



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

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

Especialidad de Física y Química

Cinemática con mi cuerpo

Kinematics with my own body

Autor

Ana del Molino Bello

Directoras

Ana de Echave Sanz

Belén Sánchez – Valverde García

FACULTAD DE EDUCACIÓN

2018

CONTENIDO

1	Introducción.....	3
1.1	La docencia y yo	3
1.2	Ciencias físicas en la Educación Secundaria.....	4
2	Fundamentación teórica.....	5
2.1	Planteamiento del problema	5
2.2	Marco y fundamentación teórica.....	7
2.3	Actividad física como punto de partida para el estudio de la física	11
3	Cuestiones iniciales y objetivos del proyecto.....	12
4	Metodología del proyecto	16
4.1	Contexto de los grupos y calendario.....	16
4.2	Diseño de las sesiones del proyecto	17
4.3	Desarrollo del proyecto.....	20
4.3.1	Sesión de presentación	20
4.3.2	Actividad deportiva	23
4.3.3	Análisis de los resultados (Aula de informática – Excel).....	26
4.3.4	Obtención de resultados y conclusiones	29
5	Resultados y evaluación	32
5.1	Evaluación del proyecto por parte del alumnado.....	32
5.2	Evaluación del grupo	34
6	Conclusiones.....	36
7	Referencias	38

1 INTRODUCCIÓN

1.1 La docencia y yo

La idea de la docencia siempre ha estado presente entre mis opciones de futuro desde el momento en el que, durante los últimos cursos de secundaria, has de ir eligiendo la vía que quieres seguir para afrontar la etapa universitaria. Por qué escogí Física o el máster de profesorado son dos de las preguntas que más me ha hecho mi entorno, y para las que no tengo una respuesta concreta.

Durante los últimos años en el instituto tuve dos profesores realmente buenos, ahora ya jubilados, tanto en física como en matemáticas, y fueron quienes me hablaron de la Física como una opción a la que dedicar los próximos años. El hecho de trabajar desde el segundo año de carrera impartiendo clases de repaso y refuerzo, y ver como en alguno de mis alumnos conseguía que dejaran de lado su aversión a las ciencias, me hizo darme cuenta de la verdadera capacidad que puede tener un docente sobre sus alumnos. Además, la proliferación de la divulgación científica, presentando de forma sencilla y apta para la población en general conceptos tan poco alcanzables a priori, me abrió un poco más las puertas del mundo de la enseñanza. ¿Por qué no podría hacer yo algo parecido, pero con una clase?

Sin duda, una de las razones que me empujaron a escoger el máster de profesorado fue mi defensa del trabajo de fin de grado en Ciencias. Aún habiendo escogido un tema complicado y quizás un poco especulativo (física teórica, la inflación y el multiverso), el tribunal valoró de forma positiva mi exposición del tema, haciendo especial mención a la capacidad de transmisión que había demostrado, llegando a decir que podría ser una gran divulgadora.

Por ello, cuando se presentó la oportunidad durante el máster de trabajar con los alumnos de forma diferente a lo que había visto hasta ahora e introduciendo también el deporte como punto de partida para el estudio de la Física, no tuve que pensarlo mucho. Repetir la experiencia de Alejandro (Villanueva, 2018) en un contexto totalmente diferente nos permitiría seguir investigando si realmente resulta más significativo enseñar de esta forma respecto al método tradicional, al que los alumnos están acostumbrados.

1.2 Ciencias físicas en la Educación Secundaria

Las ciencias físicas o la Física, aparece por primera vez como asignatura propia en el segundo ciclo de la Educación Secundaria, si bien algunos conceptos e ideas se trabajan en los cursos anteriores. Para muchos autores, la inclusión de la Física en la Educación Obligatoria es una necesidad, debido, entre otros motivos, a lo que el aprendizaje de la ciencia supone para los alumnos. Permite desarrollar capacidades relacionadas con la ciencia y la tecnología, tan en auge en la sociedad actual.

Aunque son diversos los autores que confirman la necesidad de la enseñanza de las ciencias desde los primeros niveles educativos, y como Graduada en Física no puedo estar más de acuerdo, el problema que nos encontramos es la forma en la que se enseña y enseñamos ciencias en las escuelas, así como qué contenidos enseñamos.

En relación con cómo enseñamos, resulta imprescindible que exista un buen canal de comunicación entre los alumnos y el profesor (De Pro A. , 2003). Esto implica que los alumnos trabajen en un entorno que les permita explicar, justificar, describir y argumentar sin miedo al error, y en el que el profesor reoriente sus ideas alternativas alejadas en ocasiones de la realidad científica, sin abusar de dar la respuesta correcta en cuanto detecta algún error. Esta situación permite lograr un aprendizaje realmente significativo, en el que el alumno sea capaz de entender e interpretar los fenómenos que ocurren a su alrededor.

Sin embargo, la realidad en las aulas es distinta. En muchas ocasiones se encuentra alumnado que simplemente memorizan conceptos y mecanizan resoluciones de problemas para “aprobar la asignatura”, a pesar de que la mente humana no está preparada para retener grandes cantidades de información de forma literal (Pozo & Gómez Crespo, 2010). Consecuencia añadida de cómo se plantea la física desde los libros de texto o desde el propio currículo, que pone especial interés en el tratamiento matemático y que, en algunos puntos, no se corresponde con el nivel de trabajo en la asignatura de matemáticas, generando mayor dificultad para comprender la física para los estudiantes.

Por otra parte, ¿qué física deberíamos enseñar en las aulas de secundaria? Tradicionalmente cualquier disciplina se basa en la evolución histórica a la hora de ir

introduciendo nuevos conceptos, y la física escolar no ha sido diferente. Sin embargo, la física ha evolucionado enormemente desde la Grecia Antigua hasta nuestros días, y resulta sorprendente que descubrimientos como el principio de Arquímedes o la reflexión de la luz sean aún considerados como grandes logros de la física, que sin duda lo fueron (De Pro & Saura, 2001). Dada la disponibilidad de información que tienen los alumnos ahora, las posibilidades de enseñanza de la física (y de las ciencias en general) son muy superiores a las de hace unos años, y se puede profundizar en temas de actualidad acerca de experimento o fenómenos que puedan generar mayor interés por la ciencia que resolver los mismos problemas año tras año. Esto no quiere decir que olvidemos la física clásica, resulta imprescindible su comprensión para poder avanzar hacia conceptos más elaborados, pero ¿no será que se apuesta por la *física segura*, aquella sencilla y asequible tanto para el profesorado como para los alumnos, pero alejada de la realidad en la que vivimos? (De Pro A. , 2003) Si el estado de la investigación científica ha cambiado en el último siglo, ¿no deberían cambiar los conocimientos que se comparten con los alumnos de secundaria?

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Planteamiento del problema

La Física se sitúa como una de las ramas de las ciencias capaz de dar respuesta a infinidad de preguntas sobre el mundo que nos rodea, cómo está formada la materia o cuáles son las leyes que gobiernan el universo que habitamos. Estudia desde el comportamiento de las partículas en el mundo microscópico hasta el movimiento de grandes planetas o agujeros negros, pasando por explicar el origen del universo, permitiendo tanto predecir la climatología de la próxima semana como controlar la radiación necesaria para eliminar un cáncer. Sin embargo, pese a que a los que nos hemos decidido por el estudio de esta ciencia nos resulte altamente interesante cualquiera de las ramas dentro de la Física, la realidad en las aulas es bien distinta. Los estudiantes de secundaria tienden rápidamente a perder el interés por la ciencia en general y por la física en particular porque les parece una materia altamente complicada

y aburrida, pero sobre todo porque no encuentran utilidad fuera del espacio de clase (Sobles, Montserrat, & Furió, 2007).

Uno de los objetivos personales que me marqué en mi paso por el prácticum en el centro Santa María del Pilar – Marianistas fue intentar hacer ver a mis alumnos la utilidad de la física en la vida cotidiana y alejar la imagen del científico con bata blanca encerrado en un laboratorio. Aunque el periodo de prácticas es breve, y el cambio metodológico que podemos introducir en las aulas no es muy significativo, podía conseguir generar cierto interés en ellos hacia la ciencia.

De la observación de los alumnos con los que tengo la oportunidad de trabajar y de los trabajos o exámenes que han de resolver se extrae algo que parece ser muy común en las aulas actuales, según algunos artículos: los estudiantes memorizan y mecanizan la teoría y los problemas que deben realizar. Sin embargo, el ser humano no está preparado para aprender de esta manera, no somos capaces de memorizar tal cantidad de información (Pozo & Gómez Crespo, 2010), sino que necesitamos comprender, desmenuzar la información para hacerla nuestra.

Por ello, el proyecto llevado a cabo intenta que los alumnos no memoricen las fórmulas o los conceptos, sino que los aprendan a base de aplicarlos en situaciones sencillas y que puedan encontrarse en la vida cotidiana. Partiendo de conceptos e ideas que ya han sido trabajadas durante el curso, se les propone a los alumnos una sencilla sesión experiencial en la que tengan la oportunidad de ser parte activa mediante una actividad física. Durante esta sesión tendrán la experiencia de ser sujetos de un experimento, podrán comportarse como investigadores al tener que realizar sus medidas y conocerán, en las sesiones posteriores, cómo trabajar con sus propios datos.

En concreto, el proyecto enmarca dentro de la parte de cinemática y el movimiento rectilíneo, trabajando con conceptos como velocidad media e instantánea, distancia recorrida y trayectoria, e intentando relacionar la estadística trabajada en la asignatura de matemáticas con el quehacer científico a la hora de trabajar con datos experimentales.

2.2 Marco y fundamentación teórica

Desde hace muchos años el aprendizaje de las ciencias, así como de otras materias, se centra en la transmisión de unos conocimientos que los alumnos deben memorizar y repetir de forma íntegra en las pruebas escritas. En el marco social en el que vivimos existe una tendencia general a preocuparse por la educación en cualquiera de sus niveles, siendo el objetivo principal garantizar una educación de calidad al alcance de todos que permita preparar a las nuevas generaciones para la sociedad cambiante en la que viven. Algunos autores (Latorre, 2003) remarcan la necesidad de docentes como los protagonistas principales de este cambio del sistema educativo que debe comenzar en las aulas. Y es que, en la sociedad actual, con la gran cantidad de información disponible al alcance de la mano tanto en libros como en internet, la figura del maestro o el profesor no puede seguir siendo la del transmisor de conocimientos. ¿Tiene sentido que nuestros estudiantes memoricen inmensas listas de fechas, fórmulas o propiedades de los elementos cuando en sus teléfonos móviles tiene toda esa información a golpe de *click*? ¿No resulta más interesante conseguir desarrollar habilidades para que puedan emplear dicho conocimiento para resolver problemas de cualquier tipo?

Por ello, la figura de profesor se postula como la de un investigador dentro de su propia aula con el objetivo final de mejorar su actuación docente, revisando sus prácticas anteriores en busca de puntos de mejora y pudiendo compartir sus resultados con la comunidad educativa (Latorre, 2003). La propuesta nace en la Inglaterra de los años 60 bajo la idea de *investigación – acción*, definiéndola como una investigación de y desde la escuela, con el objetivo de poner fin a las distintas problemáticas que puedan aparecer en las aulas. La motivación de dicha reforma es consecuencia del descontento de un grupo de docentes con el sistema educativo de la época.

Esta propuesta de *investigación – acción docente* puede enmarcarse en el triángulo de Lewin (Lewin, 1946), formado por tres elementos,



Figura 1. Triángulo de Lewin (1946)

Dentro de este triángulo, la acción la situaríamos como el trabajo docente dentro del aula. Mientras que los otros dos vértices del triángulo irían de la mano en el ciclo de la *investigación – acción*, que gira en torno a cuatro pilares fundamentales en base a los cuales se diseñan las sesiones del proyecto propuesto a lo largo de esta memoria.



- Plan de acción. Es el primer paso en cualquier proceso de indagación y consistente en profundizar en aquellos aspectos que deben mejorar o cambiar dentro del espacio del aula. Debe focalizarse en un aspecto concreto, como la cinemática en este caso, además de ser un problema que el docente – investigador sea capaz de controlar y mejorar desde su posición. Esta etapa incluye el diseño de las sesiones de trabajo con los grupos de alumnos.
- Acción. Desarrollo de las sesiones diseñadas con los alumnos en el espacio del aula.
- Observación de la acción. Esta etapa es fundamental para el buen funcionamiento del proceso y supone la recogida de información con el objetivo de poder reflexionar posteriormente sobre ella. Para esto pueden emplearse diferentes métodos de trabajo, desde grabaciones en vídeo o en

audio, fotografías, entrevistas o los tradicionales cuestionarios para los alumnos, por ejemplo. En este caso, el elemento más empleado ha sido el propio “diario del profesor”, en el que durante y después de cada sesión recogía todo aquello significativo que había sucedido con cada uno de los grupos.

- **Reflexión.** Última y esencial fase del ciclo. Se centra en analizar los datos obtenidos en busca de conocer si la propuesta didáctica ha tenido o está teniendo el resultado esperado, y permite replantear si fuera necesario la sesión siguiente o adaptarla a las nuevas necesidades de los alumnos.

Este proceso de *investigación – acción* originalmente propuesto por Lewin fue desarrollado posteriormente por distintos autores, como David Kolb (Kolb, 2015), quien además añadió el concepto de “Aprendizaje experiencial”. Según Kolb, para que se produzca un aprendizaje realmente significativo debemos superar un ciclo que se compone de cuatro etapas, y que podemos comenzar por cualquiera de ellas.

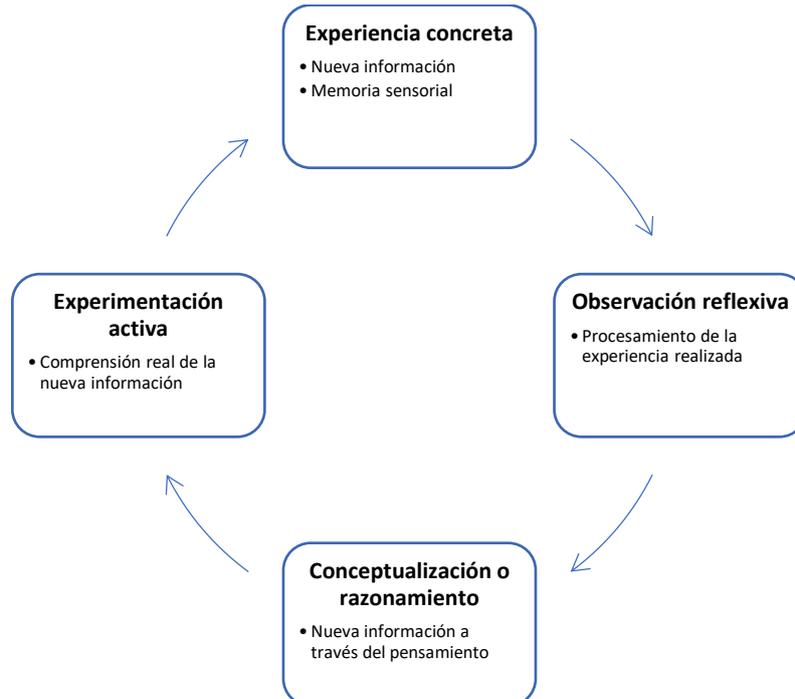


Figura 2. Ciclo de Kolb basado en (Gómez, 2013)

A lo largo de nuestra existencia aprendemos de diversas maneras. Una que podemos aplicar tanto al nivel académico como a la vida cotidiana es la que comienza el ciclo de

Kolb desde la experiencia concreta y que se relaciona íntimamente con la memoria sensorial.

La memoria sensorial (González-Pérez & Criado del Pozo, 2003) se define como el registro en el que se almacena la información adquirida a través de los sentidos y es específica para cada uno de los sentidos. Existe entonces la memoria visual, auditiva, táctil, ... En esta “sección” de nuestra memoria somos capaces de almacenar gran cantidad de información, sin embargo, ésta no permanece largos periodos de tiempo de forma intacta, sino que se ve afectada por cualquier otro estímulo externo.

El primer paso en el desarrollo del proyecto es reactivar los conceptos cinemáticos que ya han sido interiorizados, con lo que se hace un repaso elaborativo recuperándolos en la memoria de trabajo. Para ello, y sirva como precedente la conocida frase de Confucio,

“Lo oí y lo olvidé, lo vi y lo comprendí, y lo hice y lo aprendí”

se realiza la experiencia concreta con los alumnos, con el objetivo de captar nueva información a través de sus percepciones, para continuar con el ciclo confirmando sentido a la experiencia vivida mediante la reflexión y el análisis de la misma.

El tercer punto del ciclo de Kolb pasa por el razonamiento, por llegar a conceptualizar aquello que hemos percibido a través de los sentidos. En este caso, los alumnos ya conocen los conceptos, pero intentaremos que lleguen a interiorizarlos correctamente al relacionarlos con su experiencia, con el objetivo final de que sean capaces de aplicarlos y ponerlos en práctica ante otras situaciones. Éste sería el último punto del ciclo y significaría que hemos alcanzado un aprendizaje realmente efectivo sobre la cinemática cuando los estudiantes son capaces de aplicar, en este caso, el Movimiento Rectilíneo Uniforme a situaciones como viajes en coche, movimientos deportivos, desplazamientos en bicicleta, ...

Trabajar con los alumnos de forma simultánea como investigadores y sujetos del experimento pretende activar la memoria sensorial a la vez que les obliga a prestar atención haciendo que los conceptos permanezcan, al menos, en la memoria de trabajo. Además, el ciclo de Kolb permite estructurar la actividad en cuatro momentos bien

diferenciados, comenzando por la experiencia concreta que será la actividad física. Podría realizarse con cualquier otro móvil, pero con el objetivo de conseguir la mayor atención posible, así como relacionar la actividad física con la ciencia física se proponen los alumnos como móviles a estudiar.

2.3 Actividad física como punto de partida para el estudio de la física

El deporte y la actividad física son fundamentales en el desarrollo de los alumnos en esta etapa escolar, y nos proporciona un espacio excepcional para estudiar la cinemática. Como apasionada del deporte y practicante de diversas modalidades desde los 6 años, creo que es una gran oportunidad para mezclar ambas disciplinas.

En la actividad diseñada, los alumnos se vuelven sujetos del movimiento que tienen que estudiar. Cada uno debe realizar dos circuitos. En el primero recorrerán en línea recta alrededor de 28 metros, y en el segundo deberán superar un circuito con tres postas: carrera hacia atrás, saltos a pata coja y pies juntos para terminar bordeando la semiluna del área de fútbol. En cada uno de los circuitos, el resto de los compañeros tomarán tiempos del recorrido completo y de las distintas secciones con el objetivo de poder calcular las velocidades en cada uno de los tramos.



Figura 3. Instantánea de uno de los grupos durante la realización de la sesión práctica.

Durante los años de la educación secundaria se establecen los hábitos que conformarán el estilo de vida de nuestros estudiantes. Formarles dentro de unos hábitos que incluyan la práctica deportiva habitual es parte de la vida saludable que esperamos

que lleven en un futuro (Jiménez-Castuera, Cervelló-Gimeno, García-Calvo, Santos-Rosa, & Iglesias-Gallego, 2007). Además, numerosos estudios afirman que la práctica deportiva durante la etapa escolar mantiene la motivación y el rendimiento en los estudiantes, obteniendo mejores resultados académicos (González & Portolés, 2014). Por ello, poder relacionar el deporte con una de las asignaturas que tradicionalmente han estado tan separadas me parece una gran oportunidad para despertar ese interés por la ciencia que les haga seguir estudiando por esta rama.

3 CUESTIONES INICIALES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

La cinemática siempre se ha estudiado desde la perspectiva de analizar problemas en los que determinados móviles se encuentran, salen de un punto y han de llegar a otro, o clásicos ejemplos de persecuciones. Estos son los problemas que podemos encontrar en los libros de texto y que se vienen realizando en las clases de secundaria desde hace mucho tiempo. Yo misma fui partícipe de esta manera de trabajar la cinemática, sin llegar a ver la utilidad que ésta presentaba en mi vida cotidiana.

Durante el periodo de prácticas en el colegio Santa María del Pilar (Marianistas) observo como, a pesar de que los alumnos ya han sido examinados de la parte de cinemática justo antes de mi entrada en el centro, todavía conservan errores en las definiciones de los conceptos, incluso aquellos que han aprobado la evaluación correspondiente. Algunos de estos errores son debidos a que no han trabajado con ellos más allá de resolver los problemas clásicos que aparecen en el libro o en los exámenes y han mecanizado la forma de resolverlos. Un ejemplo de ello lo encuentro al preguntarles si alguna vez, fuera del colegio, han usado la expresión $x = v t$ y su respuesta es mayoritariamente negativa. Sin embargo, todos afirman haber calculado el tiempo que les faltaba para llegar a su destino fijándose en la velocidad a la que va el coche.

Es decir, los alumnos son capaces de usar la física a diario sin darse cuenta o resuelven complicados problemas de tiros parabólicos o persecuciones de vehículos, pero en

ocasiones no saben lo que significan los datos que emplean, o si los resultados obtenidos tienen algún sentido.

Por ello, la oportunidad como docente en prácticas de introducir una nueva forma de trabajar la cinemática, intentando encontrar la forma en la que los alumnos sean capaces de ver la utilidad de los conceptos que se trabajan en el aula supone una motivación adicional al primer contacto con la docencia. Personalmente, el proyecto supone una aproximación al mundo del docente investigador. Un primer contacto con un aula completa, con todos los posibles hándicaps que podamos encontrar y un proyecto que pretende mejorar la práctica profesional en pro de acercar la ciencia y el método científico experimental a las aulas de secundaria. Abordar una nueva forma de trabajar la cinemática en la etapa de secundaria relacionándola con actividades deportivas con el objetivo de conseguir una aprendizaje significativo además de una experiencia positiva en el aprendizaje de la ciencia en los alumnos.

Los objetivos generales del proyecto se centran en la legislación educativa vigente (BOA Núm 105, 2016) referida al “Bloque 4: El movimiento y las fuerzas”, y en especial algunos de los criterios de evaluación, competencias clave y estándares de aprendizaje propuestos.

BLOQUE 4: El movimiento y las fuerzas		
<i>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</i>	<i>COMPT. CLAVE</i>	<i>ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE</i>
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 (MRUA), razonando el concepto de velocidad instantánea.

<p>Crit.FQ.4.3. Expresar correctamente las relaciones matemáticas que existen entre las magnitudes que definen los movimientos rectilíneos y circulares.</p>	<p>CMCT</p>	
<p>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.</p>	<p>CMCT</p>	<p>Est.FQ.4.4.1. Resuelve problemas de movimiento rectilíneo uniforme (MRU), rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA.), y circular uniforme (MCU), incluyendo movimiento de graves, teniendo en cuenta valores positivos y negativos de las magnitudes, y expresando el resultado en unidades del Sistema Internacional.</p>
<p>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.</p>	<p>CMCT CD CAA</p>	<p>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.</p> <p>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.</p>

Tabla 1. Selección del currículo en el que se recogen los aspectos trabajados durante este proyecto.

El proyecto se centra en los primeros contenidos del bloque, trabajando los conceptos relacionados con el movimiento como la velocidad o la posición y el estudio del movimiento rectilíneo uniforme (MRU), además de la relatividad del movimiento introduciendo el sistema de referencia como elemento esencial en el estudio del movimiento. Incluso puede trabajarse el movimiento circular con una de las partes del recorrido mediante una de las postas del circuito propuesto.

Además, se trabaja con algunos puntos importantes y, en ocasiones algo abandonados, del primer bloque del currículo acerca de la actividad científica.

<p>BLOQUE 1: La actividad científica</p>		
<p><i>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</i></p>	<p><i>COMPT. CLAVE</i></p>	<p><i>ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE</i></p>
<p>Crit.FQ.1.3. Comprobar la necesidad de usar vectores para la definición de determinadas magnitudes y saber realizar operaciones con ellos.</p>	<p>CMCT</p>	<p>Est.FQ.1.3.1. Identifica una determinada magnitud como escalar o vectorial, describe los elementos que definen a esta última y realiza</p>

		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.1.7.1. Elabora y defiende un proyecto de investigación sobre un tema de interés científico, utilizando las TIC.

Tabla 2. Aspectos del Bloque 1 del currículo que se tratan en el proyecto

Por otra parte, el proyecto tiene sus propios objetivos específicos además de los recogidos en el currículo.

- Comprobar si el marco teórico planteado el curso anterior en otro centro (Villanueva, 2018) es válido al aplicarlo en un contexto diferente, tanto de alumnado como de docencia.
- Repetir una metodología de trabajo de la cinemática con alumnos de los últimos años de secundaria en busca de comprobar si resulta más eficaz que el método tradicional.
- Abandonar la clase tradicional en busca de comprender cinemática de una manera diferente y práctica, en la que los alumnos sean investigadores a la par que sujetos de la investigación, que sean los objetos en movimiento para después ser capaces de estudiar dicho movimiento.
- Fomentar el interés por una asignatura como es “Física y Química”, que tradicionalmente ha resultado ardua para muchos estudiantes además de enfocar el aprendizaje de la ciencia bajo una metodología práctica y experiencial.
- Abordar la modelización vectorial de las magnitudes cinemáticas trabajando con las herramientas matemáticas necesarias y adaptadas a su nivel, tales

como sumar y restar vectores, calcular módulos y ser capaces de representar bajo un sistema de coordenadas los vectores posición y velocidad de un móvil.

- Acercar y aplicar los conceptos de estadística tales como la media o la desviación típica para comprender el por qué de los errores en los experimentos.

4 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Contexto de los grupos y calendario

Durante el periodo I del prácticum en el colegio “Marianistas” pude observar los dos grupos de 4º ESO con los que iba a tener oportunidad de trabajar a lo largo del desarrollo. Desde el primer momento me doy cuenta de que son dos grupos muy diferentes y que la forma de trabajar con ellos algunos contenidos es distinta.

- 4ºB: Formado por 24 alumnos, de los cuales 11 son chicos y 13, chicas. Es la denominada “clase difícil” puesto que existe un murmullo constante durante todas las clases y hay un determinado grupo de alumnos que apenas prestan atención. Esta situación se repite en otras asignaturas, según comentaron otros docentes del centro.
- 4ºC: Formado por 26 alumnos, de los cuales tan sólo 9 son chicas y el resto chicos. La distribución de esta clase es diferente al resto, es muy alargada (“clase autobús” la llaman) y esto hace que a los alumnos sentados en las últimas filas les sea complicado seguir la explicación de la pizarra porque, literalmente, no la ven bien. Sin embargo, suelen permanecer en silencio y participan activamente en las sesiones, preguntando dudas relacionadas con el tema o con aplicaciones del mismo.

Respecto a los resultados académicos y en comparación con las otras dos vías de este curso, el grupo de 4ºC se sitúa en la media teniendo algunos alumnos que sobresalen por encima de esta; mientras que 4ºB se encuentra como una de las peores clases en las materias de ciencias. La forma habitual de trabajo con los dos grupos se aproxima al método tradicional de la enseñanza en Física y Química, compartiendo clases

magistrales para el desarrollo de los contenidos teóricos y resoluciones de problemas tipo en la pizarra. Al menos una vez al trimestre realizan una actividad de laboratorio previa a la explicación teórica en clase, por ejemplo, estudiaron el comportamiento de un muelle y su constante elástica mediante una experiencia práctica.

Por otra parte, las dos clases acaban de ser examinados de la parte de cinemática en el momento de mi llegada al centro, por lo que los contenidos curriculares que se abordan dentro del proyecto propuesto no deberían resultar nuevos para los alumnos. Además, y con el objetivo de no interferir en el desarrollo del curso se establece que los lunes de las semanas que dure el prácticum serán dedicados al proyecto. Sin embargo, esto no resulta posible por diferentes motivos, desde meteorológicos hasta organizativos del centro, y el calendario de sesiones resulta ser el siguiente:

- SESIÓN 1. Presentación del proyecto: martes 10 y viernes 13 de Abril
- SESIÓN 2. Actividad deportiva: martes 17 y viernes 20 de Abril
- SESIÓN 3. Análisis de los datos en sala informática: lunes 7 de Mayo
- SESIÓN 4. Obtención de resultados y conclusiones: lunes 21 de Mayo

ABRIL 2018							MAYO 2018						
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
26	27	28	29	30	31	1	30	1	2	3	4	5	6
2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	13
9	10	11	12	13	14	15	14	15	16	17	18	19	20
16	17	18	19	20	21	22	21	22	23	24	25	26	27
23	24	25	26	27	28	29	28	29	30	31	1	2	3

Figura 4. Calendario de las sesiones de trabajo

4.2 Diseño de las sesiones del proyecto

La metodología seguida en el diseño de las sesiones se basa en la fundamentación teórica explicada anteriormente y en la necesidad de la experiencia para comprender la

ciencia y el desarrollo del quehacer científico. Pese a que lo ideal sería trabajar el proyecto de forma continuada como planteaba Alejandro (Villanueva, 2018), la organización del centro y del tutor nos impide llevarlo de esta manera, por lo que se establecen cuatro momentos de trabajo con los alumnos, siendo la última sesión fuera del periodo de prácticas establecido.

La forma en la que se propone trabajar se denomina “Aprendizaje Experiencial”, desarrollado por David Kolb (Kolb, 2015) y se proyecta en cuatro etapas diferenciadas que forman un ciclo continuo (*Ver Figura 2*) en el que el docente puede empezar a diseñar el proyecto por cualquiera de ellas, consiguiendo un aprendizaje significativo al completar el ciclo.

Estas etapas se resumen de la siguiente manera:

1. En primer lugar, se vive una **experiencia concreta**, en la que se adquiere nueva información a partir de lo que percibimos cuando la realizamos.
2. Posteriormente se reflexiona acerca de lo observado, intentando dar sentido a la nueva información que se ha adquirido y que permanece dentro de lo que se denomina memoria sensorial, definida como el registro en el que se almacena la información adquirida a través de los sentidos y es específica para cada uno de ellos (González-Pérez & Criado del Pozo, 2003). En esta “sección” de nuestra memoria somos capaces de almacenar gran cantidad de información, por ello es necesaria una **observación reflexiva** para poder aprovechar la experiencia vivida.
3. Estas reflexiones se siguen de una **conceptualización abstracta**, en la que se obtienen conclusiones de la experiencia vivida, nuevos conceptos, ideas y teorías con el objetivo de interiorizarlas para poder aplicarlas en otros momentos.
4. Finalmente, estas conclusiones se ponen en práctica para aplicarlas en nuevas situaciones, es la fase final de **experimentación activa**.

El primer paso en el desarrollo del proyecto es volver a recordar los conceptos cinemáticos necesarios para el buen desarrollo de la actividad, como son el concepto de

tiempo, velocidad, distancia recorrida o trayectoria, por ejemplo. Dado que los alumnos ya se han examinado de esta parte del temario, se entiende que la mayoría de ellos tiene, al menos, una ligera idea. Por ello, la primera sesión servirá como repaso para refrescar estos conocimientos y solventar las pequeñas dudas que hayan podido quedar después de realizar el examen, así que nos situaríamos en el punto de conceptualización.

Teniendo en cuenta que una de las dificultades en la asimilación de la cinemática, observadas durante los periodos de prácticas y en mi experiencia como profesora particular, se trata de la poca relación que se establece entre las ecuaciones que memorizan y la utilidad real de las mismas, se propone que sean los alumnos quienes estudien su propio movimiento dentro de un circuito previamente diseñado. Este punto sería el primer paso del ciclo de Kolb, la experiencia concreta.

La actividad deportiva, como se ha comentado anteriormente, representa una gran oportunidad para poder aplicar la física al nivel que ellos pueden asimilar, sin presentar mayor problema. Además, el hecho de salir del espacio del aula tradicional puede suponer una motivación extra para aquellos alumnos saturados de la clase tradicional de pizarra, papel y boli. El tercer punto del ciclo de Kolb se abarca dentro de las dos sesiones final. El trabajo posterior a la sesión deportiva, que incluye tanto el análisis de los datos recogidos como la obtención de conclusiones y resultados, requiere del uso del razonamiento y la capacidad de abstracción para poder obtener resultados satisfactorios.

Y, por último, el cuarto punto de Kolb haría referencia, en este caso, a que los alumnos sean capaces de aplicar lo aprendido para resolver problemas del mismo estilo, y ser capaces de aplicarlo en cualquier momento de su vida cotidiana.

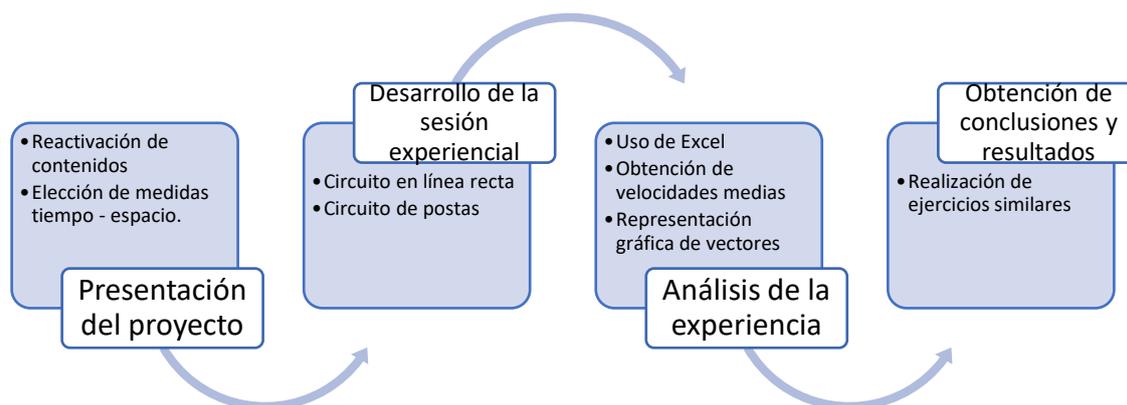


Figura 5. Esquema del planning del proyecto

4.3 Desarrollo del proyecto

En esta sección se describe con detalle el desarrollo del proyecto con los dos grupos de trabajo. El resumen y análisis de cada sesión se basa en las anotaciones recogidas en el diario del profesor, los comentarios de los alumnos y las valoraciones del profesor tutor en el centro. Una herramienta que hubiera sido muy positiva es el empleo de grabaciones o entrevistas individuales a los alumnos; pero dado el breve espacio disponible para trabajar con los alumnos ha resultado totalmente imposible.

Tras cada una de las sesiones con ambas clases, mi trabajo consistía en analizar los problemas que han surgido y valorar el funcionamiento y la actitud de los alumnos, así como mi papel como docente a la hora de dirigir la clase.

4.3.1 Sesión de presentación

El primer contacto con los alumnos se produce en esta primera jornada de introducción. Después de presentarme como la futura docente, todavía en periodo de prácticas, que intentará aprender de ellos tanto o más como ellos aprendan de mí; les pregunto si saben para qué sirve la física o si alguna vez la han usado fuera del colegio. No es sorprendente que sus respuestas sean negativas o no sepan explicar concretamente cuándo han usado la física. Tras ver sus caras al conocer que vamos a correr en clase de física, que infunden motivación hacia el proyecto, comienzo la presentación de lo que vamos a realizar.

Los alumnos ya han sido examinados del tema de cinemática y su profesor, José Luis, me comenta que, aunque los resultados no son malos, muchos alumnos no han asimilado bien los conceptos más esenciales de la cinemática. Dentro de éstos, los que se tratan durante el proyecto incluyen la posición, velocidad media e instantánea como vectores y la necesidad de establecer un origen para el sistema de coordenadas que será



Figura 6. Lluvia de ideas previa

el sistema de referencia para estudiar el movimiento.

Para refrescar los conocimientos que los alumnos ya poseen sobre la cinemática, proponemos hacer una lluvia de ideas sobre los conceptos que conocen y lo que ya entienden por movimiento. En

general, los alumnos se muestran participativos en la actividad y muchas de las ideas que proponen son parte de las que, previamente, habíamos preparado. Después, la clase intenta ser un continuo debate interactivo en el que los alumnos pueden aportar ideas y expresarse libremente. Se discute la diferencia entre la velocidad instantánea y la velocidad media, cuál de las dos es posible medir y qué es lo que representa.

Se relacionan las ideas con cuestiones que pueden resultar atractivas, como la velocidad que marcan los coches cuando ellos van hacia el pueblo en vacaciones y dado que muchos resultan ser deportistas, el debate se reconduce hacia preguntas como “¿llevamos la misma velocidad cuando corremos o cuando nadamos?”. Debatimos, además, la diferencia entre espacio recorrido y desplazamiento. En las dos clases parecen tener clara la diferencia entre los dos conceptos, dejando claro que la trayectoria “es el camino que recorreremos” y el desplazamiento es “la distancia en línea recta desde el principio hasta el final”. Incluso hay algunos alumnos que relacionan ambos conceptos con el movimiento circular que han comenzado a estudiar: “en un círculo recorreremos $2\pi R$ metros, pero el desplazamiento es nulo porque volvemos al punto de origen”. Esto me resulta un poco sorprendente dado que el movimiento circular ha resultado altamente complicado en las clases posteriores y una de las mayores complicaciones durante las clases en mi periodo de prácticas con ellos.

Pasamos, entonces, a ver la definición de velocidad como el cociente entre espacio y tiempo,

$$velocidad = \frac{espacio\ recorrido}{tiempo\ empleado}$$

y discutimos sobre qué resulta más interesante, medir espacios recorridos durante un periodo de tiempo determinado o medir el tiempo que tardamos en recorrer cierto espacio determinado. Este debate resulta más interesante, los alumnos comentan entre ellos contestándose los unos a los otros, sin dejar que seamos ni José Luis ni yo quienes demos la respuesta verdadera. Concluimos dejando claro que ambas opciones son válidas, que cualquiera de los casos puede realizarse pero que resulta más sencillo determinar una distancia a recorrer y medir tiempo; puntualizando que en ambos tendremos un error debido al simple hecho de medir. Explicamos que existen dos tipos de errores: uno debido al sistema con el que medimos, el cronómetro, que tiene un error debido a la rapidez con la que se para o activa al darle nosotros al botón. Y otro error, el humano, que dependerá de los reflejos de cada uno para activarlo cuando demos la señal de salida o la de llegada. Por ello es necesario que todos empleemos los mismos instrumentos de medida, así que les pido que descarguen una *app* para el teléfono que permita que el error del aparato sea el mismo. Esto acaba suponiendo un problema puesto que, en una de las clases en particular, la mayoría dispone de teléfono Apple y no tiene acceso a las mismas aplicaciones que Android. Por ello, en esta clase usarán el cronómetro disponible en el propio teléfono.

Antes de la sesión confirmo con José Luis que durante las clases de cinemática previas a comenzar el proyecto han trabajado la diferencia entre velocidad media y velocidad instantánea, de modo que introduzco la pregunta: “¿qué diferencia hay entre las dos?” y “¿cuál se puede medir?”. Esto también suscita mayor debate, aunque la gran mayoría entiende la diferencia entre ambas, no tienen claro cuál se puede medir o por qué no se puede medir la velocidad instantánea. En concreto, unos alumnos en 4ºC discuten entre ellos cómo obtiene la velocidad un GPS si es capaz de mostrar la velocidad instantánea. Sin dar la respuesta, ellos mismos entran en el debate llegando por sí solos a una respuesta más o menos acertada: “el GPS te da la velocidad media en tiempos pequeños y entonces parece que sea la instantánea”. Esto genera cierto optimismo en mí misma,

verlos razonar a estos niveles me hace pensar que el proyecto puede salir bien y pueden aprovecharlo al máximo.

Tras esta introducción que parece no llevar a una actividad determinada, les explico qué es lo que vamos a hacer: “¡Nos vamos al patio!”. La próxima sesión de física será en el campo de fútbol del colegio y sólo necesitaremos correr, el teléfono móvil con la aplicación y un lápiz para apuntar datos. Los alumnos se miran entre ellos, no entendiendo qué significa, ¿se puede dar clase fuera del aula?



Figura 7. ¡Nos vamos al patio!

Ambos grupos son grandes, y debido a que el tiempo designado al proyecto es reducido, puesto que el programa de clases debe continuar su ritmo, es inviable desdoblar los grupos. Como solución, decido que montaré dos circuitos paralelos, de manera que pueda desdoblar el grupo en el mismo espacio y que todos puedan realizar la actividad en los 50 minutos de una sesión de clase.

4.3.2 Actividad deportiva

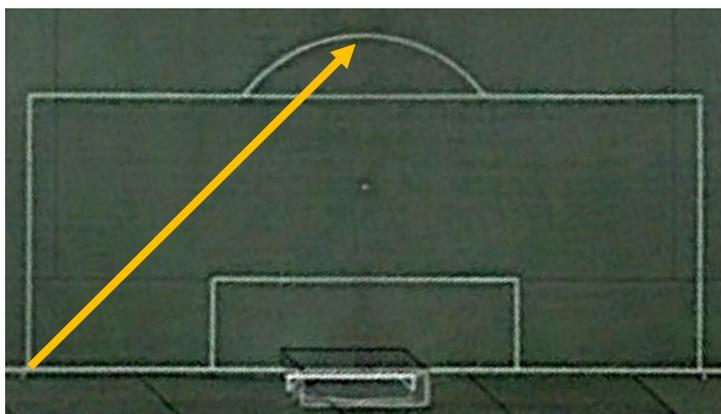
La idea original era trabajar con los dos grupos el lunes 16 de abril, puesto que las clases son consecutivas, pero el día amanece lluvioso y tengo que posponerlo para otro día con mejor climatología. Con el grupo de 4ºC realizamos la actividad el martes a primera hora de la mañana y con 4ºB, el viernes después del recreo. Quedo con ellos directamente en el campo de fútbol de hierba del colegio, para que pueda preparar los circuitos antes de que lleguen ellos.

Antes de comenzar les explico cuál es la dinámica que vamos a seguir: primero, realizaremos un circuito en línea recta y tomaremos los tiempos de todos los compañeros de cada subgrupo. Después, explicaremos cómo es el circuito de postas y que las medidas que debemos tomar tienen que ser en las diferentes postas anotando el tiempo individual de cada uno de los recorridos en la hoja que les entrego con sus nombres. Para facilitar la toma de tiempos, señalo los puntos de medida con conos del mismo color para cada subgrupo.

HOJA DE MEDIDAS			RECORRIDO DE POSTAS				CURSO 4 ^º C				
LÍNEA RECTA			r (m)				Alumnos				
x (m)		28,00	Posta 1	Posta 2	Posta 3	Total					
			19,00	17,88	8,25	45,13					
	Alumno/a	tiempo (s)	v (m/s)	Tiempo (s)			Tiempo recorrido (s)	Velocidad (m/s)			Velocidad media (m/s)
				Posta 1	Posta 2	Posta 3		Posta 1	Posta 2	Posta 3	
1	MARÍA Andreu										
2	NICOLÁS Villacampa										
3	PEDRO Medina										
4	JULIA Pérez										
5	ANTONIO Seva										
6	CARMEN Ruiz de Temiño										
7	PABLO Usieto										
8	AGUSTÍN Machín										
9	NACHO Martínez de la Cuadra										
10	DANIEL Palomero										
11	JAVIER Osácar										
12	MARIO Arruga										
13	CARLOS Giménez										
Velocidad media (m/s)			Velocidad media (m/s)								

Figura 8. Hoja de medidas para uno de los subgrupos de 4^ºC

La actividad se divide en dos partes: primero deberán recorrer 28 metros en línea recta, y luego deberán un circuito con tres tramos diferenciados: carrera marcha atrás y media vuelta; saltos coordinados a una pierna y con pies juntos, terminando con un tramo circular en la semiluna del área de fútbol, sumando un total de 45 metros. En la siguiente figura se muestra un esquema de los dos circuitos preparados:



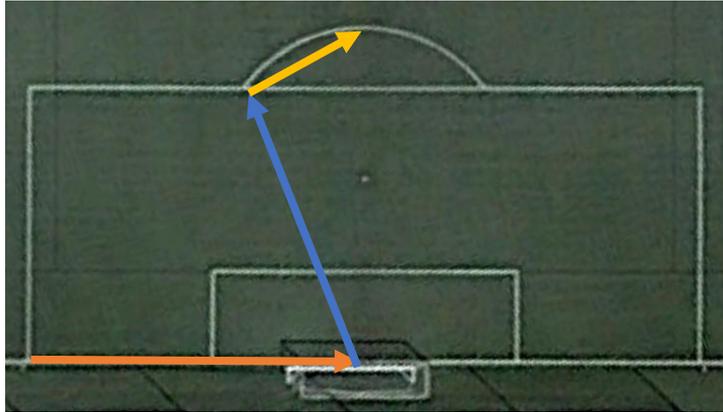


Figura 9. Esquema de los dos circuitos a realizar

Tras la explicación, las clases se separan en los dos grupos de trabajo y cada cual con su pareja. La mitad de ellos se separa para correr mientras el resto anota los tiempos en el recorrido en línea recta. Después realizo yo misma el recorrido de postas indicando en qué momento deben tomar los tiempos de cada intervalo, haciendo especial hincapié en que hay que pulsar el botón *lap*. Los puntos se han marcado con conos de colores, de manera que cada *lap* tenga que tomarse en los conos de un color determinado.

Durante las sesiones aparecen pequeños problemas que no pensaba que ocurriesen. En primer lugar, al no disponer todos de móvil Android para trabajar con la misma aplicación en una de las clases tengo que cederles dos móviles viejos con la app instalada para que todos trabajen igual, en la otra clase decidimos utilizar el cronómetro de serie del iPhone. Lo que más me sorprende es que algunos alumnos no saben cómo funciona el cronómetro y qué significa que hagamos distintos *laps*, incluso cuando en la introducción de la sesión hemos dedicado unos minutos a explicar cuándo tienen que pulsar “lap” y qué resultados deben anotar en la hoja. Por otra parte, el disponer del teléfono móvil con cierta libertad permite que algún alumno se distraiga con Whatsapp, Instagram o aplicaciones similares.

Además, en la actividad física podemos ver la actitud de algunos alumnos. Entre algunos de ellos existe cierta rivalidad para ir más rápido o cierta competición cuando la salida de los dos grupos es simultánea. Pese a que el objetivo no es “ser el más rápido”, resulta agradable ver cómo estos alumnos se implican en el proyecto al oírlos después comentar que “*ya veremos quién fue más rápido*”, haciendo referencia a la parte de análisis. Entre ellos comentan y se preguntan qué es lo que vamos a hacer con estos

datos, muchos coinciden en que “habrá que hacer la media porque alguno ha pulsado más tarde”

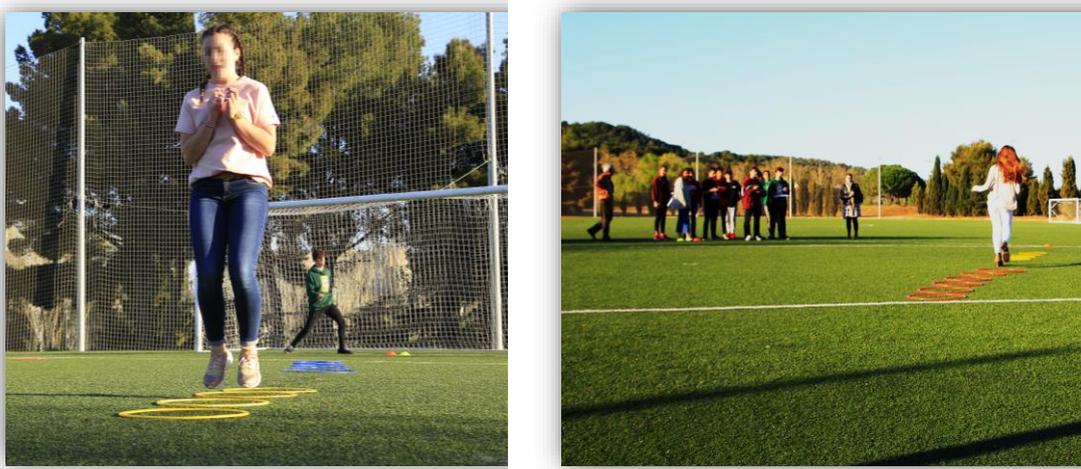


Figura 10. Instantáneas de la actividad física (se han difuminado las caras de los alumnos para evitar su identificación)

4.3.3 Análisis de los resultados (Aula de informática – Excel)

Algo más de dos semanas después de realizar la actividad en el patio (coincidieron varios lunes festivos), se prepara la sesión de análisis en la que los alumnos trabajarán con los datos que recogieron en el campo en el aula de informática. Con intención de agilizar la práctica, les proporciono un libro Excel con sus datos ya transcritos en cada hoja para que ellos sólo tengan que calcular velocidades en cada uno de los sectores. Los alumnos se distribuyen por parejas en los ordenadores disponibles.

Volvemos a definir la velocidad como el cociente entre el espacio recorrido y el tiempo empleado en cada posta o en cada recorrido e introducimos la idea de desviación, σ como magnitud que permite establecer cómo de desviado se encuentra nuestro dato respecto a la media de la clase.

La sesión estaba diseñada asumiendo que los alumnos tuvieran un dominio básico de Excel (tal como hacer sumas, divisiones, seleccionar y arrastrar operaciones, ...) dado que en cursos anteriores han tenido asignaturas de TICs en las que han trabajado con estos programas y el tutor me había confirmado que realmente sí habían trabajado en Excel. Sin embargo, en los dos grupos encuentro serios problemas para el manejo del programa. Uno de los primeros problemas es que trabajan con Excel Online o a través

de Google Drive, lo que impide usar algunos comandos que facilitan las operaciones y, por otra parte, no tienen claro el funcionamiento de las celdas de Excel. Estos problemas generan que la sesión se ralentice en exceso, teniendo que atender las pequeñas dudas sobre el funcionamiento del programa de forma individual, restando tiempo al análisis estadístico de los datos.

Mientras los alumnos trabajan por parejas, José Luis y yo vamos pasando entre ellos para resolver las dudas y aprovecho para preguntarles si saben qué están haciendo o si sólo repiten comandos.

- **Yo:** *¿Sabemos qué estamos haciendo ahora?*
- **Alumno:** *Si, tengo que dividir cada distancia por el tiempo que he tardado en recorrerla para sacar la velocidad.*
- **Yo:** *¿Será la velocidad media o la instantánea?*
- **Alumno:** *La media, porque cojo todo el recorrido.*
- **Yo:** *¿Y podríamos calcular la velocidad instantánea? ¿Es siempre la misma?*
- **Alumno:** *Si tuviéramos un GPS si, ¿no? Nos va dando la velocidad en cada punto, ¿no? Y sería diferente si corremos más rápido o si paramos, ...*

Algunos alumnos, como el de la conversación anterior se plantean si es posible calcular la velocidad en cada momento del recorrido. Es algo que resulta interesante que se pregunten e intento responderles conduciendo la pregunta hacia la velocidad que puede darles el cuentakilómetros de la bici o el del coche. Ellos mismos se dan cuenta de que los valores que obtienen en esos casos tienen cierto retraso: cuando nos detenemos, la velocidad desciende hasta cero, pero no de forma inmediata. De esta manera, lo exponemos al resto de la clase, a modo de marcar la diferencia entre las dos velocidades y la posibilidad de medirlas.

Cuando todas las parejas han completado la ficha de datos, seleccionamos un alumno y les pido que digan la velocidad que han obtenido para el recorrido en línea recta mientras los anotamos en la pizarra. Ellos mismos se dan cuenta de que no coinciden, pero ¿qué ha pasado? *“Que no le dimos a la vez”, “El cronómetro no funciona”, “Yo no me enteré de cuándo había que darle al play”, ...* Esto nos sirve para introducir el concepto de error, que dividimos entre el error propio del aparato y el error humano.

Para ver gráficamente qué significa este error, les presento la siguiente gráfica que representa los tiempos medidos por las distintas parejas para uno de los grupos de

alumnos. Así podemos observar que los tiempos son distintos y en ocasiones la diferencia alcanza hasta los dos segundos:

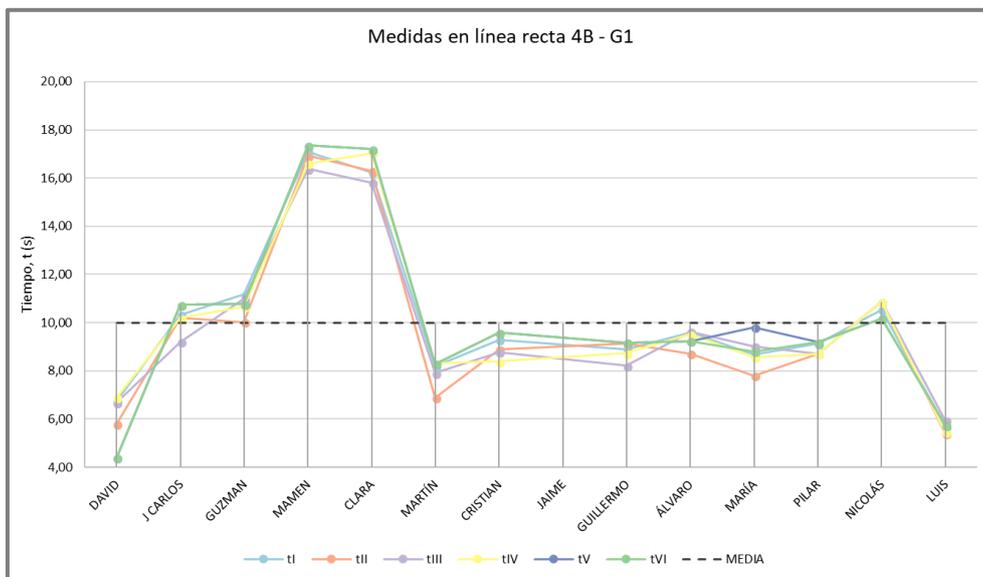


Figura 11. Tiempos medidos para uno de los subgrupos

Y, por último, abordamos el concepto de distribución normal. Les presento el histograma y, para mi sorpresa, sí que saben interpretarlo de forma rápida con comentarios como: “nos dice cuántos hemos ido a cada velocidad”, “la más grande será la media de todos”. Comparamos las velocidades medias para toda la clase que han obtenido cada uno de los grupos, observando como la gran mayoría de ellas coinciden con el pico central y más elevado del histograma.

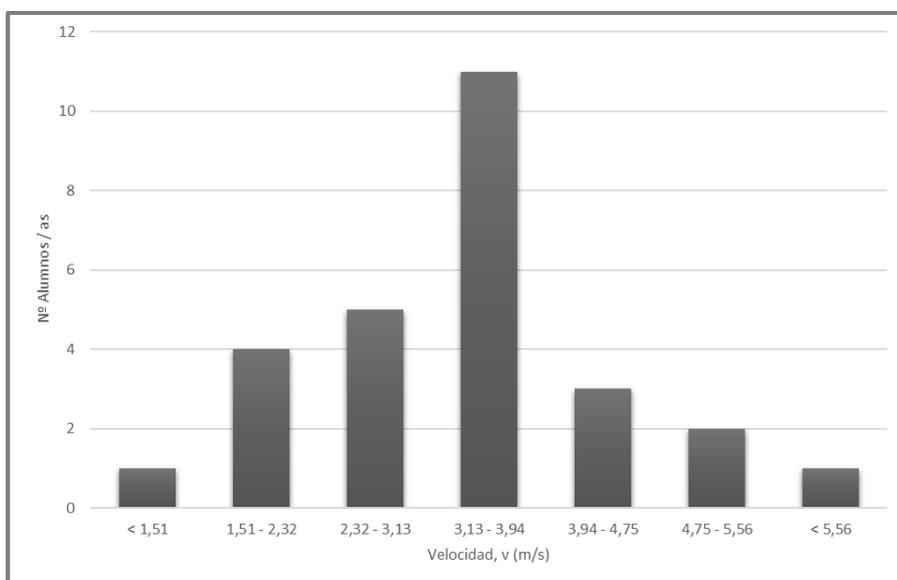


Figura 12. Histograma con las velocidades de los alumnos de 4ºB

La sesión se ve muy reducida debido a los problemas con el uso de las herramientas de Excel, por lo que tanto el análisis de las gráficas $x - t$ como el análisis vectorial se posponen para la siguiente sesión. Todos los grupos guardan el trabajo realizado en su espacio personal del centro, para poder retomarlos en la siguiente y última sesión. Pese a no completar lo que se había planificado, algunos conceptos estadísticos han quedado bastante claros. En general, todos han sabido trabajar y entender la necesidad de realizar la media y qué representa, así como la necesidad de establecer una desviación " \pm " sobre el dato final, como consecuencia de los diferentes errores cometidos al medir.

Personalmente, la sesión en el aula de informática resultó un poco frustrante. Quizás porque asumí de forma errónea que al tratarse de alumnos de la llamada "*Era digital*" y haber cursado asignaturas en las que trabajaban con esta herramienta, tendrían un uso mínimo de los comandos más básicos. Por otra parte, en ninguna otra asignatura habían tenido que enfrentarse a usar Excel como herramienta, por lo que es normal que hubiese algunos problemas. De cara a la posible repetición del proyecto, debemos emplear mayor tiempo en el análisis de los datos trabajando minuciosamente con las herramientas para que los alumnos puedan aprovechar la sesión y no sólo preocuparse porque no supiesen trabajar con Excel.

4.3.4 Obtención de resultados y conclusiones

El objetivo de esta sesión, también en la sala de ordenadores, es realmente ambicioso. Quiero dejar clara la diferencia entre velocidad instantánea y media, entre desplazamiento y espacio recorrido, modelizar el movimiento a un MRU y pedirles su opinión sobre trabajar la física de esta manera.

Para ello, preparo una presentación PowerPoint en la que se resume todo lo que vamos a realizar y proyecto las gráficas que ellos mismos deberían crear. Comenzamos recordando los errores que cometemos en la experiencia, volviendo a presentar el *Figura 9* y en esta ocasión parecen tener más claro el porqué de estas diferencias entre las distintas líneas. Lo mismo ocurre con el histograma, un numeroso grupo de ellos es capaz de interpretar la información que nos proporcionan los dos gráficos.

Una vez comprendido que en cualquier experimento es necesario tener en cuenta los errores propios del aparato y los relativos al experimentador, pasamos a modelizar el

movimiento que realizamos en el patio. Pregunto si todos estamos de acuerdo que se trata de un movimiento rectilíneo uniforme (MRU), y aunque muchos asienten, hay quienes dudan puesto que no siempre vamos a la misma velocidad. Efectivamente, la velocidad varía en cualquiera de los movimientos, pero vamos a tratar de asumir que la velocidad se mantiene constante y equivale a la velocidad media $\overline{v_m}$ que hemos obtenido.

Para representar este movimiento, realizamos una gráfica $x - t$. Esto resulta complicado para muchos de ellos puesto que deben crear datos nuevos con los tiempos y distancias acumulados en las diferentes postas para poder representarlo. La sesión con 4ºB resulta realmente complicada ya que la mayoría de ellos no guardaron bien el archivo Excel y han perdido lo realizado en el día anterior. Con ellos, además, quedaba pendiente tratar el aspecto de los errores y esto impide que llegemos a ver el análisis vectorial en profundidad. Cada pareja elige a uno de sus miembros y obtiene la gráfica $x - t$ para su movimiento. Cuando la han obtenido yo presento una con varios alumnos agrupados:

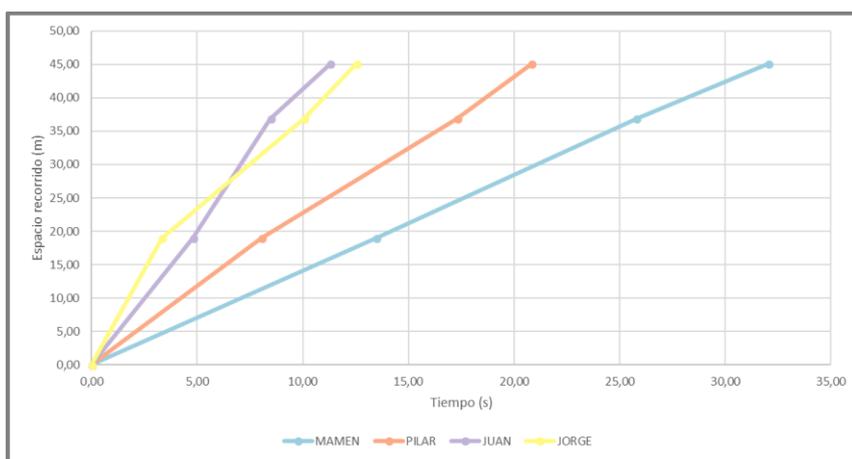


Figura 13. Representación $x - t$ de varios alumnos

Rápidamente interpretamos, relacionando con las matemáticas que están estudiando ahora, que cada una de las postas se trata de una recta $y = mx + n$, en la que la pendiente de la recta resulta ser la velocidad, con lo que algunos de ellos de forma individual y el resto con ayuda de la explicación, terminan encontrando el sentido a la expresión que ya conocen,

$$x(t) = x_0 + v \cdot t$$

Análisis vectorial

Como conclusión del proyecto y una vez trabajada la parte estadística, damos paso a dos conceptos que serán de gran utilidad en el desarrollo de los cursos posteriores e, incluso, en el tema de dinámica que están trabajando actualmente. Aprovecho que ya han introducido en las clases las fuerzas como vectores que se caracterizan por un módulo, dirección y sentido, dado que en matemáticas apenas han tratado el concepto de vector.

Al haber escogido el área del campo de fútbol y comenzar en una de sus esquinas, las propias líneas del campo nos crean un sistema de coordenadas cartesiano y el punto de referencia (0,0). En la sesión práctica trabajamos con dos circuitos con el mismo origen y final, y esto permite comprender más fácilmente la diferencia entre desplazamiento y espacio recorrido trabajando con los vectores. Pese a que ser algo que no aparece en los contenidos que se imparten en el centro, puesto que la construcción vectorial se trabaja en el curso siguiente, muchos de los alumnos siguen correctamente las explicaciones y para ilustrarlo intentamos hacer un problema como el siguiente:

PROBLEMA

a) Representa el sistema de coordenadas y los vectores de posición final e inicial.

b) Dibuja $\vec{\Delta r}$ y calcula su módulo

c) Calcula tu velocidad media del recorrido en línea recta desde o hasta C, si tardas:
 c1) 4,83 segundos
 c2) 18,56 segundos

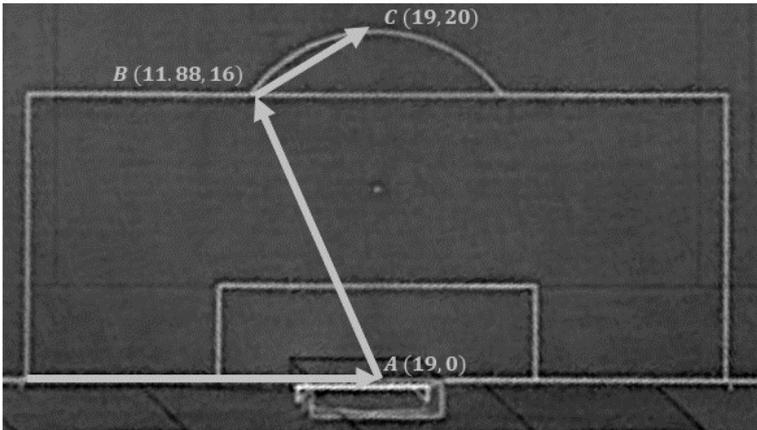


Imagen 1. Propuesta de problema que podría aparecer en el examen

Entre todos resolvemos los dos primeros apartados y dejamos pensado cómo resolveríamos el tercer apartado, al no disponer de tiempo suficiente. Esta última parte sólo se ha podido llevar a cabo con uno de los grupos, que ha seguido la explicación con detalle y se podían observar algunas caras de sorpresa al relacionar conceptos que

realmente conocían, así como satisfacción por saber resolver sin mayor problema los apartados propuestos.

5 RESULTADOS Y EVALUACIÓN

Una vez concluido mi trabajo con ambos grupos de 4º ESO era importante conocer qué han aprendido, si realmente esta forma de trabajar les ha sido más fructífera que las clases tradicionales a las que están acostumbrados, así como su opinión sobre este proyecto y su futura repetición con los cursos posteriores.

5.1 Evaluación del proyecto por parte del alumnado

Dado el breve tiempo disponible para terminar el proyecto, ha sido inviable trabajar con ellos con una herramienta como Mentimeter o Google Forms para que expresasen su contento o descontento con el proyecto, algo que me hubiera gustado poder hacer porque les da mayor libertad para expresarse. Además, con uno de los grupos fue imposible llevar a cabo una evaluación propia del proyecto en la que pudieran valorar las distintas cosas que habíamos trabajado. Sin embargo, al finalizar la última sesión, tuvimos unos minutos para reflexionar y comentar qué pensaban de trabajar así la cinemática, otros temas de la física o incluso de otras materias.

A pesar de que no haya sido la mejor forma de plantear su evaluación, puesto que debían comentar en voz alta lo que quisieran aportar y, bajo mi opinión, esto puede cohibir algunas respuestas, la participación ha sido muy alta y las respuestas prácticamente unánimes.

- *“Ha sido más ameno y divertido que trabajar en clase normal”* (Respuesta muy repetida entre todos ellos)
- *“Así se hace más entretenido”*
- *“Aplicamos las fórmulas a cosas reales”*
- *“Ahora sabemos para qué sirve, ¿no? No solo para resolver problemas del libro”*
- *“He entendido algunas cosas que en el examen no sabía”* (Refiriéndose al examen de cinemática previo a la realización del proyecto).
- *“Me ha gustado mezclar la física de clase con el deporte”*

- *“Me ha gustado relacionar las gráficas de matemáticas con las fórmulas de física y lo que habíamos corrido”*

Si bien todos los alumnos han visto aspectos realmente positivos de trabajar de esta manera, algunos todavía se mostraban escépticos,

- *“Ha estado muy bien, pero a veces no sabía cómo relacionarlo con los problemas que hemos hecho en clase”*
- *“Ha sido difícil la parte de trabajar con el ordenador porque no sabíamos usar el programa, pero la parte del patio fue muy divertida y ahora sabemos la diferencia entre las velocidades y por qué todo depende de quién mida”*

Sin embargo, al preguntarles si sabrían resolver un problema en el examen relacionándolo con lo que hemos hecho a lo largo del proyecto, no parece haber surgido el efecto esperado,

- *“Si, yo creo que sí, pero bueno, depende de cómo se pregunte... ¿En la teoría puedo responder relacionándolo con el proyecto?”*
- *“No lo sé, algunas cosas sí, pero claro, dependerá de como se pregunte en el examen”*

Esta pregunta ha llevado a debatir brevemente qué es lo que podemos pedir y preguntarles en el examen, dejando claro que cualquier experiencia que hayan tenido tanto dentro como fuera del espacio escolar y que pueda ayudar a hacerse entender en un examen, puede emplearse. Siempre, claro, que la respuesta sea acertada.

Algunas de las respuestas recogidas arriba dejan claro que los propios alumnos están cansados de trabajar siempre de la misma manera y que muchos de ellos podrían sacar más partido a proyectos como este que a realizar una larga lista de problemas, además de insistir en el dinamismo y en la facilidad para trabajar así. Trabajar con proyectos en los que los alumnos salgan de la monotonía del aula o en los que apliquen sus ideas no sólo en problemas parece que les hace aprender sin siquiera darse cuenta de que están en una clase más. Por otra parte, todos remarcaban la “utilidad” de este proyecto para trabajar con lo que ya habían aprendido en las clases tradicionales, y en parte se debe a la casi inexistencia de sesiones prácticas en las que ellos mismos comprueben que la física puede extrapolarse a cualquier aspecto de su vida cotidiana.

En el aspecto menos positivo, varios alumnos remarcaban la dificultad encontrada a la hora de trabajar con los ordenadores, debido a su poca experiencia en el manejo de Excel, y que no les ha permitido disfrutar y aprovechar completamente el proyecto. Desde la perspectiva del docente, estoy de acuerdo con ellos, las clases de informática en ambos grupos fueron complicadas de llevar y esto hizo distanciarnos un poco del objetivo final.

5.2 Evaluación del grupo

En el momento de la realización del proyecto, los alumnos ya habían sido examinados y evaluados de la parte de cinemática. Sin embargo, y de forma obligatoria, debían enfrentarse a un examen global de la asignatura y esto podía presentarse como una oportunidad para valorar el efecto de esta forma de trabajar. A falta de disponer de las calificaciones previas y posteriores para realizar una comparativa en su proceso de aprendizaje, podemos valorar en función de los comentarios que surgieron durante el desarrollo de las últimas sesiones.

En primer lugar, uno de los objetivos marcados que se centraba en fomentar el interés en la ciencia o despertar cierta curiosidad científica parece haberse cumplido. Durante la actividad deportiva, eran ellos mismos los que, adelantándose al análisis, especulaban sobre qué podrían hacer con las medidas y qué pasaría si realizásemos lo mismo usando un reloj GPS. Igualmente ha resultado positivo el cambio metodológico desde la percepción de los alumnos, que tenían auténtica expectación sobre qué íbamos a hacer en cada momento y, en algunos casos, se veía como llegaban a disfrutar de las clases de esta manera.

En cuanto a los objetivos relacionados con los contenidos a tratar, la diferencia entre las velocidades media e instantánea, así como la diferencia entre espacio recorrido y desplazamiento ha quedado interiorizado en la mayor parte de los estudiantes. El hecho de trabajar sobre un terreno que conocían como era el campo de fútbol y que podían medir sin mayor problema, además de usar puntos de referencia sencillos hizo que ellos mismos pudieran dibujar rápidamente los vectores o la trayectoria recorrida. Quizás el apartado vectorial a nivel puramente matemático no quedó tan claro, pero sin duda,

ayudó poder dibujar sobre un espacio real para entender qué representa el módulo, la dirección y el sentido de cada uno de ellos.

A pesar de no disponer de las notas numéricas de las partes de cinemática de los exámenes realizados por los alumnos, mis impresiones con ellos han sido positivas. Al comienzo del proyecto algunos no eran capaces de describir con sus propias palabras en qué se diferenciaban las velocidades media e instantánea, y en la última clase la gran mayoría entendía perfectamente que la velocidad instantánea es imposible medir, e incluso se preguntaban *“y entonces, si no la podemos medir nunca, ¿para qué sirve?”*. Es decir, los alumnos llegan a cuestionarse los conceptos que han memorizado cuando tienen que trabajar con ellos y esto es parte de lo que, en la fundamentación teórica denominábamos aprendizaje significativo.

Por último, en relación con la parte meramente matemática, los alumnos fueron capaces de relacionar rápidamente las gráficas que obteníamos con lo que estaban trabajando en matemáticas acerca de la ecuación de la recta, $y = mx + n$. Al presentar diferentes gráficas, resultaba muy visual que la velocidad es la pendiente de la recta en las gráficas $x - t$, y que cuanto mayor es la velocidad, mayor será la inclinación de dicha recta. Esto es algo, que previamente al trabajo no habían visto pero que llegaron a concluir ellos mismos. Y en la parte estadística, los conceptos de media y desviación típica quedaron muy resumidos, pero todos los alumnos sabían qué significaban pese a no haberlos tratado en la asignatura de matemáticas.

En general, y pese a los problemas que surgieron durante la realización del proyecto, podríamos concluir afirmando que los objetivos generales se han cumplido, aunque no podamos contrastar de forma empírica con las calificaciones de los alumnos. Sería interesante poder tener resultados al inicio del próximo curso, tanto acerca de los que escogen ciencias como rama de bachillerato como sus conocimientos sobre los temas tratados.

6 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a partir de la reflexión después de cada sesión y tras finalizar el proyecto, así como las valoraciones de los alumnos y el tutor, y la observación de la progresión de los alumnos nos permiten concluir que este proyecto didáctico ha alcanzado sus objetivos principales.

En primer lugar, plantear una nueva metodología para la enseñanza de la cinemática, basada en el aprendizaje experiencial. Llevarla de forma completa a la práctica, trabajando con conceptos que los alumnos ya conocían les ha permitido hacer estos conceptos propios y, con ello, poder aplicarlos a la resolución de problemas más complejos. El proyecto demuestra que realmente es posible trabajar de forma diferente al modelo tradicional y conseguir un aprendizaje completo sobre la cinemática.

El hecho de convertir a los alumnos en objetos de estudio y observadores les ha permitido comprender de mejor manera el sentido físico de aquellas ideas que, en ocasiones, resultan abstractas para ellos. Sin olvidarnos del libro de texto y la pizarra, que siempre podrán usarse como apoyos, parece que, igual que ocurrió en el caso de Alejandro (Villanueva, 2018), ha resultado más eficaz trabajar estos conceptos de forma experiencial además de puramente teórica o matemática.

Además, trabajar en un espacio conocido, en el que ellos mismos puedan establecer referencias de forma sencilla ha permitido introducir la modelización vectorial que planteábamos al comienzo del proyecto. Los alumnos no habían tratado previamente la idea de vector, salvo para la definición de fuerzas, y sin embargo al tener claro el espacio en el que habían trabajado: el campo de fútbol, no les supuso mayor problema dibujar los distintos vectores de posición; y los resultados en la última sesión en el aula de informática fueron realmente satisfactorios.

En el aspecto más matemático, el uso de conceptos estadísticos comenzó siendo complicado puesto que no habían trabajado de forma práctica con ellos, y tan sólo algunos alumnos sabían explicar qué era la media o qué significaba la desviación típica. A medida que avanzaba la clase en el aula de informática, parecía que quedaban más claros y las representaciones gráficas fueron imprescindibles. Igualmente ocurre con la modelización del movimiento rectilíneo, al representar las gráficas $x - t$ en seguida lo relacionaban con la ecuación de la recta. Esto es algo que quizás se echa en falta en

algunos libros de texto, pequeños gráficos en los que se una la expresión que conocen para el MRU, $x = x_0 + v(t - t_0)$ con la ecuación de la recta $y = n + mx$ para poder entender qué representa la velocidad.

Pese a no disponer de los datos cuantitativos para valorar la repercusión del proyecto en la progresión de estos estudiantes, sus valoraciones han sido realmente positivas y parece que realmente ha conseguido promover cierto interés, al menos, por el proyecto. Coincidí con uno de los alumnos fuera del espacio escolar, y al reconocerme se acercó a saludar y comentaba con sus padres *“con ella hicimos el proyecto ese que os dije que corrimos en el patio para entender las velocidades y esas cosas”*. Como docente aún en prácticas resulta realmente gratificante haber dejado una pequeña huella en ellos.

Si bien los resultados han sido positivos, y el marco teórico propuesto queda de nuevo comprobado, de cara a la repetición de la experiencia en otros contextos diferentes podría intentarse introducir también el movimiento circular de la misma manera, puesto que durante mi paso por el centro observé muchos problemas para comprender qué significaban las expresiones que utilizaban. Además, y como planteaba Alejandro, a nivel de investigación resultaría interesante poder llevar a cabo un seguimiento de los grupos con los que se ha trabajado con el fin de ver si realmente ha supuesto un cambio significativo el haber trabajado de esta manera respecto a los grupos que han trabajado de la manera tradicional.

De igual forma, y con vistas también a repetirlo, considero imprescindible poder realizar el proyecto de forma continuada con el objetivo de que los alumnos no pierdan el interés o se olviden de lo que han hecho en la sesión anterior. Esto no pudo hacerse en mi experiencia y resultó más complicado al pasar demasiado tiempo entre las sesiones. Sin embargo, el planteamiento ligeramente diferente al encontrarme con un grupo que ya había estudiado la cinemática antes de comenzar ha demostrado la veracidad del ciclo de Kolb para iniciarlo en cualquiera de sus etapas.

Como conclusión, sólo puedo agradecer a mis tutoras la posibilidad de trabajar dentro de un proyecto que pretende cambiar la metodología para el estudio de la cinemática,

e intentar solventar algunos de los problemas que yo misma encontré cuando estaba en estos cursos de secundaria; y que han mostrado disponibilidad total para trabajar debido a mi compaginación del máster con un trabajo a media jornada. Por último, agradecer también la disponibilidad del centro educativo, que me permitió usar cualquier recurso que estuviera a su alcance, así como a mi tutor que me dejó libertad total para trabajar con los alumnos. Si bien es cierto que nos hubiera gustado una mayor implicación en el proyecto de cara a poder repetirlo el año que viene obteniendo nuevos resultados, mis impresiones finales han sido realmente positivas.

7 REFERENCIAS

- BOA Núm 105. (2 de junio de 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*, 12 - 17.
- De Pro, A., & Saura, O. (2001). Nuevos tiempos, nuevos contenidos en física. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 29; 53-62.
- Elliott, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación - acción*. Madrid: Ediciones Morata.
- Gómez, J. (2013). El Aprendizaje Experiencial. *Argentina: Universidad de Buenos Aires*.
- 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.
- González-Pérez, J., & Criado del Pozo, M. J. (2003). *Psicología de la educación para una enseñanza práctica*. Madrid: Editorial CCS.
- Jiménez-Castuera, R., Cervelló-Gimeno, E., García-Calvo, T., Santos-Rosa, F. J., & Iglesias-Gallego, D. (2007). Estudio de las relaciones entre motivación, práctica deportiva extraescolar y hábitos alimenticios y de descanso en estudiantes de Educación Física. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 7 (2).

- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: experiencia 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.
- 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; 73-39.
- SM. (2016). *Física y Química. 4 ESO - SAVIA*. SM.
- Sobles, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*(21), 91-117.
- Villanueva, A. (2018). *Trabajo Fin de Máster: La cinemática desde el propio movimiento*. Zaragoza: Facultad de Educación (Universidad de Zaragoza).