,07	0,31
12 Jaime	5,40	5,20	5,13	5,99	4,77	5,62	5,11	5,30	5,11	5,29	0,35	4,42	0,29
13 Santiago	6,00	5,94	6,11	5,82	5,89	5,57	5,92	5,69	6,11	5,89	0,18	3,97	0,12
14 Laura	7,12	7,07	6,93	7,40	7,07	6,31	7,07	6,52	7,10	6,95	0,33	3,36	0,16
15 Javier	8,43	8,60	8,44	7,90	8,37	7,99	8,23	8,11	8,51	8,29	0,24	2,82	0,08
16 Cristian	6,11	6,04	6,30	6,41	6,03	6,42	6,20	6,15	6,18	6,20	0,14	3,77	0,09
17 Sergio	6,36	5,98	6,06	6,39	5,96	6,62	6,02	6,11	6,08	6,18	0,23	3,79	0,14

**V media (m/s) 4,06** error estadístico 0,55



## HOJA DE MEDIDAS

4°

### LINEA RECTA

x (m)	23,38
-------	-------

n°	Alumno/a	t (s)	v (m/s)
1	Teresa	5,20	4,50
2	Lucía	4,79	4,89
3	Kevin	3,88	6,02
4	María	4,92	4,75
5	Victor	4,21	5,56
6	Arturo	3,75	6,23
7	Ámbar	4,77	4,90
8	Daniel	4,43	5,28
9	Claudia	5,33	4,39
10	Paloma	5,03	4,65
11	Elena	4,81	4,86
12	Rebeca	5,07	4,62
13	Diego	4,45	5,25
14	Jorge	5,47	4,27
15	Íñigo	4,36	5,36
16	Alba	6,27	3,73
17	Samuel	5,73	4,08
18	Sandra	5,40	4,33
19	María B.	6,91	3,38
20	Miguel	5,60	4,17
21	Sebastián	6,65	3,52
22	Marta	5,84	4,01
23	Paula	5,55	4,21
24	Paula E.	5,74	4,07
25	Jaime	5,29	4,42
26	Santiago	5,89	3,97
27	Laura	6,95	3,36
28	Javier	8,29	2,82
29	Cristian	6,20	3,77
30	Sergio	6,18	3,79

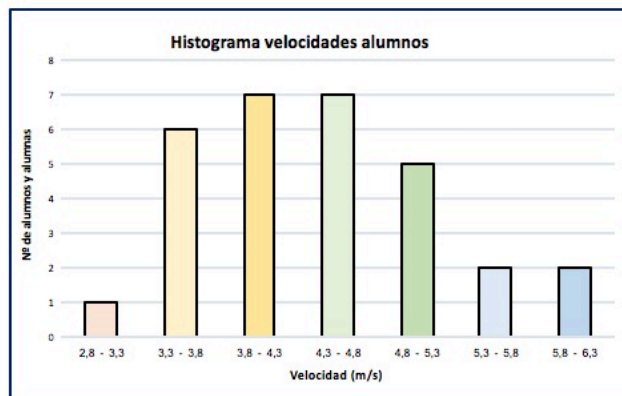
$v_{\text{media}}$ (m/s)	4,44
desv. Típica	0,79

CV	0,18
----	------

mínimo	2,82
máximo	6,23

rango 5,48      6,00  
anchura 0,57

Clase	Frecuencia
2,8 - 3,3	1,00
3,3 - 3,8	6,00
3,8 - 4,3	7,00
4,3 - 4,8	7,00
4,8 - 5,3	5,00
5,3 - 5,8	2,00
5,8 - 6,3	2,00



### Anexo III: Excel ejemplo y análisis de medidas experimentales en el circuito

#### HOJA DE MEDIDAS

##### LINEA RECTA

x (m)	23,38
-------	-------

Alumno/a	t (s)	v (m/s)
1 Jorge	5,45	4,29
2 Iñigo	3,96	5,90
3 Alba	6,16	3,80
4 Samuel	5,46	4,28
5 Sandra	5,22	4,48
6 María	7,05	3,32
7 Miguel	5,54	4,22
8 Sebastián	6,48	3,61
9 Marta	6,01	3,89
10 Paula	5,81	4,02
11 Paula E.	5,70	4,10
12 Jaime	5,11	4,58
13 Santiago	5,92	3,95
14 Laura	7,07	3,31
15 Javier	8,23	2,84
16 Cristian	6,20	3,77
17 Sergio	6,02	3,88

Velocidad media clase (m/s)	4,01
-----------------------------	------

#### RECORRIDO DE POSTAS

CURSO	4ºB
-------	-----

ALUMNOS	Paula - María
---------	---------------

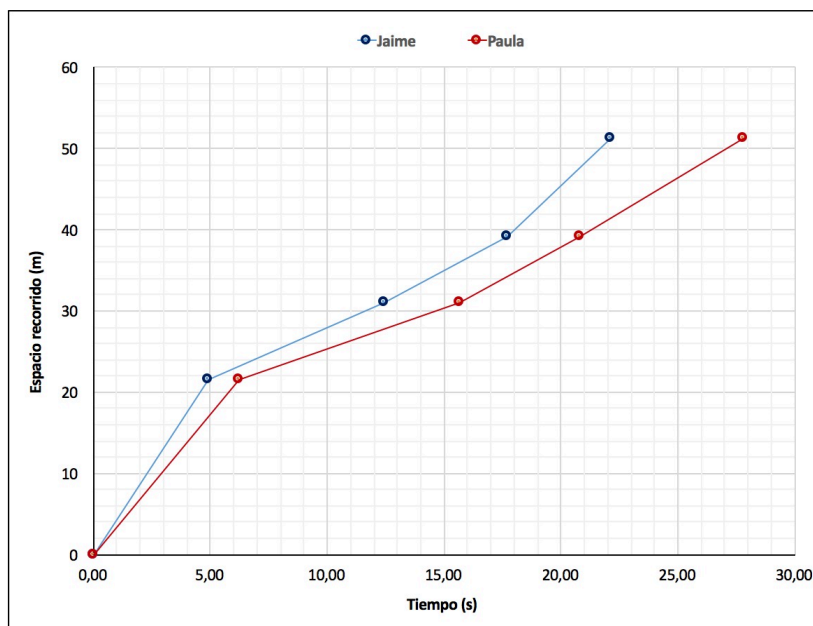
d (m)				
Posta 1	Posta 2	Posta 3	Posta 4	Total
21,60	9,46	8,01	12,25	51,32

	Tiempo (s)				Tiempo recorrido (s)	Velocidad (m/s)				Velocidad media recorrido (m/s)
	Posta 1	Posta 2	Posta 3	Posta 4		Posta 1	Posta 2	Posta 3	Posta 4	
5,59	9,89	9,06	11,77	36,31	3,86	0,96	0,88	1,04	1,41	
6,83	10,98	4,72	5,60	28,13	3,16	0,86	1,70	2,19	1,82	
6,51	6,56	6,72	7,18	26,97	3,32	1,44	1,19	1,71	1,90	
7,95	8,80	5,38	5,45	27,58	2,72	1,08	1,49	2,25	1,86	
5,90	6,59	4,95	5,39	22,83	3,66	1,44	1,62	2,27	2,25	
7,19	8,17	4,90	5,56	25,82	3,00	1,16	1,63	2,20	1,99	
6,72	12,83	7,33	5,39	32,27	3,21	0,74	1,09	2,27	1,59	
6,34	5,66	5,61	3,80	21,41	3,41	1,67	1,43	3,22	2,40	
6,85	8,00	5,40	7,52	27,77	3,15	1,18	1,48	1,63	1,85	
6,25	9,45	5,09	7,03	27,82	3,46	1,00	1,57	1,74	1,84	
5,71	5,98	6,31	8,03	26,03	3,78	1,58	1,27	1,53	1,97	
4,93	7,51	5,29	4,40	22,13	4,38	1,26	1,51	2,78	2,32	
7,41	7,50	5,02	4,54	24,47	2,91	1,26	1,60	2,70	2,10	
6,32	7,17	5,65	6,53	25,67	3,42	1,32	1,42	1,88	2,00	
8,27	8,43	6,18	4,36	27,24	2,61	1,12	1,30	2,81	1,88	
6,28	6,56	4,07	4,71	21,62	3,44	1,44	1,97	2,60	2,37	
5,69	7,64	4,06	4,85	22,24	3,80	1,24	1,97	2,53	2,31	

Velocidad media clase (m/s)	3,37	1,22	1,48	2,20	1,99
-----------------------------	------	------	------	------	------

	Jaime	Paula
d (m)	t <sub>i</sub> (s)	t <sub>f</sub> (s)
0,00	0,00	0,00
21,60	4,93	6,25
9,46	7,51	9,45
8,01	5,29	5,09
12,25	4,40	7,03

	Jaime	Paula
r (m)	t <sub>i</sub> (s)	t <sub>f</sub> (s)
0,00	0,00	0,00
21,60	4,93	6,25
31,06	12,44	15,70
39,07	17,73	20,79
51,32	22,13	27,82



## Anexo IV: Ejercicios propuestos y soluciones



Apellidos:	Nombre:	Nº.
------------	---------	-----

Asignatura:	<b>Física y Química 4ºESO / Ejercicios Física Movimiento (Temas 8-9)</b>
Profesor:	<b>Antonio López Polo</b>

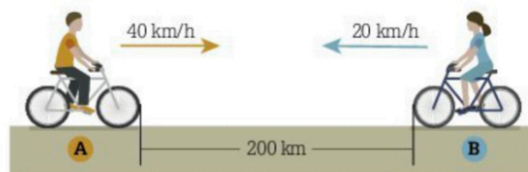
### Características generales del movimiento

- En un sistema de coordenadas cartesiano de dos dimensiones (X,Y) (como el caso de la pista del patio del colegio) se encuentra un alumno en el punto  $A=(12m,3m)$ . Transcurridos 2 segundos, el alumno se encuentra en el punto  $B=(8m,6m)$ .
  - Representa el sistema de coordenadas y los vectores posición inicial y final.
  - Dibuja el vector desplazamiento y calcula su valor (módulo del vector).
  - Suponiendo que el alumno se ha desplazado en línea recta de un punto a otro, ¿podrías representar el vector velocidad al partir del punto A?
  - En mencionado caso, calcula el valor de la velocidad media al desplazarse del punto A al punto B.
- Un atleta da una vuelta completa a una pista circular de 20 metros de radio. Calcula el valor del desplazamiento y del espacio recorrido.
- En una carrera ciclista, el primer clasificado invirtió un tiempo de 14 minutos y 30 segundos en recorrer una distancia de 12,5 km, mientras que el segundo clasificado tardó 45 segundos más que el primero. Calcula la velocidad media de cada uno (expresa el resultado en m/s y km/h).
- Un coche sale de su aparcamiento y avanza 300 m en 12 s por una calle recta, hasta pararse 45 s en un semáforo en rojo. A continuación, arranca de nuevo, avanza 750 m y aparca, tardando 82 s.
  - Calcula la velocidad media del recorrido en m/s y km/h.
  - ¿Cuál es la velocidad instantánea del coche al minuto de emprender el movimiento? ¿Y a los 30 segundos?
- Una motorista sale de una ciudad A a las 12:00h y llega a una ciudad B a las 14:45h. Aquí se detiene para comer. A las 16:00h, la motorista continúa su marcha y llega a una ciudad C a las 17:15h. La distancia de A a B es de 230km, y la de B a C de 105km.
  - Representa la gráfica del movimiento (posición en función del tiempo).
  - Calcula la velocidad media del viaje de A a B y exprésala en m/s y km/h.
  - Halla la velocidad media de todo el recorrido y exprésala en m/s y km/h.
  - ¿Podría conocer la motorista su velocidad instantánea en cualquier momento del recorrido? Razona tu respuesta.



## Movimiento rectilíneo uniforme (MRU)

6. Un excursionista observa un relámpago y 8 segundos más tarde oye el trueno asociado. ¿A qué distancia se encontrará la tormenta si la velocidad de propagación del sonido es aproximadamente 340 m/s? Si al cabo de un rato, vuelve a observar otro relámpago, y esta vez tarda 5 segundos en escuchar el trueno, ¿se estará acercando o alejando la tormenta? Calcula la nueva distancia.
7. Un avión vuela a una velocidad constante de 848 km/h. Calcula la distancia que recorre en 3 horas y media. ¿Cuánto tardará en llegar este avión desde Madrid (España) hasta Buenos Aires (Argentina) si la distancia que los separa es aproximadamente 10.045 km?
8. Dos vehículos A y B, parten al mismo tiempo del mismo punto con velocidades respectivas de 20 m/s y 30 m/s. ¿Qué distancia los separa al cabo de 4 segundos?
  - a. Si circulan en el mismo sentido.
  - b. Si circulan en sentidos opuestos.
9. Un viajero llega tarde al puerto y pierde el barco que tenía que coger. Este ha partido hace una hora y se encuentra navegando a una velocidad constante de 40 km/h. El viajero no se rinde y decide contratar los servicios de una embarcación a motor que navega a 60 km/h.
  - a. ¿A qué distancia de la costa alcanzará el barco?
  - b. ¿Qué tiempo necesitará para ello?
10. Dos vehículos, A y B, parten uno al encuentro del otro desde dos ciudades separadas entre sí 1500 m. El vehículo A se desplaza a 72 km/h, y el B, a 93,6 km/h. Calcula:
  - a. El tiempo que transcurre hasta que se encuentran.
  - b. El punto en el que se encuentran.
11. Un vehículo parte de un punto con una velocidad de 20 m/s. Si 1 minuto más tarde otro vehículo parte en su persecución a 30 m/s, ¿cuánto tardará en darle alcance?
12. Dos ciclistas salen al mismo tiempo de dos ciudades, A y B, separadas por una distancia de 200 km. El primer ciclista sale de A hacia B a una velocidad constante de 40 km/h. El segundo sale de B hacia A a una velocidad constante de 20 km/h.
  - a. Calcula en qué punto y en qué instante se encuentran.
  - b. Representa en una gráfica posición-tiempo el movimiento de los ciclistas.





**Soluciones ejercicios**

1. b) 5 m d) 2,5 m/s
2. Desplazamiento: 0 m, Espacio recorrido: 125,66 m
3. Primero: 14,36 m/s = 51,72 km/h, Segundo: 13,66 m/s = 49,18 km/h
4. a) 7,55 m/s = 27,18 km/h b) No la podemos saber, 0 m/s
5. b) 23,23 m/s = 83,64 km/h c) 17,73 m/s = 63,81 km/h
6. 2720 m, 1700 m
7. 2968 km, 11 h 51 min
8. a) 40 m b) 120 m
9. a) 120 km b) 2 h
10. a) 32,6 s b) 652 m del origen de A
11. 2 min
12. a) 3 h 20 min, 133,2 km del origen de A

## Anexo V: Prueba de evaluación de contenidos (examen)

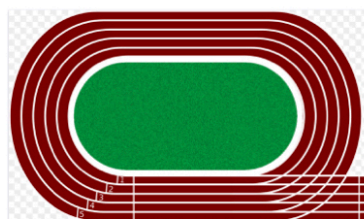
Apellidos:	Nombre:	Nº.
------------	---------	-----

Asignatura:	Física y Química 4ºESO / Examen Física (Características movimiento y MRU).
Profesor:	Alejandro Villanueva Guerrero

1.- (0,75 puntos) ¿Qué es un **sistema de referencia** y por qué es imprescindible para describir el **movimiento** de un móvil? Utiliza un ejemplo para ayudarte en la explicación.

2.- (1 punto) ¿Cuál es la diferencia entre los conceptos **espacio recorrido** y **desplazamiento** a la hora de hablar del movimiento de un móvil?

- Si un atleta realiza una vuelta completa a la pista de atletismo (400 metros) más la recta de los 100 metros lisos para completar la carrera de 500 metros, ¿cuál es el valor del espacio recorrido por el atleta? ¿Y su desplazamiento?



3.- (1 punto) Explica con tus propias palabras la diferencia que existe entre los conceptos **velocidad instantánea** y **velocidad media**.

4.- (1,5 puntos) Un coche sale de su aparcamiento y avanza 500 metros en 40 segundos por una calle recta, hasta pararse en un semáforo en rojo en el que permanece parado durante 25 segundos. A continuación, arranca de nuevo, avanza 850 metros y se detiene, tardando 70 segundos en recorrer este tramo.

- Calcula la velocidad media de todo el recorrido en m/s y km/h.
- ¿Cuál es la velocidad instantánea del coche al minuto de emprender el movimiento? ¿Y a los 30 segundos?

5.- (1 punto) El tren de Alta Velocidad Española (AVE) de Renfe viaja a una velocidad media de 240 km/h. ¿Cuánto tiempo tardará en llegar desde Madrid hasta Barcelona si la distancia que los separa a lo largo de las vías del tren es aproximadamente 600 km?

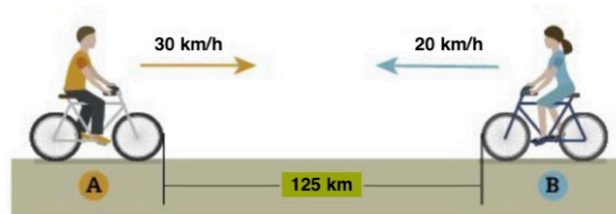


**6.- (2 puntos)** En un sistema de coordenadas cartesiano de dos dimensiones (X,Y) (como el caso de la actividad realizada en la pista de baloncesto del colegio), se encuentra un alumno inicialmente en el punto A=(3m,8m). Transcurridos 4 segundos, el alumno se encuentra en el punto B=(11m,2m).



- Representa el sistema de coordenadas y los vectores posición inicial y final.
- Dibuja el vector desplazamiento y calcula su valor (módulo del vector).
- Suponiendo que el alumno se ha desplazado en línea recta del punto A al punto B, calcula el valor de la velocidad media a la que ha realizado el movimiento.
- Si una vez llegado al punto B, el alumno empezara a correr hacia un punto C=(11m,7m) con una velocidad de 2 m/s, ¿podrías representar el vector velocidad al partir del punto B?

**7.- (2,75 puntos)** Dos ciclistas salen al mismo tiempo de dos ciudades, A y B, separadas por una distancia de 125 km. El primer ciclista sale de A hacia B a una velocidad constante de 30 km/h. El segundo sale de B hacia A a una velocidad constante de 20 km/h.



- Calcula en qué punto y cuándo se encontrarán los ciclistas, indicando cuál es el sistema de referencia que utilizas para ello.
- Representa en una gráfica posición-tiempo el movimiento de los ciclistas, indicando si existe algún punto de especial interés.
- Supongamos que la ciclista que sale de B, en vez de ir hacia A, decide moverse hacia la derecha llevando el mismo sentido de movimiento que el ciclista que parte de A. En este caso, ¿cuánto tardaría el ciclista A en alcanzar a la ciclista B? ¿A qué distancia lo lograría?

**Consejo:** emplea la ecuación del movimiento rectilíneo uniforme (MRU) para resolverlo.

## Anexo VI: Valoraciones del proyecto docente por parte del alumnado

En este anexo se presentan las transcripciones de las valoraciones escritas por todos los alumnos al finalizar el desarrollo del proyecto:

- ✓ *“Me ha parecido una forma más dinámica y divertida de dar física, y a los alumnos nos ha motivado más a la hora de aprenderla y estudiarla, ya que se puede hacer una asignatura difícil y con actividades como esta relacionadas al día a día es más fácil de entender”.*
- ✓ *“Me ha gustado mucho que mezclara algo tan dinámico como el deporte con la física que a nuestra edad nos puede parecer un poco aburrida si no se explica de manera correcta. También valoro mucho la atención personificada que ha tenido con los alumnos que tenían dudas, y que el examen fuera similar a los ejercicios realizados en clase. Espero que tenga mucha suerte en su futuro como profesor”.*
- ✓ *“Me ha resultado muy fácil entender las explicaciones, gracias a las gráficas y actividades en el patio. También, en mi opinión, me ha parecido que las clases no se han hecho largas y el examen de acuerdo al nivel”.*
- ✓ *“Me ha gustado que con la actividad el patio ha hecho la clase más didáctica, además que el tema explicado se me ha pasado muy rápido y no me he aburrido en las clases. No me ha gustado que a veces al estar tantas personas en clase no era posible interactuar con todos a la vez”.*
- ✓ *“Me ha parecido muy interesante la actividad del patio para entenderlo mejor, explica muy bien y me ha quedado todo claro. Eres muy grande.”.*
- ✓ *“Me ha gustado bastante. Es una forma diferente de hacer las clases más dinámicas y menos monótonas. Es una idea nueva que está bastante bien y te puede ayudar a entender algunas cosas mejor”.*
- ✓ *“Tus clases son las que realmente merecen la pena. Consigues hacer las explicaciones más amenas y que no tengamos que aprender la teoría de memoria, sino con nuestras palabras”.*
- ✓ *“Me ha gustado que hayas usado un método diferente para dar una unidad, es algo que realmente se agradece ya que no solo lo hace más divertido, sino que te ayuda a entenderlo mejor, y a verlo aplicado al mundo”.*
- ✓ *“La verdad no entendía mucho lo de los vectores, pero después de bajar al patio a hacer esas actividades y ponerlas de ejemplo para hacer ejercicios me queda todo más claro. Eres muy majo y te has comportado muy bien con nosotros y de verdad gracias por eso”.*
- ✓ *“Creo que fue una buena experiencia que además sirvió para entender mejor los conceptos explicados en clase. Pienso que se deberían hacer cosas así más a menudo, ya que ayuda a entender los conceptos después”.*
- ✓ *“Me ha parecido un buen profesor, explica muy bien”.*

- ✓ *“Me ha gustado mucho su forma de explicar y cómo se involucraba con nosotros. También me gustó mucho la práctica del primer día de correr en el patio. No tengo ninguna queja”.*
- ✓ *“Explica bien, y resuelve las dudas. La actividad del patio fue entretenida”.*
- ✓ *“En mi opinión ha sido muy creativo y estaría bien tener más clases así. Pero tendríamos que saber calcular con Excel”.*
- ✓ *“Me ha parecido una buena manera de aprovechar la clase, ayudándonos de una entretenida sesión de atletismo”.*
- ✓ *“Me ha parecido una muy buena manera de aprender de forma más práctica. Además, las cosas se entienden de forma más clara que haciendo teoría en la pizarra. Por otra parte, pienso que hemos ido muy rápido con los temas y que tendríamos que haber dedicado un poco más de tiempo”.*
- ✓ *“Explica de una manera clara y lo escribe todo para que lo podamos entender mejor. Me ha parecido un buen método, y me han quedado claros los conceptos”.*
- ✓ *“Positivas: explica muy bien, tiene mucha creatividad, hace ejemplos muy prácticos. Negativas: no tiene ninguna”.*
- ✓ *“Me lo pasé bien y fueron amenas las clases”.*
- ✓ *“Me ha gustado su paso por aquí ya que explica muy bien y lo entendía bien. Me gustó mucho la actividad del patio, me pareció entretenida y a parte fue una clase distinta, pero a bien”.*
- ✓ *“Estuvo chulo”.*
- ✓ *“Teoría explicada de forma clara y el docente ha estado abierto a todo tipo de dudas. Puntualidad buena, pero erra de tener demasiada paciencia en la realización de los exámenes, prestando demasiada atención a las dudas. Las clases del recreo fueron dinámicas e interactivas, perfectamente compatibles con el temario y mis compañeros lo agradecen. En general, buena experiencia que nos ha enriquecido a todos”.*
- ✓ *“Me han gustado las clases porque Alejandro explica muy bien y se relaciona con los alumnos”.*
- ✓ *“Creo que no me habría hecho falta la primera práctica en el recreo debido a que Alejandro explica muy bien y entendí los conceptos sin necesidad de lo del primer día. Me gustó mucho que se esforzara en aprender nuestros nombres, porque demuestra que tenía interés por nosotros y nuestro aprendizaje. Explica muy bien y creo que el examen me salió muy bien”.*
- ✓ *“Me ha parecido una manera más divertida y más amena de poder aprender”.*
- ✓ *“Como profesor me ha gustado muchísimo su manera de explicar, ya que no se iba por las ramas y sabía cómo manejar cada momento. Me parecen muy buenas clases y sobre todo el experimento en el patio, ya que a mí me cuesta bastante analizarlo en clase. Se me ha hecho mucho más fácil. Será un gran profesor. Suerte Alejandro”.*

- ✓ *“La actividad me ha parecido interesante ya que es una nueva forma de aprender y nos saca de la rutina de toda teoría en clase. Además, los conceptos yo los he entendido muy bien, aunque al principio iba un poco agobiado. El profesor explica muy bien y es agradable”.*
- ✓ *“Es muy cercano, ayuda a que los alumnos participen”.*
- ✓ *“El profesor es muy majo y me encanta cómo da la clase, en verdad yo he estado muy despistada, o sea que no atendía porque pensaba en mis cosas o me dormía, pero eso no era culpa suya sino mía. Pero a pesar de eso he aprobado el examen y creo que con buena nota porque me salió genial, menos el ejercicio siete que no me acordaba de la ecuación esa por no haber estado atenta supongo, Espero que se saque bien el máster”.*
- ✓ *“Me ha gustado todo”.*
- ✓ *“Positivas: da las clases de manera lúdica (haciendo actividades como la del patio), Explica bien las lecciones, tratando de responder a todas las preguntas. Es capaz de ser un buen profesor, es muy amable. Negativas: a veces se alargaba en la respuesta de una persona. Tendría que ser algo más duro para evitar que hablemos todos a la vez (nosotros también tenemos la culpa). Personalmente pienso que las actividades de Excel no eran necesarias, me han gustado, pero opino que podrían haber sido omitidas por otras clases para hacer ejercicios”.*
- ✓ *“Ha sido muy interesante. Las actividades que ha preparado son interesantes. Explica bien”.*
- ✓ *“Me ha gustado la manera en la que nos ha dicho que nos aprendamos las definiciones, porque al ser con nuestras palabras no tenemos que memorizar nada, era sólo entender y así en el examen te salían solas las definiciones porque claro, las habías hecho tú mismo. También me ha gustado hacer física de una manera tan dinámica como haciendo deporte y saliendo del aula. Es una manera muy positiva de aprender y de ejercitarse un poco. No me ha disgustado nada. Serás un buen profesor”.*
- ✓ *“En el examen entró todo lo que habíamos dado. Algunas clases de teoría fueron repetitivas. Las clases en el patio fueron muy divertidas e innovadoras”.*
- ✓ *“Me ha gustado mucho la actividad, porque química no me gustó nada y pensaba que la física tampoco me gustaría, pero me ha parecido muy buena forma de explicarla. Incluso me he llegado a plantear, después de todo lo que me habéis dicho, si elegir finalmente Ciencias o Letras, así que muchas gracias, de todo se aprende. También me ha parecido que ponía mucho interés en nosotros y en que aprendiésemos. Si tu propósito es ser profesor, bajo mi criterio llegarás lejos”.*

## **Anexo VII: Entrevista con el tutor del centro educativo**

En este anexo presenta la transcripción de una entrevista realizada al tutor del centro, Antonio López, a fecha de 9 de febrero de 2018, prácticamente ocho meses después del desarrollo del proyecto con el grupo:

***Buenos días Antonio, vamos a comenzar la entrevista para conocer tu opinión respecto al desarrollo del proyecto de cinemática realizado el curso pasado, y saber cómo han evolucionado los chicos durante este tiempo. En primer lugar, ¿cómo valoras la experiencia en general?***

*Hola Alejandro. En mi opinión, la experiencia fue muy positiva porque el enfoque original del proyecto, que es como se está dando la cinemática en secundaria, y como la forma de darla influye en las selecciones posteriores que hacen los alumnos, en cuanto a optativas o incluso hacia su orientación profesional, era un tema que a mí me interesaba mucho y al centro también. Entonces ese enfoque que has hecho en el proyecto es muy interesante porque lo que se plantea es intentar ver desde otro punto de vista como se puede abordar el estudio de la cinemática. De entrada, me parece muy interesante y en el desarrollo, como imagino que luego a lo largo de las preguntas veremos, yo creo que también ha sido muy interesante, tanto en el momento de hacerlo con los chicos y como los chicos han disfrutado más de esta manera que de la forma tradicional que se da, como también en la forma que estos chicos han evolucionado en el curso posterior, que es este.*

***¿Consideras que mereció la pena invertir un mayor tiempo en comparación con la metodología tradicional en la introducción de los conceptos de la cinemática?***

*Sí, y además es curioso porque al principio cuando se plantea algo así quizás da un poco de pereza porque hay que invertir muchísimo tiempo en cosas que aparentemente no están directamente relacionadas con lo que se suele hacer en cinemática en clase. Sin embargo, a posteriori ves que ese tiempo invertido merece la pena, porque permite que los conceptos se asienten mucho mejor.*

***Por tanto, como profesor del grupo, ¿crees que los alumnos aprendieron mejor con una experiencia como esta, quedaron más satisfechos con este método?***

*Está la opinión subjetiva de ellos, que me consta que es así, que les gustó mucho, pero no solamente eso, sino que en este curso hicimos una prueba inicial consistente en ver los conocimientos que estos chicos tenían en la asignatura de Física y Química en comparación con alumnos que venían de otros centros a primero de bachillerato y que por tanto no habían realizado la experiencia. Y entonces los resultados son muy interesantes porque se aprecia claramente, a pesar que los alumnos que vienen de fuera son alumnos que entran por nota y, por lo tanto, desde el punto de vista académico, en principio son alumnos con un rendimiento superior por lo menos en promedio, sí que se ve que los conocimientos de cinemática son comparables e incluso, en algunos aspectos concretos como la idea de sistema de referencia, claramente los alumnos que habían trabajado con esta experiencia se manejaban mucho mejor con la idea de que pueden existir diferentes sistemas de referencia, y de la relación que hay entre un sistema de referencia y otro, es decir, la idea de sistema de referencia*



*inercial. En la resolución de los ejercicios los alumnos ponen especial detalle en fijar un sistema de referencia a partir del cual describir todo el movimiento, fijando las unidades en los ejes de coordenadas y descomponiendo los vectores. Aspectos que justamente eran aquellos que eran más importantes cuando los trabajaste con ellos.*

***En relación a esa prueba inicial y el presente curso, cuando los alumnos finalizaron el curso pasado tuvieron que escoger una modalidad de bachillerato, ¿crees que de algún modo esta actividad pudo aumentar el interés hacia la Física de aquellos que estaban en duda?***

*Yo creo que sí, hubo personas que no lo tenían claro que pensaban en principio que a lo mejor todo lo que es la rama de ciencias no era la que más les gustaba, que a raíz de esta experiencia le perdieron un poco el miedo, yo creo que sí que pudo animar a alguno de los chicos. Porque ellos recuerdan esa parte de la asignatura con cariño y agrado, recuerdan que fueron unas clases que les gustaron, a pesar de que al principio les parecía un poco raro el hacer física en el campo de baloncesto y luego utilizar la Excel, pero lo recuerdan como algo muy interesante, les gustó. Por lo que yo creo que sí que pudo abrir alguna puerta a que escogieran la modalidad científica en el bachillerato.*

***Tal y como has comentado con respecto a la prueba inicial, ¿destacar algún aspecto interesante que haya marcado la diferencia entre los alumnos que realizaron la experiencia y aquellos procedentes de otros centros?***

*El tema del sistema de referencia es el más significativo. En otros aspectos lo que ves es que están a la par, pese a que los que vienen de fuera tienen una nota mayor. Lo normal sería que los procedentes de fuera fuesen mejor, pero no es así, en la Física presentan un nivel similar.*

***¿Cómo han evolucionado entonces los alumnos en sus estudios de Física?***

*Acabamos de empezar con la Física puesto que hasta ahora hemos estado con la parte de Química correspondiente a la asignatura. Estamos empezando a ver la idea de vectores desplazamiento, posición... pero desde un punto de vista más tradicional. Hay un dato curioso, aunque quizás no sea significativo desde el punto de vista estadístico, pero las dos clases que llevo este año preguntan mucho. Normalmente las preguntas se reparten entre todo el grupo por igual, sin embargo, en la parte de cinemática me estoy fijando que sobre todo las preguntas que tienen que ver con el sistema de referencia, con posición y trayectoria, son mucho más frecuentes en los alumnos que vienen de fuera. Los alumnos que hicieron la experiencia están preguntando menos, y la impresión que da por sus caras cuando explico en la pizarra es que ven de un modo natural lo que estamos viendo, pese a que el tratamiento que hicimos está muy lejos de la metodología tradicional que estoy empleando en bachillerato, más basado en la explicación de los vectores y límites para llegar a la idea de la velocidad como derivada. Pero les resulta muy familiar, es curioso, como si esas horas que dedicamos en esas clases hayan bajado la energía de activación en ese proceso, hay que dar un salto conceptual muy grande en estos conceptos, y para estos alumnos les está resultando más natural, no es tan grande.*

***Esto que comentas es muy interesante Antonio...***

*Sí, de hecho, si a mí antes de realizar este proyecto me hubieran preguntado qué es lo que se debe hacer en cuarto curso con los alumnos para prepararles de cara que los alumnos se manejen matemáticamente con los vectores y derivadas en bachillerato, hubiera dicho que eso mismo, trabajar los vectores y la cinemática desde el punto de vista tradicional. Pero lo que hicimos fue muy diferente, partimos de la impresión del cuerpo humano, de cómo sentimos el movimiento y luego el tratamiento estadístico que es algo muy lateral. Sin embargo, por ejemplo, en el tema de la velocidad media... hubo un alumno que cuando presenté la definición de velocidad a partir del límite me dijo que esa era la velocidad instantánea y que era abstracta, algo que no podíamos medir, pero a la que nos aproximábamos con el cálculo de la velocidad media. Un poco la conclusión final es que ese salto del cálculo de los problemas típicos de velocidad media al paso de los límites-derivadas que se realiza en el bachillerato, mediante el proyecto que realizaron les ha resultado más llevadero.*

***Una última pregunta para terminar, ¿cómo tienes pensado abordar la cinemática en cuarto curso este año?***

*Pues voy a intentar hacer algo bastante parecido a lo que hicimos. El problema es que este año voy a empezar antes de que vengan estudiantes de prácticas por lo que hacerlo solo resultará más complicado, a ver hasta dónde puedo llegar. Pero vamos la idea que llevo es repetir un poco el proceso, yo creo que merece la pena, cambiaré algún aspecto para probar cosas nuevas pero la idea de grabar el movimiento me parece muy interesante, y la idea de utilizar las medidas experimentales para hacer un tratamiento estadístico también, y luego a partir de ahí empezar a abstraer hasta donde lleguemos.*

***Con esta última pregunta podemos dar por cerrada la entrevista. Muchísimas gracias por tu tiempo y colaboración. Como siempre, un placer Antonio.***

*No hay de qué Alejandro, espero haberte podido ayudar. Nos vemos pronto.*