



Universidad de Valladolid

Trabajo Fin de Máster

MÁSTER EN PROFESOR DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA OBLIGATORIA Y
BACHILLERATO, FORMACIÓN PROFESIONAL
Y ENSEÑANZAS DE IDIOMAS

Especialidad de Tecnología e Informática

**Inclusión del uso del Smartphone
como elemento de apoyo en el
proceso de aprendizaje.**

**Inclusion of the use of the
Smartphone as a support element in
the learning process.**

Autor:

D. Diego de la Fuente Lozano

Tutores:

D. Miguel Ángel González Rebollo

D. Manuel Ángel González Delgado

Valladolid, 11 de Julio de 2022

Resumen

La evolución tecnológica experimentada por la sociedad en los últimos años en todos los ámbitos de la vida cotidiana no ha pasado desapercibida por la educación. El aumento de uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), en concreto, del teléfono inteligente, hace que no se pueda pasar por alto su inclusión como recurso pedagógico en las aulas de los centros educativos. Muchos modelos pedagógicos se sirven de las ventajas que proporciona el uso de las TIC en el aula para mejorar los resultados del proceso de aprendizaje. Dado que los estudiantes actuales son nativos digitales, todo aquello relacionado con el uso de las TIC les despierta una curiosidad añadida, incrementando su nivel de interés y motivación por los estudios. De igual forma, que la no inclusión de estas tiene el efecto contrario. Esta propuesta tiene como objetivo presentar un conjunto de metodologías activas que son capaces de aprovechar las ventajas proporcionadas por el uso del teléfono inteligente en el aula, ayudándose del interés y la motivación que esto supone en los estudiantes. El trabajo se postula como una guía docente para la realización de diferentes experimentos prácticos, que sirven para medir o calcular propiedades o fenómenos físicos, mediante el uso de los sensores y funcionalidades que integran el teléfono móvil. Se pretende que esta guía ayude a futuros docentes en el diseño y desarrollo de actividades motivadoras para el alumnado partiendo del uso del teléfono móvil.

Palabras clave: teléfono móvil, sensores, motivación e interés, experiencias prácticas, metodologías.

Abstract

The technological evolution experienced by society in recent years in all areas of daily life has not gone unnoticed by education. The increased use of information and communication technologies, specifically, the smartphone, means that its inclusion as a pedagogical resource in the classrooms of educational centres cannot be ignored. Many pedagogical models use the advantages provided using TIC in the classroom to improve the results of the learning process. Since today's students are digital natives, everything related to the use of TIC arouses an added curiosity in them, increasing their level of interest and motivation for studies. Similarly, the non-inclusion of these has the opposite effect. This proposal aims to present a set of active methodologies that can take advantage of the improvements provided using the smartphone in the classroom, helping the interest and motivation that this implies in the students. The work is postulated as a teaching guide for conducting different practical experiments, which serve to measure or calculate properties or physical phenomena, through the use of sensors and functionalities that integrate the mobile phone. This guide is intended to help future teachers in the design and development of motivating activities for students based on the use of mobile phones.

Key words: Smartphone, sensors, motivation and interest, practical experiences, methodology.

Índice

Resumen.....	1
1. Introducción.....	3
2. Justificación.....	5
3. El Smartphone como recurso pedagógico.....	13
3.1. Los sensores.....	14
3.1.1. El Micrófono.....	20
3.1.2. La cámara.....	21
3.2. Aplicaciones para el acceso a los sensores.....	24
3.2.1. VidAnalysis Free.....	24
3.2.2. Audio Time + Ciencia Móvil.....	25
4. El coeficiente de restitución en los choques.....	27
5. Experiencias prácticas con el smartphone.....	35
5.1. Práctica 1: Cálculo del coeficiente de restitución a partir del tiempo entre rebotes.	35
5.2. Práctica 2: Cálculo del coeficiente de restitución a partir de la altura de los rebotes. ...	40
6. Metodologías.....	49
6.1. JITT.....	49
6.2. PUZZLE.....	51
7. Secuenciación de las actividades propuestas.....	55
8. Conclusiones.....	57
9. Líneas futuras.....	59
10. Referencias bibliográficas.....	60
11. Enlaces a los videos.....	62
12. Enlaces descarga aplicaciones.....	62
13. Anexos.....	63
13.1. Anexo 1: Datos Práctica 1.....	63
13.2. Anexo 2: Datos práctica 2.....	69
13.3. Anexo 3: Rúbrica evaluación prácticas.....	72
13.4. Anexo 4: Cuestionario JITT.....	73

1. Introducción

A lo largo de la historia, los nuevos descubrimientos tecnológicos en ámbitos económicos, culturales y educativos han ido transformando la sociedad. Estos cambios no han pasado desapercibidos en el ámbito de la educación, que no puede mostrarse ajena a las nuevas herramientas y recursos tecnológicos existentes. Por esta razón, el proceso de enseñanza y aprendizaje debe evolucionar y adaptarse de manera paralela y conjunta a los cambios que experimenta la sociedad, para ser capaz de atender las diferentes demandas que van apareciendo.

Uno de los cambios más palpables que ha afectado a la sociedad de hoy en día, es la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en la vida cotidiana de las personas. El estandarte, que ha acelerado el uso de las TIC, es, sin ninguna duda, la aparición del teléfono móvil inteligente.

La versatilidad y accesibilidad a la información que proporciona el teléfono móvil inteligente ha revolucionado por completo la sociedad actual, haciendo uso de este dispositivo en todos los ámbitos de la vida diaria, incluida la educación.

Sacar partido de las ventajas que proporcionan estos dispositivos tanto dentro del aula, como fuera, en las tareas y el estudio que hace el alumnado en casa, mediante metodologías activas de aprendizaje, es el objetivo de la propuesta didáctica que se presenta en este trabajo.

Las actividades experimentales que podemos realizar gracias al uso del teléfono móvil y el conjunto de los sensores que integra son muy variadas, otorgando al docente un amplio abanico de opciones y diferentes metodologías que incrementan el interés y la motivación de los alumnos. En este trabajo proponemos dos ejemplos experimentales para realizar el cálculo del coeficiente de restitución en choques, propiedad física de cada material, y que está relacionado de forma directa con varios de los contenidos del currículo de secundaria.

La propuesta didáctica que se presenta en este trabajo sigue la siguiente estructura. En el apartado dos se detalla la justificación desde el punto de vista educativo. Tratando aspectos como son el incremento de la motivación y el interés en el proceso de aprendizaje gracias a la incorporación de las TIC y el uso de metodologías activas. También se presentan los contenidos del currículo de secundaria relacionados con los experimentos que se realizarán en este trabajo.

En el tercer apartado, se justifica la elección del teléfono móvil como herramienta docente dentro de los recursos que nos proporcionan las TIC, analizando los sensores más comunes que llevan incorporados, las utilidades de cada uno de ellos y como aprovechar toda la información que obtienen del mundo físico, gracias al desarrollo de

diferentes aplicaciones. Profundizaremos en aquellos sensores y aplicaciones que nos serán de utilidad en las experiencias prácticas propuestas.

En el cuarto apartado se enmarca teóricamente el coeficiente de restitución de los choques como propiedad mecánica de los materiales, haciendo alusión a los principios de conservación del momento lineal, que es lo que se basa el cálculo de este coeficiente mediante las dos experiencias prácticas.

En el apartado cinco, se incluyen los guiones de los dos experimentos diseñados para realizar el cálculo del coeficiente de restitución de choques de una pelota mediante el uso del teléfono móvil utilizando diferentes funcionalidades de este en cada caso.

En el apartado seis, se detallan las metodologías activas en las que se basa esta propuesta didáctica. Estas metodologías van a apoyarse en unos videos de creación propia colgados en la plataforma YouTube, que contendrán las explicaciones teóricas y prácticas para que los alumnos puedan llevar a cabo los experimentos.

El apartado número siete profundiza en la secuenciación y desarrollo de las prácticas experimentales y cómo se integran las metodologías propuestas.

Para finalizar se exponen las conclusiones extraídas de esta propuesta y se presentan unas líneas futuras de trabajo para potenciar aquellos aspectos que resultaron ser interesantes y mejorar aquellos que no alcanzaron del todo su objetivo inicial.

2. Justificación

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) son recursos que han tenido un gran efecto en la sociedad, influyendo en todos los ámbitos de la vida cotidiana. Esto provoca la necesidad de adaptarse lo más rápido posible a las peculiaridades que surgen del uso de las TIC en el día a día.

En la sociedad actual, donde el acceso a la información es inmediato, gracias a internet, la adaptación es una constante, surgiendo nuevas profesiones que tienen como requisito principal una formación específica en el campo de las TIC. Por esta razón, la educación también debe evolucionar e involucrarse en este contexto, fomentando el uso de estas herramientas por parte del alumnado y facilitando la accesibilidad a estos recursos digitales.

Para (Hernandez, 2017) es fundamental trabajar la motivación del alumnado. Una falta de motivación en los estudiantes influye de forma negativa en la enseñanza de los conocimientos y puede dificultar la labor del profesorado a la hora de dar clase.

Cabe destacar que, así como la motivación del alumnado es importante en el proceso de aprendizaje, también lo es mantener la atención de los estudiantes durante las clases. Debemos tener en cuenta, que hoy en día, vivimos constantemente sometidos a estímulos externos muy fuertes, que pueden captar de forma sencilla nuestra atención, por lo que resulta realmente complicado que el alumnado consiga mantener la atención durante largos periodos de tiempo.

En este contexto, el uso de las TIC juega un papel importante gracias a su poder como herramientas activadoras de la motivación y la atención. Según lo expuesto por (Macías González & Manresa Yee, 2013), los niveles de motivación y el grado de interés que presentan los estudiantes se ven alterados ante el uso de las TIC. Quedando reflejado cómo estas herramientas tecnológicas tan usadas en su vida diaria consiguen favorecer el aprendizaje del alumnado, frente a las metodologías clásicas utilizadas hasta ahora en las aulas. La práctica y el uso de estas herramientas en el aula ayudará al alumnado a incorporar las competencias digitales, tan demandadas en la actualidad.

Según (Area et al., 2018), el proceso de aprendizaje tiene que partir del uso de las TIC, ya que la mayoría de los estudiantes se encuentran familiarizados con ellas, obteniendo una mayor motivación. En un estudio en el que participaron 4000 estudiantes, se evidenció que existe una relación entre la motivación y el uso de las TIC. Los alumnos de la etapa secundaria obligatoria obtienen un mayor interés sobre el aprendizaje a través de las TIC; 57.9% siempre les gusta, 39.7% unos días les gusta y otros se aburren y 2.4% se aburren. Asimismo, hay una relación entre el género y la motivación por realizar trabajos con las nuevas tecnologías. Analizando los datos se puede destacar que los alumnos tienen más voluntad por aprender, en definitiva, mayor motivación e interés si su aprendizaje está basado en las TIC.

El papel del docente como propulsor de la utilización de las tecnologías, desempeña una labor muy relevante en la educación actual, puesto que no solo se trata de enseñar los

contenidos sino de promover el grado de motivación y de voluntad del alumnado. El uso de las tecnologías conlleva un gran impacto, debido al cambio de metodología en las aulas, a los nuevos modelos pedagógicos aplicados, lo cual requiere una formación permanente de los docentes (Adams Becker et al., 2017)

En el BOE, concretamente en el Anexo II de la 738 Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, están reflejadas numerosas nociones sobre el rol que desempeña el docente en el uso de las TIC para la obtención de la competencia digital por parte de los alumnos. En ellas, se ven potenciadas las metodologías activas y contextualizadas, que logren alcanzar una mayor motivación de los estudiantes. Además, los docentes deben ser proactivos con el uso estas herramientas teniendo como objetivo mejorar el modelo pedagógico y ayudar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

A pesar de todo, aún queda en este proceso de adaptación al uso de las TIC como se constata en el informe español del programa para la evaluación internacional de alumnos (OECD, 2019). En este informe, evaluado cada 3 años, se analiza el grado de preparación de los estudiantes, entre 15 y 16 años, en diferentes materias con el propósito de evaluar la efectividad de los diferentes sistemas educativos e identificar los avances que se producen, comparándolos con el resto de los países europeos.

Un resultado a destacar de este informe es el bajo nivel de competencias digitales de los alumnos, el aumento de la motivación de los estudiantes con el uso de las TIC y el peso que tiene la implicación por parte del profesorado en todo el proceso. Conforme a esto último a esto último, los docentes deben disponer, cada vez más, de una gran variedad de recursos y estrategias para hacer frente a un aprendizaje diverso, complejo y en constante cambio.

Numerosos autores como (Leontina et al., 2012) señalan que la organización de las sesiones, incluyendo la realización de actividades, procedimientos y recursos facilitados por el docente, constituyen las estrategias motivacionales y promueven el aprendizaje. Ayudando a conseguir los mejores resultados y alcanzar objetivos tales como el acceso a la información, la adquisición de competencias y habilidades, y la formación en valores.

Respecto a la labor que desempeña el docente en el aula, este debe disponer de recursos, materiales concretos, metodologías (Clase invertida, ABP, aprendizaje colaborativo, gamificación) y actividades, para lograr que el aprendizaje sea adquirido.

En este trabajo se proponen una serie de experiencias y metodologías activas que tratarán de poner en práctica todo lo comentado en este apartado. El uso del teléfono móvil como recurso pedagógico será la herramienta fundamental sobre la que se basarán las experiencias prácticas propuestas, tratando su uso tanto en el aula, como fuera de ella, en las actividades propuestas para casa que deben realizar los estudiantes.

De esta forma se busca incrementar el interés y la motivación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Haciendo que el alumnado se sienta más protagonista de su aprendizaje y tratando de despertar la curiosidad del alumno por la materia.

Esta metodología de carácter práctico nos permite trabajar contenidos de varios campos transversalmente. La participación y cooperación por parte de los docentes de las distintas materias permitirá que recursos utilizados de forma habitual en las disciplinas científicas y técnicas puedan ser utilizados con éxito en otras materias. En función de cómo se diseñen las actividades, se relacionarán con unas u otras materias.

En esta propuesta didáctica, abordaremos el cálculo del coeficiente de restitución en los choques mediante el uso del teléfono móvil. Se propondrán dos métodos diferentes para calcular el mismo coeficiente utilizando diferentes funcionalidades del teléfono.

Además, se ha creado el canal “Inclusión del uso del Smartphone en el aula” en YouTube donde están los vídeos utilizados para llevar a cabo las metodologías planteadas. El enlace al canal es: <https://youtube.com/channel/UCRqRDD4pgyA2RrbuGJEIJPQ>

Los contenidos del currículo de educación secundaria, que están relacionados con las actividades a realizar en esta propuesta son:

Tecnología

En esta asignatura se tratan contenidos sobre las propiedades físicas de los materiales técnicos y sus diferentes usos.

TERCER CURSO ESO	
Bloque 3. Materiales de uso técnico	
Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>1. Analizar las propiedades de los materiales utilizados en la construcción de objetos tecnológicos reconociendo su estructura interna y relacionándola con las propiedades que presentan y las modificaciones que se puedan producir.</p> <p>2. Manipular y mecanizar materiales convencionales asociando la documentación técnica al proceso de producción de un objeto, respetando sus características y empleando técnicas y herramientas adecuadas con especial atención a las normas de seguridad y salud.</p>	<p>1.1. Explica cómo se puede identificar las propiedades mecánicas de los materiales de uso técnico.</p> <p>1.2. Describe las características propias de los materiales de uso técnico comparando sus propiedades.</p> <p>2.1. Identifica y manipula las herramientas del taller en operaciones básicas de conformado de los materiales de uso técnico.</p> <p>2.2. Elabora un plan de trabajo en el taller con especial atención a las normas de seguridad y salud.</p>

Tabla 1:Contenidos curriculares de la asignatura Tecnología de 3º de ESO. Tomado de Orden EDU/362, 2015.

Física y Química

En esta asignatura se tratan contenidos relacionados con multitud de teoremas, principios y leyes físicas. Gracias al método científico y el uso del teléfono móvil podremos demostrar de forma práctica muchos de ellos, obteniendo muchos de los datos de entrada necesarios a partir de medidas de diferentes magnitudes realizadas con los sensores del teléfono.

PRIMER CURSO BACHILLERATO	
Bloque 1. La actividad científica	
Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>1. Reconocer y utilizar las estrategias básicas de la actividad científica como: plantear problemas, formular hipótesis, proponer modelos, utilizar la notación científica, elaborar estrategias de resolución de problemas y diseños experimentales y análisis de los resultados.</p> <p>2. Conocer, utilizar y aplicar las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el estudio de los fenómenos físicos y químicos.</p>	<p>1.1. Aplica habilidades necesarias para la investigación científica, planteando preguntas, identificando problemas, recogiendo datos, diseñando estrategias de resolución de problemas utilizando modelos y leyes, revisando el proceso y obteniendo conclusiones.</p> <p>1.2. Resuelve ejercicios numéricos expresando el valor de las magnitudes empleando la notación científica, estima los errores absoluto y relativo asociados y contextualiza los resultados.</p> <p>1.3. Efectúa el análisis dimensional de las ecuaciones que relacionan las diferentes magnitudes en un proceso físico o químico.</p> <p>1.4. Distingue entre magnitudes escalares y vectoriales y opera adecuadamente con ellas.</p> <p>1.5. Elabora e interpreta representaciones gráficas de diferentes procesos físicos y químicos a partir de los datos obtenidos en experiencias de laboratorio o virtuales y relaciona los resultados obtenidos con las ecuaciones que representan las leyes y principios subyacentes.</p> <p>1.6. A partir de un texto científico, extrae e interpreta la información, argumenta con rigor y precisión utilizando la terminología adecuada.</p> <p>2.1. Emplea aplicaciones virtuales interactivas para simular experimentos físicos de difícil realización en el laboratorio.</p> <p>2.2. Establece los elementos esenciales para el diseño, la elaboración y defensa de un proyecto de investigación, sobre un tema de actualidad científica, vinculado con la Física o la Química, utilizando preferentemente las TIC.</p>

Tabla 2: Contenidos curriculares de la asignatura Física y Química de 1º de Bachillerato. Tomado de Orden EDU/363, 2015.

PRIMER CURSO BACHILLERATO	
Bloque 7. Dinámica	
Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>1. Identificar todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y resolver ejercicios de composición de fuerzas.</p> <p>2. Resolver situaciones desde un punto de vista dinámico que involucran planos horizontales o inclinados y /o poleas.</p> <p>3. Reconocer las fuerzas elásticas en situaciones cotidianas, calcular su valor y describir sus efectos relacionándolos con la dinámica del M.A.S.</p> <p>4. Aplicar el principio de conservación del momento lineal a sistemas de dos cuerpos y predecir el movimiento de estos a partir de las condiciones iniciales.</p> <p>5. Justificar la necesidad de que existan fuerzas para que se produzca un movimiento circular.</p>	<p>1.1. Representa todas las fuerzas que actúan sobre un cuerpo, obteniendo la resultante, y extrayendo consecuencias sobre su estado de movimiento.</p> <p>1.2. Dibuja el diagrama de fuerzas de un cuerpo situado en el interior de un ascensor en diferentes situaciones de movimiento, calculando su aceleración a partir de las leyes de la dinámica.</p> <p>2.1. Calcula el módulo del momento de una fuerza en casos prácticos sencillos.</p> <p>2.2. Resuelve supuestos en los que aparezcan fuerzas de rozamiento en planos horizontales o inclinados, aplicando las leyes de Newton.</p> <p>2.3. Relaciona el movimiento de varios cuerpos unidos mediante cuerdas tensas y poleas con las fuerzas actuantes sobre cada uno de los cuerpos.</p> <p>3.1. Determina experimentalmente la constante elástica de un resorte aplicando la ley de Hooke y calcula la frecuencia con la que oscila una masa conocida unida a un extremo del citado resorte.</p> <p>3.2. Demuestra que la aceleración de un movimiento armónico simple (M.A.S.) es proporcional al desplazamiento utilizando la ecuación fundamental de la Dinámica.</p> <p>3.3. Estima el valor de la gravedad haciendo un estudio del movimiento del péndulo simple.</p> <p>4.1. Establece la relación entre impulso mecánico y momento lineal aplicando la segunda ley de Newton.</p> <p>4.2. Explica el movimiento de dos cuerpos en casos prácticos como colisiones y sistemas de propulsión mediante el principio de conservación del momento lineal.</p> <p>5.1. Aplica el concepto de fuerza centrípeta para resolver e interpretar casos de móviles en curvas y en trayectorias circulares.</p>

Tabla 3:Contenidos curriculares de la asignatura Física y Química de 1º de Bachillerato. Tomado de Orden EDU/363, 2015.

Tecnologías de la Información y la Comunicación

En esta asignatura podemos trabajar la creación y difusión de contenidos multimedia con los estudiantes.

Para la realización de las prácticas utilizaremos la plataforma YouTube para acceder a unos vídeos, previamente grabados por el profesor, relacionados con las prácticas a realizar donde se detallan las instrucciones y pasos a seguir para completar los experimentos propuestos. Este tipo de videos, permiten a los estudiantes. volver a visualizarlos en cualquier lugar o momento para repasar los contenidos que tratan, de una forma fácil y atractiva para el alumnado.

Podemos utilizar estos vídeos como ejemplo, para pedir a los estudiantes que realicen videos similares sobre alguna actividad como trabajo propuesto durante el curso, en lugar de pedir una presentación o memoria.

CUARTO CURSO ESO	
Bloque 3. Organización, diseño y producción de información digital	
Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
1. Utilizar aplicaciones informáticas de escritorio para la producción de documentos. 2. Elaborar contenidos de imagen, audio y video y desarrollar capacidades para integrarlos en diversas producciones.	1.1. Elabora y maqueta documentos de texto con aplicaciones informáticas que facilitan la inclusión de tablas, imágenes, fórmulas, gráficos, así como otras posibilidades de diseño e interactúa con otras características del programa. 1.2. Produce informes que requieren el empleo de hojas de cálculo, que incluyan resultados textuales, numéricos y gráficos. 1.3. Elabora bases de datos sencillas y utiliza su funcionalidad para consultar datos, organizar la información y generar documentos. 2.1. Integra elementos multimedia, imagen y texto en la elaboración de presentaciones adecuando el diseño y maquetación al mensaje y al público objetivo al que va dirigido. 2.2. Emplea dispositivos de captura de imagen, audio y video y mediante software específico edita la información y crea nuevos materiales en diversos formatos.

Tabla 4: Contenidos curriculares de la asignatura Tecnologías de la Información y la Comunicación de 4º de ESO.
Tomado de Orden EDU/362, 2015.

CUARTO CURSO ESO	
Bloque 5. Publicación y difusión de contenidos	
Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
<p>1. Utilizar diversos sistemas de intercambio de información conociendo las características y la comunicación o conexión entre ellos.</p> <p>2. Configurar y utilizar adecuadamente los principales navegadores de Internet y elaborar y publicar contenidos en la web integrando información textual, numérica, sonora y gráfica. 3. Conocer los estándares de publicación y emplearlos en la producción de páginas web y herramientas TIC de carácter social.</p>	<p>1.1. Realiza actividades que requieren compartir recursos en redes locales y virtuales. 2.1. Integra y organiza elementos textuales y gráficos en estructuras hipertextuales.</p> <p>2.2. Diseña páginas web y conoce los protocolos de publicación, bajo estándares adecuados y con respeto a los derechos de propiedad. 3.1. Participa colaborativamente en diversas herramientas TIC de carácter social y gestiona los propios.</p>

Tabla 5: Contenidos curriculares de la asignatura Tecnologías de la Información y la Comunicación de 4º de ESO. Tomado de Orden EDU/362, 2015.

Para la realización de nuestras experiencias prácticas, donde calcularemos el coeficiente de restitución en los choques, estas son las áreas donde podemos encontrar una mayor relación dentro del currículo de la educación secundaria.

Sin embargo, lo que pretendemos en este trabajo es plantear las posibilidades que tiene el uso del teléfono móvil como herramienta docente, y extender su práctica a los diferentes campos. El teléfono móvil es un dispositivo está muy extendido y resulta muy accesible y versátil para el alumnado. Los conocimientos previos necesarios para utilizar el teléfono móvil para la realización de las prácticas no son un problema puesto que alumnado, nativo digital, lo utiliza de forma cotidiana en su vida diaria. Se trata de fomentar el uso del teléfono móvil de forma responsable y controlada en el aula, para mejorar la atención y motivación de los estudiantes, mejorando su proceso de aprendizaje.

3. El Smartphone como recurso pedagógico

La Tecnología ha traído importantes cambios a la sociedad, la Educación y los centros escolares no pueden ser ajenos a esta situación (Hernandez, 2017). La experiencia día a día nos demuestra que para participar en la sociedad tecnológica es imprescindible tener una accesibilidad a las TIC, y que cuando los modelos pedagógicos se sirven de éstas, resultan provechosas en el aprendizaje: mejorando las competencias personales y profesionales necesarias (Hernandez, 2017). Dado que los estudiantes actuales han nacido en una era digital, parece que todo aquello no relacionado con las TIC no les despierta las mismas curiosidades ni el mismo grado de interés y motivación. Los métodos que no incorporan las Tecnologías no son atractivos para estos nativos digitales, llegando a desmotivar incluso. La educación debe sacar partido de los hábitos digitales para estimular la formación y participación del alumnado, pues estarán más motivados y estimulados para aprender (La Vanguardia, 2015). La utilización de material tecnológico en el aula, debidamente adaptado a las actividades y el conocimiento que se quiere transmitir al alumnado, actúa como un catalizador, generando un mayor atractivo hacia el estudiante por la asistencia al centro y estimulando su iniciativa e implicación en el aprendizaje.

Existen crecientes inversiones de la Consejería de Educación de Castilla y León sobre las Tecnologías de la Información y la Comunicación, pero sigue habiendo colegios para los que estos recursos no son suficientes. Muchos institutos optan por la propuesta Bring Your Own Device (BYOD), trae tu propio dispositivo en español, en la que el alumnado lleva sus propios dispositivos para el trabajo en el aula.

Menores usuarios de TIC en los últimos tres meses. Año 2019

Porcentajes de población de 10 a 15 años

	Usuarios de ordenador	Usuarios de internet	Disposición de móvil
TOTAL	89,7	92,9	66,0
Por sexo			
Hombres	87,9	92,7	65,0
Mujeres	91,7	93,1	67,1
Por edad			
10 años	79,1	86,7	22,3
11 años	87,3	92,2	38,1
12 años	91,2	92,4	63,9
13 años	93,9	93,0	84,0
14 años	93,7	95,2	92,5
15 años	93,6	98,0	93,8

Figura 1: Estadísticas uso de TIC y disposición del teléfono móvil en menores de edad.

Según una encuesta del Instituto Nacional de Estadística (INE) para el estudio Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares un 66% de los menores españoles entre 10 y 15 años tiene teléfono móvil. Además, nueve de cada diez usan el ordenador y se conectan a Internet. Separados por franjas de edad,

un 22,3% de los menores de 10 años tienen móvil; el 38,1 % con 11 años; el 63,9%, con 12 años; el 84%, con 13 años; el 92,5%, con 14 años; y el 93,8%, con 15 años.

Según recientes estudios el 86% de los estudiantes utiliza teléfonos móviles u otros dispositivos conectados a internet al menos una hora en sus centros educativos durante las clases, de los cuales el 45% lo hacen para consultar las redes sociales. Parece lógico, tratar de enfocar este uso del móvil para lograr los objetivos y competencias deseadas, reconduciendo al alumno a un uso correcto y responsable del mismo. Prohibir su uso en el aula nos privaría de las ventajas expuestas anteriormente.

Es por estas razones, por la que en este trabajo nos vamos a centrar en el uso del teléfono móvil como herramienta docente, siendo el principal protagonista de las experiencias prácticas propuestas. El tamaño reducido de estos dispositivos, su popularización dentro del alumnado y la versatilidad que nos proporcionan todas las funcionalidades tecnológicas que incorporan, hacen de ellos una herramienta pedagógica excelente.

Anteriormente hemos comentado las capacidades que tiene el teléfono móvil para la creación y difusión de contenido multimedia, así como las funcionalidades de comunicación y acceso a la información. En nuestra propuesta didáctica nos centramos en otra capacidad menos conocida del teléfono móvil: la medida y captación de diferentes magnitudes físicas, a partir el acceso a los múltiples sensores del teléfono.

En el siguiente apartado introduciremos algunos de los sensores más comunes en los teléfonos inteligentes, haciendo una breve descripción del funcionamiento y funcionalidades de cada uno de ellos. También se detallará como acceder a las lecturas realizadas por estos sensores y que aplicaciones nos facilitan este acceso, haciendo hincapié, en aquellas que utilizaremos más adelante en el desarrollo de las prácticas.

3.1. Los sensores

Los teléfonos móviles inteligentes son una herramienta mucho más compleja de lo que parecen. En primer lugar, podríamos pensar en el smartphone como un dispositivo que nos permite realizar llamadas y enviar mensajes, navegar por internet, ver vídeos y compartir contenido en las redes sociales, así como, infinidad de utilidades que nos proporcionan las diferentes aplicaciones instaladas en el teléfono. Todo esto empleando una pantalla táctil que hace que el uso del teléfono móvil sea más interactivo e intuitivo para el usuario.

Con el paso de los años, los teléfonos móviles han ido aumentando en dimensiones de pantalla, en potencia y también en el número de cámaras que integran. Estos componentes, no son los únicos que han evolucionado en número y prestaciones: también los sensores internos se han multiplicado. En cada teléfono hay multitud de

sensores, y tan variados, que pueden mostrarnos información y mediciones de numerosas magnitudes físicas. A continuación, vamos a describir algunos de los sensores más habituales y que podemos encontrar en la mayoría de los teléfonos comerciales. Haremos hincapié en el micrófono y la cámara, puesto que son los sensores con los que trabajaremos en las prácticas propuestas.

Acelerómetro

El acelerómetro es un componente MEMS (Sistema Micro Electro Mecánico) que detecta si el teléfono se mueve en una determinada dirección, si vibra, o si se agita. Este sensor les dice a las aplicaciones si estamos usando el móvil en vertical u horizontal, permitiéndole ajustar la interfaz. También es capaz de detectar si el móvil está boca arriba o boca abajo.

Al ser la aceleración una magnitud vectorial, es necesario incorporar 3 acelerómetros, que se integran dentro de un mismo chip, para detectar la aceleración en los tres ejes de coordenadas (X, Y y Z). Este sensor está formado por una parte móvil y una parte fija que producen variaciones de tensión eléctrica, entre sí, las cuales son medidas para determinar el movimiento y la posición del dispositivo.

Sensor de proximidad

Está compuesto por un emisor LED de infrarrojos y un receptor de infrarrojos que detecta la vuelta del rayo cuando rebota con una superficie. Para conocer la distancia a la que se encuentran los objetos, se tiene en cuenta el tiempo que tarda el rayo infrarrojo emitido en volver al receptor. Una de sus funciones es la de desactivar el control táctil de la pantalla cuando acercamos el teléfono a la cara para hablar, pero también otras como desbloquear el móvil al pasar la palma de la mano por encima y leer diferentes gestos que podamos hacer con la mano sobre la pantalla.

Giroscopio.

El giroscopio mide la orientación en el espacio de un objeto. Comparte algunas de las funciones del acelerómetro, pero es mucho más preciso. Es capaz de medir la rotación del móvil, es decir, cómo gira sobre su propio eje.

El giroscopio está formado por brazos en constante vibración. Esta vibración varía cuando un movimiento incide en ella, y estos cambios son leídos por un brazo de detección.

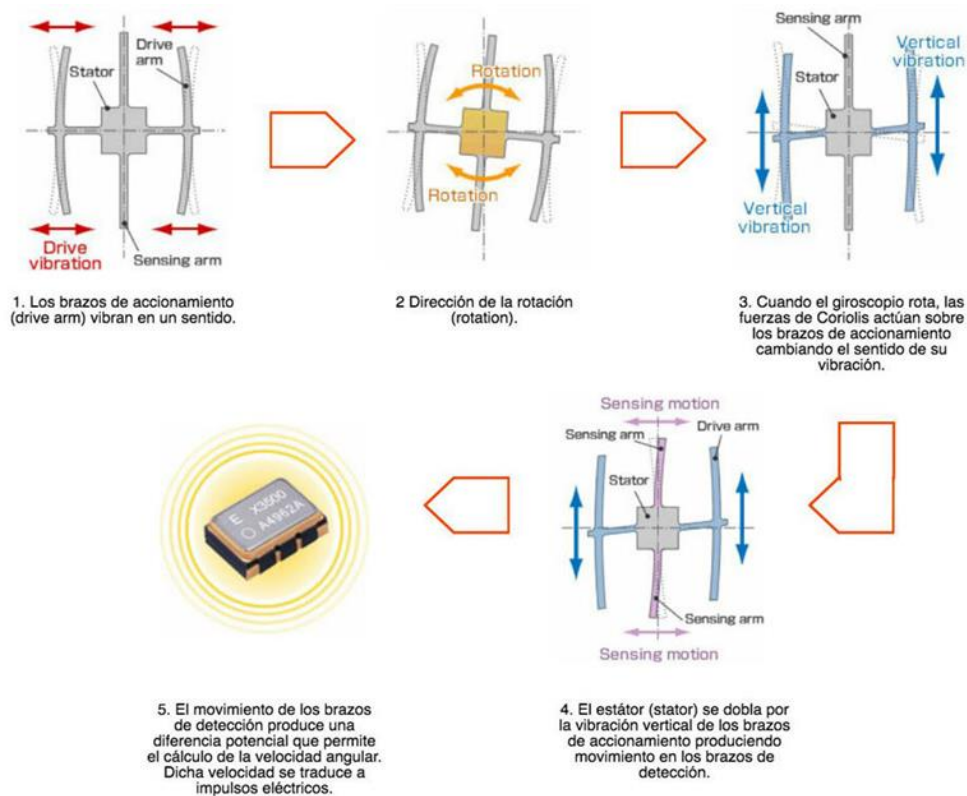


Figura 2: Esquema del funcionamiento de un giroscopio.

Se usa, por ejemplo, para controlar funciones del smartphone por gestos como girar la muñeca o pequeños giros, que se utilizan en algunas aplicaciones y sobre todo en juegos.

Sensores capacitivos

La tecnología que usan las pantallas táctiles que utilizamos hoy en día está basada en la utilización de estos sensores. Las pantallas táctiles disponen de un conductor transparente por el que circula una corriente eléctrica constante. Este conductor está cubierto por una capa aislante, como es el cristal de la pantalla. A partir de la variación de la corriente eléctrica el sensor es capaz de determinar el lugar exacto donde estamos pulsando. Esta variación de corriente que experimenta el material conductor se debe a una distorsión electrostática que se produce cuando tocamos con los dedos la pantalla.

Magnetómetro

El magnetómetro detecta las variaciones del campo magnético en las tres dimensiones (X, Y, Z), consiguiendo, situar al teléfono en el espacio para que se pueda calcular mejor la posición utilizando también los datos del resto de los sensores de movimiento: acelerómetros y giroscopio.

GPS

El sensor GPS, que incorporan los teléfonos móviles, es un sistema que permite localizar el teléfono sobre la Tierra con una precisión de unos pocos metros. Para determinar la posición el sensor capta la señal emitida por varios satélites (al menos 3) que orbitan alrededor de la Tierra, y mediante triangulación de las señales recibidas, realiza el cálculo de posición. Para obtener una mayor precisión también utiliza la posición de las antenas de telefonía más cercanas y las redes Wifi. Como depende de las señales de satélites de comunicación es común que la señal recibida de estos se debilite si nos encontramos en el interior de un edificio.

El GPS es utilizado por multitud de aplicaciones que tenemos instaladas en el teléfono móvil, como aplicaciones de navegación para situarte en el mapa o incluso cuando hacemos una fotografía, dejando registrado las coordenadas del lugar dónde capturamos la imagen.

Lector de huellas

El lector de huellas es un sensor que han ido incorporando los smartphones en los últimos tiempos. Al igual que las pantallas táctiles, el lector de huellas se compone de sensores capacitivos en una zona del teléfono, donde colocaremos el dedo. Al posicionar el dedo sobre el lector de huellas, este es capaz de reconocer las líneas de nuestra huella dactilar, creando una imagen digital de las mismas que es guardada en memoria como patrón de reconocimiento. Una vez guardada la imagen patrón, cuando volvemos a colocar el dedo sobre el sensor de huellas, este compara la imagen patrón registrada con la generada por el sensor, reconociendo si esas huellas son del dueño del móvil o son de otra persona.

Este sensor se suele utilizar como método biométrico para la identificación del usuario, sustituyendo otros métodos menos seguros como son el uso de un patrón, PIN o contraseña.

Medidor de ritmo cardiaco

Este sensor este compuesto por un emisor LED y un sensor óptico. El usuario, debe presionar con su piel sobre el sensor, de forma que no haya luz ambiente entre ellos. En este momento el emisor LED, proyecta un haz de luz sobre la piel lo que permite al sensor óptico identificar cambios de color en los vasos sanguíneos provocados por las pulsaciones del corazón. El ritmo con el que se producen estos cambios coincide con el ritmo cardiaco.

Estos sensores también puedes medir el nivel de oxígeno en la sangre. Utilizan un LED de amplio espectro y miden el espectro que recibe de vuelta el sensor. En función del nivel de oxígeno de la sangre, la luz se absorbe de una u otra manera.

Actualmente, estos sensores aparecen de forma frecuente en pulseras y relojes deportivos, con los que monitorizar el ritmo cardiaco y el nivel de oxígeno en sangre en todo momento, y, sobre todo, cuando se está realizando ejercicio físico.

Termómetro

Los teléfonos móviles inteligentes disponen de multitud de termómetros internos que monitorizan y controlan la temperatura de sus circuitos internos y componentes más importantes como la batería. Esta información permite a los móviles reducir su rendimiento o incluso apagarse como medida de protección si las temperaturas registradas por estos sensores superan un cierto valor.

Algunos dispositivos móviles incorporan además termómetro de uso externo para medir la temperatura ambiente. Este sensor no es muy común porque el propio calor que desprende el teléfono móvil por el simple hecho de estar encendido provoca una distorsión de las medidas de temperatura registradas.

Sensor de luz ambiental

Este sensor es el encargado de medir la cantidad de luz ambiente que hay en el ambiente. Con esta información el teléfono es capaz de regular el brillo de la pantalla de forma automática y adaptarlo a las condiciones externas de luminosidad tanto si estamos en el exterior como si nos encontramos en el interior de un edificio.

Sensor de humedad

Este tipo de sensores proporcionan una función de seguridad a los teléfonos móviles que los incorporan. Se encargan de medir la humedad en el interior del teléfono permitiendo que este se desconecte totalmente si se detecta que se ha mojado, protegiendo de esta forma los componentes y circuitos internos.

Existen diferentes tipos de este sensor. Algunos utilizan condensadores y controlar la variación de capacidad de estos cuando se humedecen y otros monitorizan en todo momento la conductividad de algunos circuitos que sufre variaciones dependiendo del nivel de humedad.

Sensor infrarrojo

Algunos móviles implementan este sensor no tan extendido que permitirán controlar dispositivos del hogar como televisiones o máquinas de aire acondicionado de igual forma que lo haríamos con un mando a distancia. Estos dispositivos incorporan receptores infrarrojos que captaran las señales enviadas por el teléfono móvil mediante diferentes aplicaciones.

Barómetro

Algunos modelos de móviles de alta gama cuentan con un barómetro. Este sensor sirve para medir la presión ambiental en el aire. Esto es de utilidad para conocer la altura sobre el nivel del mar a la que nos encontramos, lo que puede ayudar a conseguir un posicionamiento GPS más preciso.

Bluetooth

La tecnología Bluetooth® es una tecnología inalámbrica de corto alcance (10 metros) que permite la comunicación inalámbrica de datos entre dos dispositivos digitales. Esto permite a los teléfonos móviles realizar funciones como: transferir archivos o fotos a otros dispositivos, escuchar música en auriculares inalámbricos, sincronización con otros dispositivos inteligentes, compartir la conexión a internet o controlar diferentes dispositivos de domótica.

WiFi

WiFi, es una tecnología que posibilita la conexión inalámbrica entre dispositivos electrónicos. Esta tecnología que integran los teléfonos móviles se basa en ondas de radio. Por lo tanto, las redes WiFi utilizan el aire como medio para transmitir datos. Las frecuencias que utiliza el WiFi son de 2,4 GHz y 5 GHz. Aunque la frecuencia de 2,4GHz ofrece mayores prestaciones, se utilizan ambas frecuencias y en algunos casos de forma combinada, para aumentar la velocidad de transmisión de los datos.

Mediante el Wifi, el teléfono móvil es capaz de conectarse a un router, y obtener acceso inalámbrico a Internet.



Figura 3: Representación de múltiples dispositivos conectados a una red WiFi.

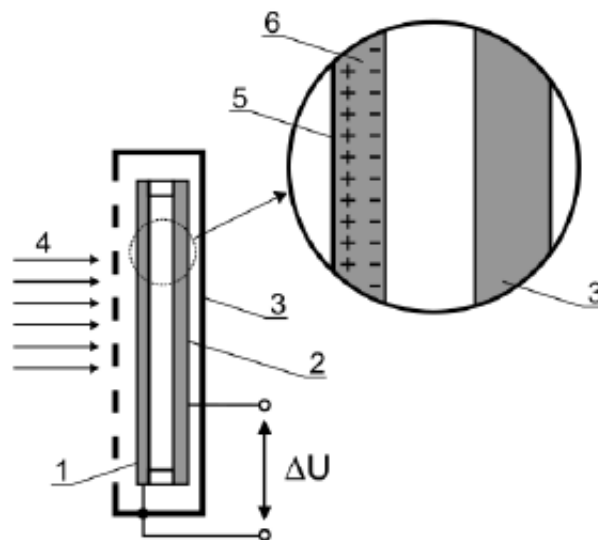
4G/5G

La tecnología 4G es un servicio de telefonía móvil diseñado para dar soporte constante al acceso de teléfonos móviles y dispositivos portátiles a la red de Internet de forma inalámbrica y en cualquier parte del mundo. La telefonía móvil consiste en la combinación de una red de estaciones transmisoras o receptoras de radio y una serie de centrales telefónicas de conmutación, que posibilita la comunicación entre teléfonos móviles y teléfonos de la red fija tradicional. La tecnología 5G hace alusión a la siguiente generación de tecnologías de telefonía móvil, que proporcionará mejores prestaciones en cuanto a la velocidad de transmisión de datos, al número de dispositivos conectados por km² y a una reducción de la latencia de conexión.

3.1.1.El Micrófono

Todos los teléfonos móviles disponen de micrófono, ya que, sin este sensor, no podríamos hablar por teléfono. El micrófono es uno de los sensores que vamos a utilizar para realizar las experiencias prácticas propuestas en este trabajo. Por esta razón, profundizaremos más sobre su funcionamiento, desde el punto de vista físico.

Los micrófonos utilizados en los smartphones son de la categoría conocida como micrófono de condensador Electret, aunque últimamente se están sustituyendo por una variante de tipo electromecánico, que aporta la ventaja de que poseen un perfil más plano y permitiendo su montaje sobre la superficie de la placa base del dispositivo.



Micrófono de condensador electret. 1 membrana, 2 placa rígida metálica, 3 alojamiento, 4 presión acústica, 5 capa metálica 6. capa plástica electret. De CLI (CC BY-SA 3.0) via wikimedia commons

Figura 4: Detalle constructivo de un micrófono de condensador Electret.

Ambos tipos de micrófonos son pequeños, ligeros y baratos, con buena sensibilidad y rango de frecuencia. El fenómeno físico en el que se basan es el condensador de placa. El sonido (presión) cambia la distancia entre las dos placas del condensador modificando el valor de la capacitancia. Estos cambios producidos en capacitancia provocan cambios en el voltaje al que están sometidas ambas placas. Esta variación de voltaje es medible, lo que permite convertir el sonido en una señal eléctrica que puede ser manipulada, almacenada, reproducida o transmitida.

Estos micrófonos se integran en circuitos convertidores Analógico/Digital sobre el mismo chip, convirtiendo al micrófono en un micrófono digital completo y facilitando su instalación en los diferentes dispositivos móviles.

El uso de micrófonos microelectromecánicos ha aportado ventajas en cuanto a la calidad y el tamaño de los micrófonos en dispositivos móviles, por el contrario, está más limitado en cuanto al rango dinámico del mismo. En este tipo de micrófonos el rango dinámico es de 60dB aproximadamente.

El rango dinámico que encontramos en una conversación telefónica entre dos personas es de unos 35dB, lo que indica que este tipo de micrófonos podría cubrir una conversación holgadamente. Sin embargo, muchas veces el rango dinámico de la música o el sonido ambiente supera la barrera de los 60dB máximos admisibles por el micrófono por lo que es necesario utilizar métodos de compresión en la señal de audio, reduciendo la calidad del sonido. Una solución a este problema es conectar micrófonos externos a los dispositivos móviles convirtiendo a estos por medio de diferentes aplicaciones en medidores de ruido, grabadoras/reproductores etc.

En los últimos tiempos las marcas fabricantes de móviles tienden a incorporar más de un micrófono en los dispositivos. La existencia de múltiples micrófonos permite a los teléfonos reducir los ruidos no deseados que pueden aparecer durante una llamada. La reducción de ruidos se basa en la resta de las señales eléctricas producida por el micrófono principal que se encarga de captar la voz del usuario, y las ondas eléctricas producidas por los ruidos externos que son captadas tanto por el micrófono principal como por el resto. Esta reducción del ruido solo funciona correctamente si el micrófono principal del teléfono está orientado correctamente hacia la fuente de sonido.

3.1.2. La cámara

La cámara fotográfica también es uno de los elementos que llevan todos los teléfonos móviles y tabletas. Es más, casi todos incorporan una cámara en la parte delantera del aparato para realizar videoconferencias y autorretratos y otra en la parte trasera para propiamente realizar fotografías y videos.

Los sensores de las cámaras fotográficas de los teléfonos móviles son del tipo CMOS. Se opta por esta tecnología ya que es similar en calidad a los sensores CCD, los CMOS permiten mayor velocidad de captura de imágenes, son más baratos y consumen menos batería.

El sensor semiconductor complementario de óxido metálico (CMOS) está formado por millones de sensores de píxeles, incluyendo un fotodetector en cada uno de ellos. A medida que la luz entra en la cámara a través de la óptica, incide sobre el sensor CMOS, provocando que cada fotodetector acumule una carga eléctrica acorde a la cantidad de luz que incide sobre él. Cada fotorreceptor está conectado a un conjunto de nano-transistores que convertirá esa carga eléctrica almacenada en un valor digital. Para determinar el color, es necesario colocar una matriz de filtros de color sobre el sensor capturando las componentes de luz roja, verde y azul que caen sobre el sensor de forma individual. El software utilizado para mostrar las fotos traduce todas las lecturas de los píxeles individuales y conforma la imagen con todos ellos.

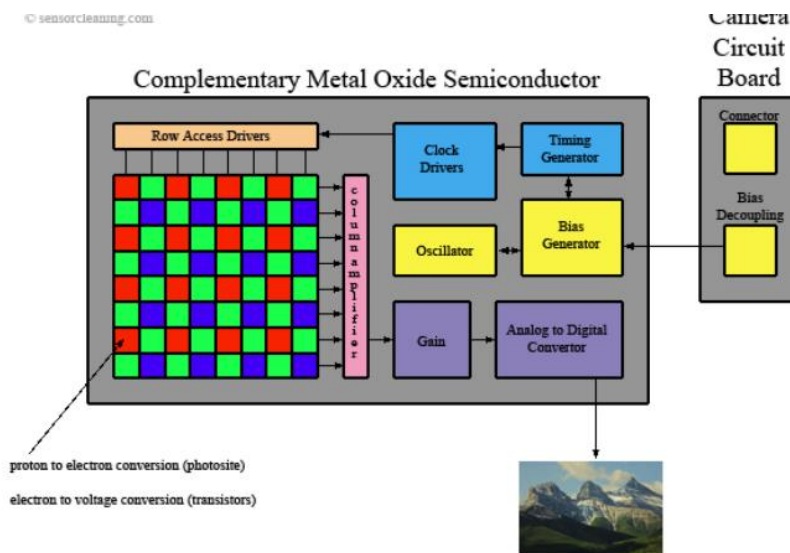


Figura 5: Esquema de funcionamiento de un sensor CMOS.

En los últimos tiempos, además de las dos cámaras mencionadas, se han incorporado más cámaras en la parte trasera de los dispositivos, variando el tipo de lente de cada cámara, lo que ofrece al usuario multitud de opciones dependiendo del tipo de fotografía que se quiera realizar. A continuación, se muestran las cámaras que podemos encontrar en un teléfono móvil y sus características particulares:

- **Cámara principal:** La cámara principal de un teléfono móvil suele tener un ángulo de visión de unos 60°. La apertura puede variar desde f/1.5 hasta f/2.8
- **Cámaras Teleobjetivo:** Mientras que la mayoría de las cámaras de teléfonos inteligentes permiten hacer zoom de forma digital (Recortando la imagen y ampliando el resultado), los teléfonos móviles que incorporan lentes tele

separadas lo consiguen de forma óptica. Esta segunda cámara suele tener una distancia focal algo más larga o un sensor algo más pequeño.

- **Cámaras de gran angular:** Las lentes de gran angular permiten capturar más contenido de la imagen ampliando el ángulo de visión, al contrario que las cámaras teleobjetivo.
- **Cámaras Infrarrojas:** Una cámara infrarroja permite la obtención de imágenes térmicas, con diferentes aplicaciones dependiendo del ámbito.
- **Cámaras ToF (Tiempo de vuelo):** Las cámaras ToF (Time Of Flight) se basan en esta tecnología para obtener un mapeo 3D de la superficie fotografiada. Mediante el sistema infrarrojo se proyectan varios haces de luz hacia delante. La cámara del teléfono móvil es capaz de medir el periodo de tiempo que pasa entre la emisión y la recepción de estos haces, proporcionando la capacidad de medir la profundidad completa de una escena con un único disparo.

Otra mejora sustancial de las nuevas generaciones de teléfonos móviles son la incorporación de un estabilizador óptico de imagen (OIS) que es capaz de contrarrestar los temblores de la mano en el momento de capturar las imágenes, aumentando la calidad de la fotografía considerablemente.

Algunas de funciones más comunes los teléfonos móviles de hoy en día utilizan el sensor de imagen, como pueden ser:

- **Reconocimiento facial:** Se utiliza la cámara frontal del teléfono para reconocer los rostros de las personas generando una imagen digital del usuario que se almacena. Se puede utilizar para desbloquear el dispositivo o como método biométrico de identificación del usuario
- **Lector de iris:** Está basado en los mismos principios que el sensor de la huella dactilar, en este caso, identificando los patrones que cada persona tiene en el iris. Para poder identificar con precisión los patrones del iris se utiliza luz infrarroja que reduce los reflejos del ojo obteniendo una mejor imagen. Este sensor se utiliza como método biométrico de identificación del usuario para evitar que otras personas puedan utilizar el teléfono móvil.
- **Lector de códigos QR:** Esta funcionalidad, tan de moda hoy en día, la realiza la cámara de fotos del teléfono móvil. Nos permite escanear códigos en 2D, obteniendo de esta forma la información codificada en el código como pueden ser links a páginas web, información de un cierto producto etc.

3.2. Aplicaciones para el acceso a los sensores.

Actualmente, existen multitud de aplicaciones desarrolladas para obtener los valores que están captando cada uno de los sensores del teléfono móvil. A través de estas aplicaciones, somos capaces de extraer y analizar los datos recogidos por los sensores y utilizarlos para realizar experimentos o comprobar teoremas que solo podríamos hacer si disponemos de los equipos necesarios.

Esto hace del teléfono móvil una potente herramienta desde el punto de vista educativo, ya que, hoy en día, la gran mayoría del alumnado dispone de su propio teléfono móvil, por lo que podremos emplearlo para la realización de prácticas y como un recurso fuera del aula. Además, la incorporación de las TIC y el uso del teléfono móvil resultan más atractivas y motivadoras para los estudiantes que la metodología tradicional, a la hora de realizar experimentos y demostrar complejos teoremas.

Algunas de las aplicaciones que trabajan con los datos captados por los sensores del teléfono son las que mediante la captura de datos de ciertos sensores nos proporcionan una utilidad concreta como puede ser la aplicación “Smart Tools Transportador”, que hace el papel de un transportador de ángulos utilizando el acelerómetro y el giroscopio incorporado del teléfono móvil. Estas aplicaciones nos proporcionan medidas directas de algún fenómeno físico concreto mediante la combinación de los datos obtenidos por varios sensores.

Por otro lado, existen aplicaciones que nos proporcionan el valor leído por los sensores integrados en el teléfono en tiempo real representando gráficamente sus valores frente al tiempo. En este tipo de aplicaciones, se pueden exportar los datos leídos en formato “.csv” para tratarlos y analizarlos en aplicaciones externas como pueden ser las hojas de cálculo. Un ejemplo de este tipo de aplicaciones es “**Phyphox**”.

En los siguientes subapartados nos centraremos en las aplicaciones que utilizaremos para la realización de las experiencias prácticas.

3.2.1. VidAnalysis Free

VidAnalysis es una herramienta multipropósito: combinando el análisis de videos, con la física y las matemáticas podemos obtener datos del movimiento de un objeto y representar las gráficas de la posición, de la velocidad y de la aceleración frente al tiempo. Además, permite guardar las gráficas y los datos en formato “.csv” para su análisis posterior con hojas de cálculo. También nos permite parar y congelar el video para determinar un valor de posición en un momento concreto.

Utilizaremos esta aplicación para el cálculo del coeficiente de restitución en los choques mecánicos, a partir de la medición de la altura que alcanza la pelota entre los sucesivos botes en el suelo. El uso y la configuración de esta aplicación para el desarrollo de la práctica propuesta se explicará de forma didáctica en un video colgado en YouTube al que los alumnos tendrán acceso.

3.2.2. Audio Time + Ciencia Móvil

Audio Time Ciencia Móvil es una aplicación que nos permite registrar las señales de audio captadas por el micrófono del teléfono móvil, pudiendo conectar un micrófono externo al teléfono si deseamos realizar grabaciones de mayor calidad. Una vez almacena la señal de audio, la aplicación nos proporciona la capacidad de visualizar gráficamente la intensidad de la señal en el tiempo, lo que nos ayudará a identificar diferentes eventos de audio y medir el tiempo transcurrido entre ellos. El análisis gráfico de la señal de audio da una idea inmediata de los valores máximos y mínimos de la intensidad de la onda sonora que estamos midiendo.

También ofrece la posibilidad de guardar y exportar el archivo de audio a otro dispositivo como un ordenador para analizarlo con otras aplicaciones Audacity, que, aunque presenta las mismas posibilidades que Audio Time Ciencia Móvil, es más preciso a la hora de utilizarlo por disponer de una pantalla de mayor tamaño.

Esta aplicación ha sido desarrollada por R. Wisman y K. Forinash, profesores de informática y de física en la Universidad de Indiana (EE. UU.). Estas capacidades son muy interesantes para la experimentación en diferentes campos de la física donde a veces es complicado identificar momentos concretos en el tiempo, siendo extremadamente sencillo realizarlo si disponemos de la representación de la onda sonora en el tiempo.

Utilizaremos esta aplicación para el cálculo del coeficiente de restitución en los choques mecánicos, a partir del tiempo transcurrido entre los sucesivos botes de la pelota en el suelo. El uso y la configuración de esta aplicación para el desarrollo de la práctica propuesta se explicará de forma didáctica en un video colgado en YouTube al que los alumnos tendrán acceso.

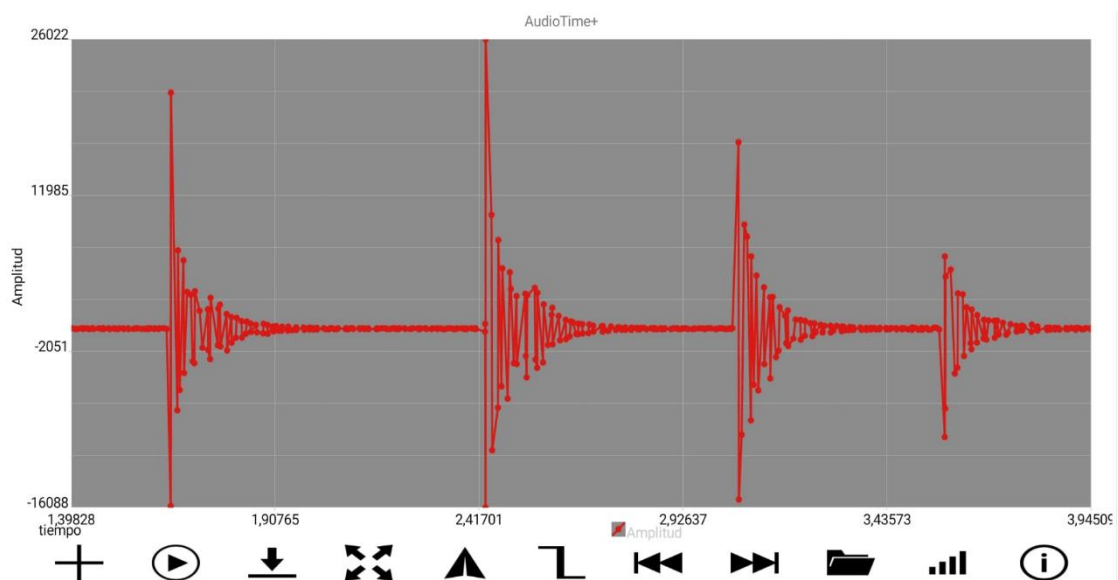


Figura 6: Representación gráfica de la amplitud del sonido producido al dejar caer una pelota al suelo.



Figura 7: Captura de pantalla de AudioTime+ que muestra el periodo de tiempo transcurrido entre dos botes.

4. El coeficiente de restitución en los choques

Los principios de conservación son leyes fundamentales de la Física que expresan propiedades esenciales de la naturaleza. En la Dinámica son tres los principios de conservación más importantes: el principio de conservación del momento lineal, el del momento angular o momento cinético y el de la energía mecánica. Para explicar el marco teórico en el que esta contextualizado nuestro experimento, vamos a profundizar en el primero de los principios.

El principio de conservación del momento lineal o cantidad de movimiento dice:

“Si la resultante de las fuerzas externas que actúan sobre un sistema es nula, entonces la cantidad de movimiento o momento lineal del sistema permanece constante, es decir, no varía”

Matemáticamente:

$$\sum \overrightarrow{F_{EXT}} = 0 \quad \longrightarrow \quad \overrightarrow{\Delta p} = 0 \quad \longrightarrow \quad \vec{p} = cte \quad \longrightarrow \quad \overrightarrow{p_{inicial}} = \overrightarrow{p_{final}}$$

En fenómenos como choques, explosiones, motores a reacción o en los disparos con armas de fuego se conserva el momento lineal del sistema, pues la resultante de las fuerzas exteriores es nula o son muy débiles frente a la intensidad de las fuerzas internas que aparecen en los fenómenos enumerados anteriormente.

La conservación de la cantidad de movimiento tiene importantes aplicaciones tecnológicas: Por ejemplo, un cohete avanza gracias a la expulsión de gases en sentido contrario. Este es el principio de funcionamiento de los aviones a reacción y algunos automóviles.



Figura 8: Despegue de un cohete mediante la propulsión de gases.

En la naturaleza podemos encontrar varios ejemplos: algunos animales como el calamar, se impulsan lanzando un chorro de agua en sentido contrario al que se desplazan.



Figura 9: Calamar impulsándose.

En las experiencias prácticas que proponemos en este trabajo nos centraremos en el estudio de los choques entre dos objetos, donde aparecerá la propiedad física que vamos a cuantificar, el coeficiente de restitución.

Los choques entre dos masas pueden ser de tres tipos:

- **Elástico:** Las masas se separan después de producirse el choque. En el momento del choque los objetos sufren una deformación, que desaparece, volviendo a su forma original, gracias a la elasticidad.

Se conserva:

- ✓ El momento lineal
- ✓ La energía cinética

- **Parcialmente elástico:** Las masas se separan después del choque, produciéndose deformaciones que hace que parte de la energía cinética inicial se pierda.

Se conserva:

- ✓ El momento lineal

No se conserva:

- ✓ La energía cinética, porque toda o parte de la energía de las masas antes del choque se gasta en el trabajo de deformación.

- **Inelástico:** Las masas se mueven unidas después del choque.

Se conserva:

- ✓ El momento lineal

No se conserva:

- ✓ La energía cinética, porque toda o parte de la energía de las masas antes del choque se gasta en el trabajo de deformación.

El momento lineal se conserva en todos los choques, pero en los choques inelástico y parcialmente elástico siempre se produce una pequeña pérdida de la energía cinética.

En este experimento clásico (Aparicio & Lozano, 2002) se calcula del coeficiente de restitución de una pelota al rebotar en el suelo. Dejaremos caer una pelota al suelo, grabando el sonido que esta produce al rebotar repetidamente sobre el suelo. En los sucesivos rebotes, la pelota irá perdiendo altura, como consecuencia de la pérdida de energía que se produce en cada choque.

El coeficiente de restitución es una propiedad física de cada material que cuantifica indirectamente la pérdida de energía que se produce en cada choque pudiéndose calcular de diferentes formas, como propondremos más adelante en las experiencias prácticas.

Como hemos comentado antes, en cualquier choque, los cuerpos sufren una deformación y se pierden pequeñas cantidades de energía en forma de calor debido a la deformación, considerando el caso ideal de la colisión perfectamente elástica entre dos objetos que se mueven en la misma dirección, la energía cinética y la cantidad de movimiento totales se conservan, es decir, la ecuación de la conservación de la energía cinética en el choque es:

$$\frac{1}{2}m_1V_a^2 + \frac{1}{2}m_2u_a^2 = \frac{1}{2}m_1V_b^2 + \frac{1}{2}m_2u_b^2$$

Donde V_a y V_b son las velocidades del objeto 1 antes y después del choque, u_a y u_b son las del objeto 2 también antes y después del choque. Según la ecuación de la conservación de la cantidad de movimiento en un choque es:

$$m_1V_a + m_2u_a = m_1V_b + m_2u_b$$

Combinando de forma lineal las dos ecuaciones tenemos que:

$$V_a + V_b = u_a + u_b$$

Que es equivalente a:

$$V_a - u_a = -(V_b - u_b)$$

Esta fórmula implica que, en el caso ideal de un choque perfectamente elástico en una dirección, la velocidad relativa antes de chocar, $V_a - u_a$, es igual a la velocidad relativa después del choque cambiada de signo, $-(V_b - u_b)$.

Pero como en un choque siempre hay pérdidas energéticas, la velocidad relativa después del choque es más pequeña y la ecuación se puede escribir:

$$e (V_a - u_a) = -(V_b - u_b)$$

e es el coeficiente de restitución, que mide indirectamente la proporción de la energía que se pierde en el choque:

$$e = -\frac{(V_b - u_b)}{(V_a - u_a)} = \frac{(V_b - u_b)}{(u_a - V_a)}$$

Analizando esta ecuación podemos sacar las siguientes conclusiones:

1. Si el choque es totalmente elástico, las velocidades relativas antes y después son iguales y el coeficiente de restitución es igual a 1, $e = 1$.
2. Si el choque es totalmente inelástico, ambos cuerpos continúan juntos después del choque (misma celeridad), $(V_b - u_b) = 0$ siendo el coeficiente de restitución igual a 0, $e = 0$.
3. En los demás casos, e es un número entre cero (0) y uno (1).

Considerando el caso del rebote de la pelota en el suelo, donde uno de los dos cuerpos que interactúa es masivo frente al otro, estando inicialmente quieto, después del choque no se mueve, su velocidad es siempre cero y quedando la ecuación del coeficiente de restitución para este caso:

$$e = -\frac{(V_b - u_b)}{(V_a - u_a)} = -\frac{V_b}{V_a}$$

Podemos concluir que el coeficiente de restitución solo depende de la velocidad que lleva el objeto antes y después del choque, siendo e una propiedad del propio objeto. Se define el coeficiente de restitución de un material como la relación de la velocidad de un objeto de ese material antes y después de una colisión con una superficie dura. Las pelotas de golf suelen tener un $e = 0,78$, las pelotas de baloncesto tienen un $e = 0,81$ hasta $0,85$ y las pelotas de tenis tienen un $e = 0,89$ hasta $0,91$.

Las canicas pueden tener un e de hasta $0,95$ (siempre que no se deformen y/o se rompan con el impacto).

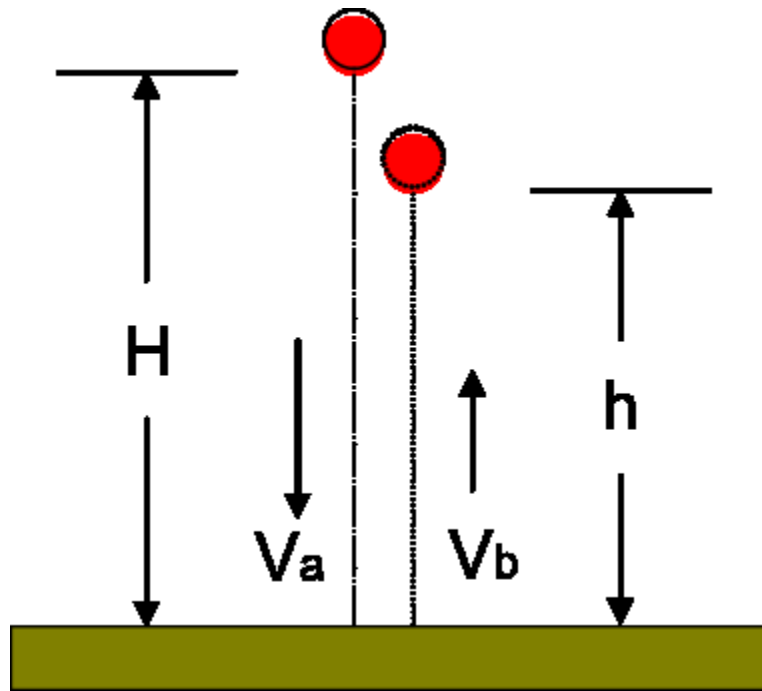


Figura 10: Esquema del rebote de una pelota para calcular el coeficiente de restitución.

En la ilustración anterior está representada la pelota que se deja caer desde una altura inicial H , rebota con el suelo llegando hasta una altura inferior, h . Independientemente de la dirección del sistema de signos que escojamos, las velocidades de la pelota antes y después del choque siempre serán de signos opuestos, por lo tanto:

$$e = - \frac{-V_b}{V_a} = \frac{V_b}{V_a}$$

El coeficiente de restitución se puede determinar por el rebote sobre una superficie dura de un objeto del material que se quiere estudiar.

Sin embargo, medir directamente la velocidad de las pelotas antes y después de botar es complicado. El coeficiente de restitución se puede calcular a partir del tiempo transcurrido entre los sucesivos rebotes de la pelota o a partir de la determinación de la altura H desde la que se deja caer el objeto y la altura h a la que llega al rebotar. A continuación, desarrollaremos la ecuación anterior para lograr calcular el coeficiente de restitución a partir de estos datos.

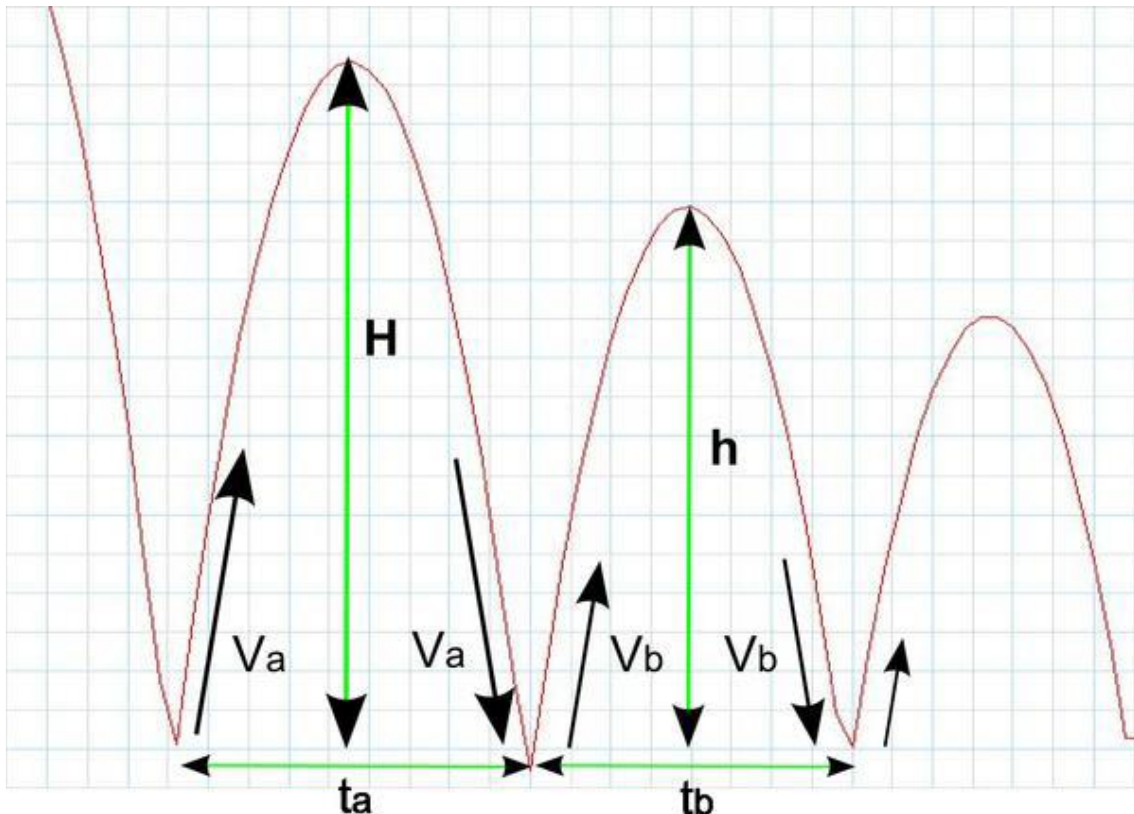


Figura 11: Rebotes de una pelota sobre una superficie dura.

En la ilustración de arriba se representa la posición en función del tiempo de una pelota que se deja caer desde una altura inicial sobre una superficie dura como el suelo, donde rebota de forma consecutiva. V_a es la velocidad después del primer bote, V_b es la velocidad después del segundo bote, H es la altura del primer bote y h es la altura del segundo bote. Despreciamos la resistencia del aire al movimiento de la pelota, V_a es también la velocidad de la pelota justo antes del segundo bote. El primer rebote tarda un tiempo t_a y el segundo rebote tarda un tiempo t_b . Como el movimiento de caída del balón es el de caída libre, se puede calcular la velocidad en el momento del impacto con el suelo a partir de la ecuación $v = g \cdot t$, siendo t el tiempo de caída del balón desde el punto más alto de la trayectoria, decir, la mitad del tiempo entre choque y choque y g la gravedad, podemos calcular el coeficiente de restitución en función del tiempo, siendo este el coeficiente entre el tiempo transcurrido en 2 rebotes consecutivos.

$$e = \frac{V_b}{V_a} = \frac{\frac{1}{2}gt_b}{\frac{1}{2}gt_a} = \frac{t_b}{t_a}$$

Si queremos calcular el coeficiente de restitución a partir de la altura, debemos despejar el valor de la velocidad del balón justo antes del choque utilizando la ecuación del movimiento uniformemente acelerado o el principio de conservación de la energía mecánica: la energía potencial de la pelota en su punto más alto es igual a la que tiene la pelota cuando impacta con el suelo, esto es:

$$\frac{1}{2}mV^2 = mgh$$

Despejando V_a y V_b tenemos que:

$$V_a = \sqrt{2gH}$$

$$V_b = \sqrt{2gh}$$

El coeficiente de restitución en función de la altura será:

$$e = \frac{V_b}{V_a} = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{2gH}} = \sqrt{\frac{h}{H}}$$

5. Experiencias prácticas con el smartphone

En este apartado vamos a desarrollar dos ejemplos de experiencias prácticas que podrían realizarse durante el desarrollo del bloque de dinámica dentro de la asignatura de Física y Química de 1º de Bachiller.

Emplearemos los dos métodos para el cálculo del coeficiente de restitución en el apartado anterior para realizar dos experiencias prácticas. El cálculo de los datos de entrada que necesitamos para calcular el coeficiente de restitución los obtendremos mediante el uso del smartphone, utilizando diferentes aplicaciones en cada caso.

5.1. Práctica 1: Cálculo del coeficiente de restitución a partir del tiempo entre rebotes.

Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el alumnado asimile el significado del coeficiente de restitución como propiedad única de los materiales. Además, se realiza una demostración práctica de los principios físicos y teóricos involucrados en el cálculo del coeficiente, así como la introducción al proceso científico y analítico que los alumnos incorporaran a la hora de tomar y analizar los datos necesarios para realizar el experimento. El coeficiente de restitución está relacionado con la elasticidad de los materiales, la cual, es una propiedad importante y para tener en cuenta en la elección de materiales para diferentes usos.

Equipamiento necesario

- Teléfono móvil inteligente.
- Aplicación AudioTime + Ciencia Móvil instalada en el teléfono.
- Pelota de tenis, ping-pong y golf.

Preparación de la práctica

Antes de empezar la práctica nos aseguraremos de que el teléfono móvil que vamos a utilizar tiene instalada la aplicación requerida. En caso de no estar instalada podemos descargarla desde AppStore o GooglePlay dependiendo de si el sistema operativo del teléfono del teléfono.

El suelo sobre el que vamos a dejar caer la pelota debe estar despejado y disponer de una superficie lisa.

Como en esta experiencia, vamos a medir el coeficiente de restitución del choque de varias pelotas con el suelo a partir del tiempo transcurrido entre los sucesivos botes, debemos procurar que el lugar donde realicemos la práctica esté libre de ruidos y el máximo silencio posible. De esta forma garantizaremos que la calidad de la grabación es

lo suficientemente buena para poder identificar de forma correcta cada uno de los botes en la pista de audio.

Procedimiento

Mediremos el coeficiente de restitución e del choque de una pelota de tenis, una pelota de ping-pong y una pelota de golf.

Para ello, dejaremos caer la pelota desde una altura cualquiera y grabaremos con la aplicación AudioTime+ el sonido de los choques que hace al rebotar contra el suelo. Posteriormente analizaremos la señal de audio grabada por la aplicación y se medirá el tiempo entre dos choques consecutivos, calculando de esta forma el coeficiente como hemos mostrado en el apartado anterior.

Seguimos los siguientes pasos:

1. Se inicia la aplicación AudioTime+ y se pulsa el botón inicio (+) para comenzar a grabar. Se deja caer la pelota y que rebote varias veces. Cuando la pelota haya dejado de rebotar en el suelo, detendremos la grabación pulsando parar (||).
2. Guardamos la grabación pulsando el botón con el icono de la carpeta y le asignamos un nombre.
3. En la aplicación, aparecerá una gráfica similar a la de la figura, en la que está representada la intensidad del sonido respecto al tiempo. En esta gráfica se pueden apreciar varios picos de alta intensidad, que corresponden con los botes de la pelota en el suelo.

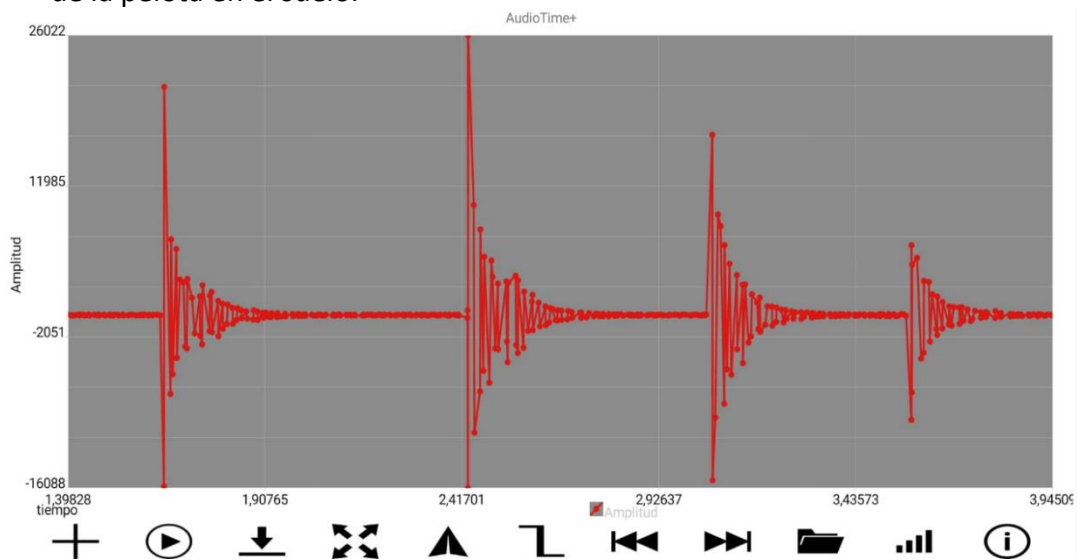


Figura 12: Sonido que produce una pelota al rebotar en el suelo.

1. Para medir el intervalo de tiempo entre los choques sucesivos, se deben seleccionar en la gráfica dos momentos de tiempo concreto, coincidiendo con los picos provocados por los choques sucesivos. Esto se puede hacer de dos maneras:
 - a. Pulsando con el dedo en los dos puntos elegidos. Si se produce una equivocación, se puede mover la posición arrastrando la selección con el dedo. Si las señales de los choques están muy juntas, previamente se

puede ampliar la gráfica en el eje del tiempo separando dos dedos en la pantalla táctil.

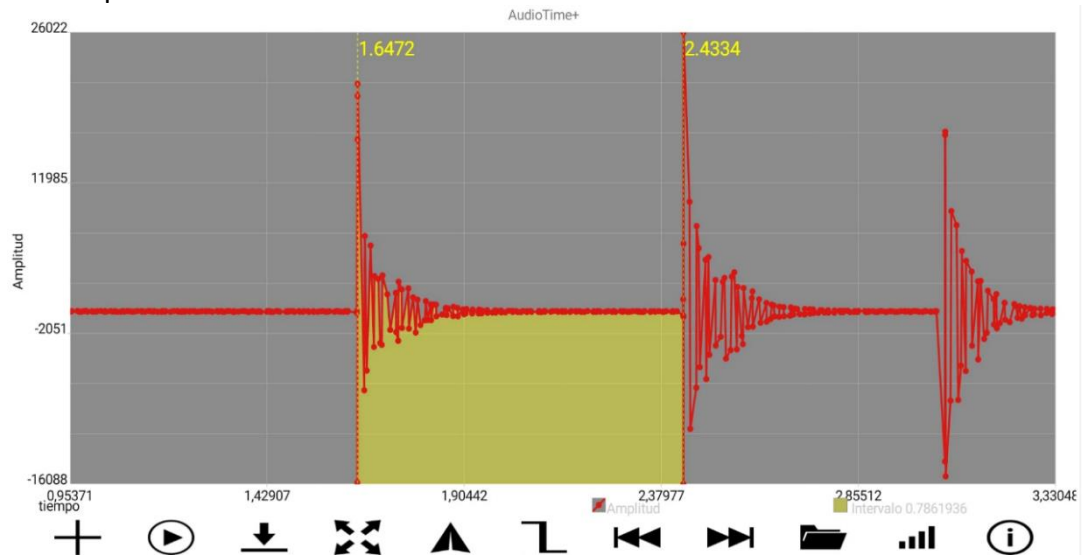


Figura 13: Intervalo de tiempo que transcurre entre el primer y el segundo bote.

2. Pulsando el botón de flecha (Δ), se ubicará una línea en el primer bote, el que tiene la señal más fuerte, en la parte más alta de la señal. Si se ven en pantalla varios rebotes, podemos ampliar la gráfica hasta que sólo sean visibles dos choques consecutivos en la gráfica. A continuación, se vuelve a pulsar el botón (Δ) y aparecerá una segunda línea en la segunda cresta.

Para los dos casos el valor del tiempo entre los choques aparecerá en la parte inferior derecha de la pantalla. A este tiempo le nombraremos como t_a . Para restablecer la vista de la gráfica y ver toda la pista de audio que hemos grabado pulsamos el botón con cuatro flechas. Para eliminar las dos líneas amarillas de la primera medida que habíamos marcado antes, hacemos un doble toque en la pantalla. Repetimos los pasos anteriores para calcular el tiempo entre el segundo y el tercer rebote. Este nuevo tiempo es t_b . Podemos continuar el proceso con t_c , t_d etc.

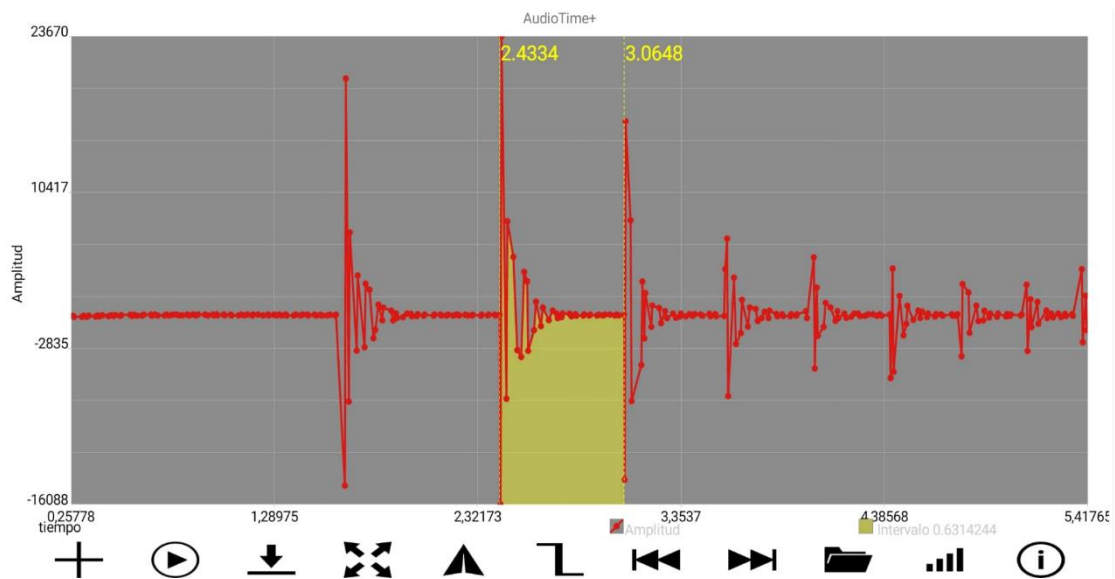


Figura 14: Intervalo de tiempo que transcurre entre el segundo y el tercer bote.

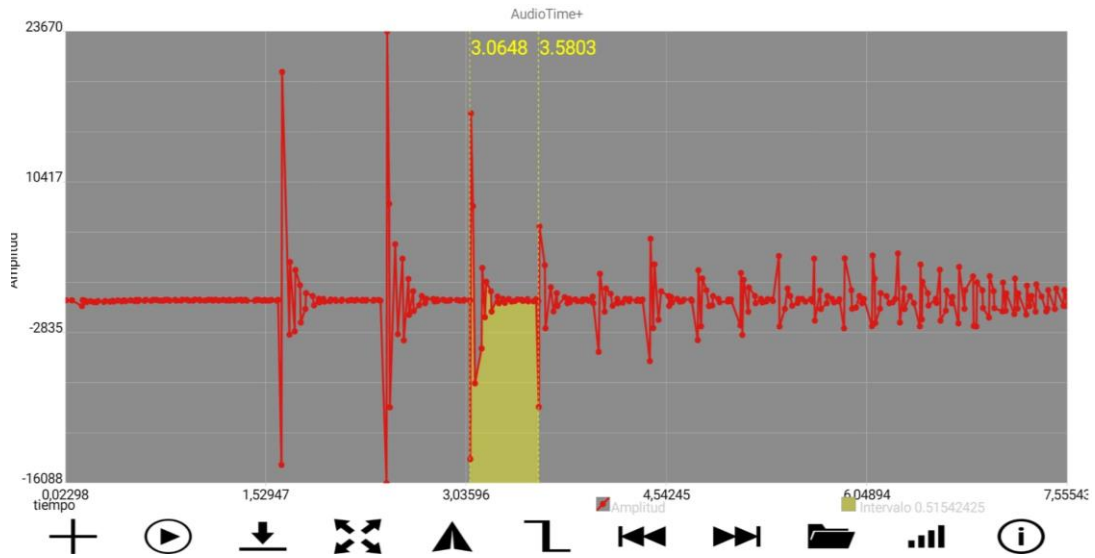


Figura 15: Intervalo de tiempo que transcurre entre el tercer y el cuarto bote.

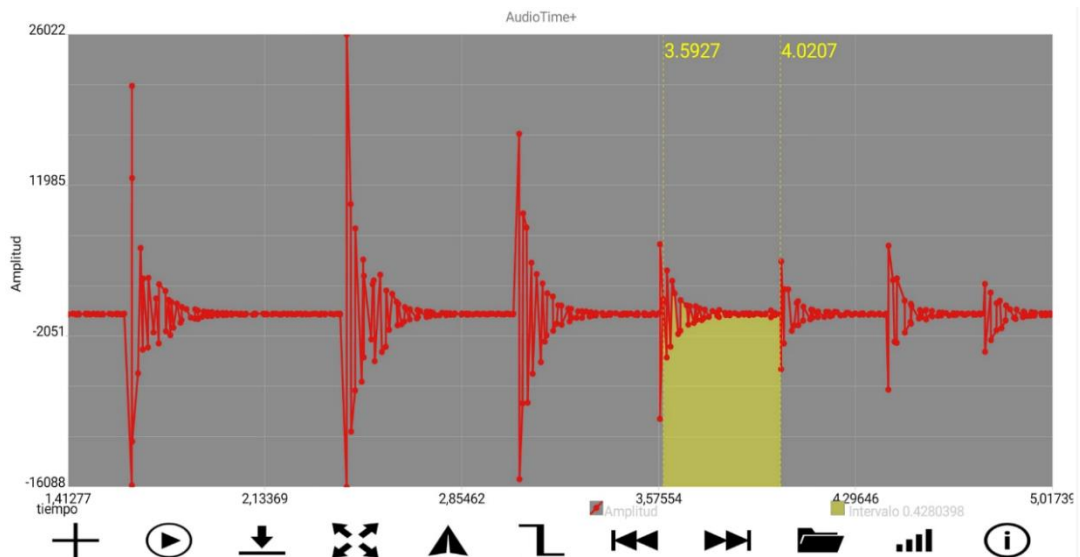


Figura 16: Intervalo de tiempo que transcurre entre el cuarto y el quinto bote.

En este punto ya es posible calcular el coeficiente de restitución según la formula obtenida en el apartado anterior:

$$e = \frac{t_b}{t_a}$$

Análisis de los datos

Pelota	t_a	t_b	t_c	t_d	$e_1 = \frac{t_b}{t_a}$	$e_2 = \frac{t_c}{t_b}$	$e_3 = \frac{t_d}{t_c}$	e_{medio}
Golf	0,7861	0,6314	0,5154	0,4280	0,8031	0,8162	0,8304	0,8166
Ping Pong	0,8192	0,7095	0,6306	0,5634	0,8659	0,8888	0,8934	0,8827
Pádel	0,7360	0,5302	0,4203	0,3341	0,7203	0,7927	0,7950	0,7693

Tabla 6: Resultados coeficiente de restitución calculados a partir del tiempo transcurrido entre rebotes.

Evaluación

Para la evaluación de esta práctica se tendrán en cuenta diferentes aspectos:

1. **Entrega informe práctica:** que deberá contener las distintas mediciones realizadas para cada pelota y el resultado del coeficiente de restitución obtenido.
2. **Participación en clase:** en la metodología propuesta de Puzzle con el resto de sus compañeros que habrán realizado la otra práctica.
3. **Entrega de cuestionarios de la metodología JITT (Just In Time Teaching):** Los estudiantes deben entregar los cuestionarios propuestos de esta metodología para corroborar que han hecho la tarea encargada para casa.

En el **anexo 3** se muestra una rúbrica con la que podríamos calificar estos aspectos.

Conclusiones

- Podemos rellenar una tabla una tabla con los valores de tiempo medidos y calcular el valor del coeficiente de restitución para cada par de datos. Las medidas se pueden repetir varias veces para realizar un cálculo más preciso del coeficiente de restitución.
- También podemos variar la altura a la que dejamos caer la pelota, para corroborar que no influye en el coeficiente.
- Realizando este experimento con diferentes pelotas vemos que, dependiendo del material de la pelota, se puede encontrar que el valor del coeficiente de restitución varia.
- Hay materiales en los que el coeficiente es similar entre todos sus botes, sin embargo, algunos materiales, como el de algunas canicas, en los primeros saltos se deforman mucho más que en los siguientes cuando el choque es menos violento. Este cambio no es gradual y se produce de forma brusca a partir de cierto rebote.
- Es una experimentación relativamente rápida de hacer por lo que podemos realizarla con varias pelotas del mismo material. También podemos hacer la prueba de variar el material del suelo sobre el que dejamos caer la pelota, viendo que no influye en el valor del coeficiente de restitución.

5.2. Práctica 2: Cálculo del coeficiente de restitución a partir de la altura de los rebotes.

Objetivos

El objetivo de esta práctica es que el alumnado asimile el significado del coeficiente de restitución como propiedad única de los materiales. Además, se realiza una demostración práctica de los principios físicos y teóricos involucrados en el cálculo del coeficiente, así como la introducción al proceso científico y analítico que los alumnos incorporaran a la hora de tomar y analizar los datos necesarios para realizar el experimento. El coeficiente de restitución está relacionado con la elasticidad de los materiales, la cual, es una propiedad importante y para tener en cuenta en la elección de materiales para diferentes usos.

Equipamiento necesario

- Teléfono móvil inteligente.
- Aplicación VidAnalysis instalada en el teléfono.
- Pelota de tenis, ping-pong y golf.
- Un flexómetro.
- Lapicero electrónico.

Preparación de la práctica

Antes de empezar la práctica nos aseguraremos de que el teléfono móvil que vamos a utilizar tiene instalada la aplicación requerida. En caso de no estar instalada podemos descargarla desde AppStore o GooglePlay dependiendo de si el sistema operativo del teléfono del teléfono.

El suelo sobre el que vamos a dejar caer la pelota debe estar despejado y disponer de una superficie lisa.

Como en esta experiencia, vamos a medir el coeficiente de restitución del choque de varias pelotas con el suelo a partir de la medida de la altura de los sucesivos botes, debemos procurar realizar la práctica cerca de una pared. En la pared colocaremos unas referencias de altura conocida que nos servirán para calibrar la cámara del teléfono y de esta forma la aplicación VidAnalysis puede calcular la altura real de los botes de las pelotas.

También es recomendable que la pared sea de un color uniforme, que contraste con el color de las pelotas elegidas, esto facilitará el reconocimiento de objetos que utiliza la aplicación VidAnalysis para realizar los cálculos de posición.

Procedimiento

Mediremos el coeficiente de restitución e del choque de una pelota de tenis, una pelota de ping-pong y una pelota de golf.

Para ello, dejaremos caer la pelota desde una altura cualquiera y grabaremos con la aplicación VidAnalysis un video del movimiento de la pelota. Posteriormente analizaremos la grabación con la aplicación que nos generará una gráfica de la posición de la pelota respecto al tiempo, donde podremos identificar claramente las alturas de la pelota en los botes sucesivos, calculando de esta forma el coeficiente de restitución como hemos mostrado en el apartado anterior.

Seguimos los siguientes pasos:

1. Se inicia la aplicación VidAnalysis y nos da dos opciones grabar el video desde la propia aplicación, pulsando la tecla con el símbolo de la cámara, o agregar un video ya capturado de la galería del teléfono pulsando el símbolo +. Ambos botones se encuentran en la parte superior derecha de la pantalla.
2. Una vez seleccionado el video o grabado uno, la aplicación nos pedirá que le demos un nombre y quedará grabada dentro de la galería de la aplicación con ese nombre.

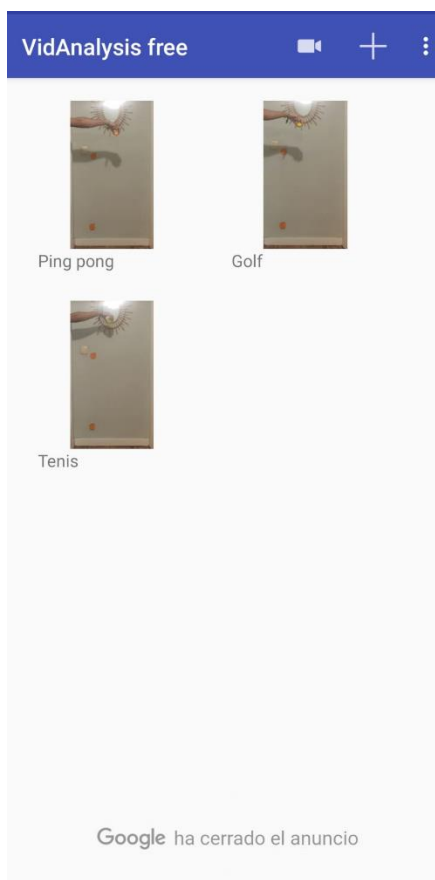


Figura 17: Galería de videos de la aplicación VidAnalysis

3. Seleccionamos el video que queremos analizar de la galería de VidAnalysis y pulsamos el botón "START ANALYSIS".
4. Lo primero que nos va a pedir la aplicación es que indiquemos dos puntos en la imagen cuya distancia real es conocida. Una vez marcados los puntos pulsando sobre la pantalla con el dedo, la aplicación nos pide la distancia entre los puntos. Es recomendable utilizar un lapicero electrónico con el móvil para mejorar la precisión a la hora de marcar los puntos. Se recomienda dejar pulsada la pantalla e ir deslizando el dedo hasta colocar las X en el punto que queremos exactamente.

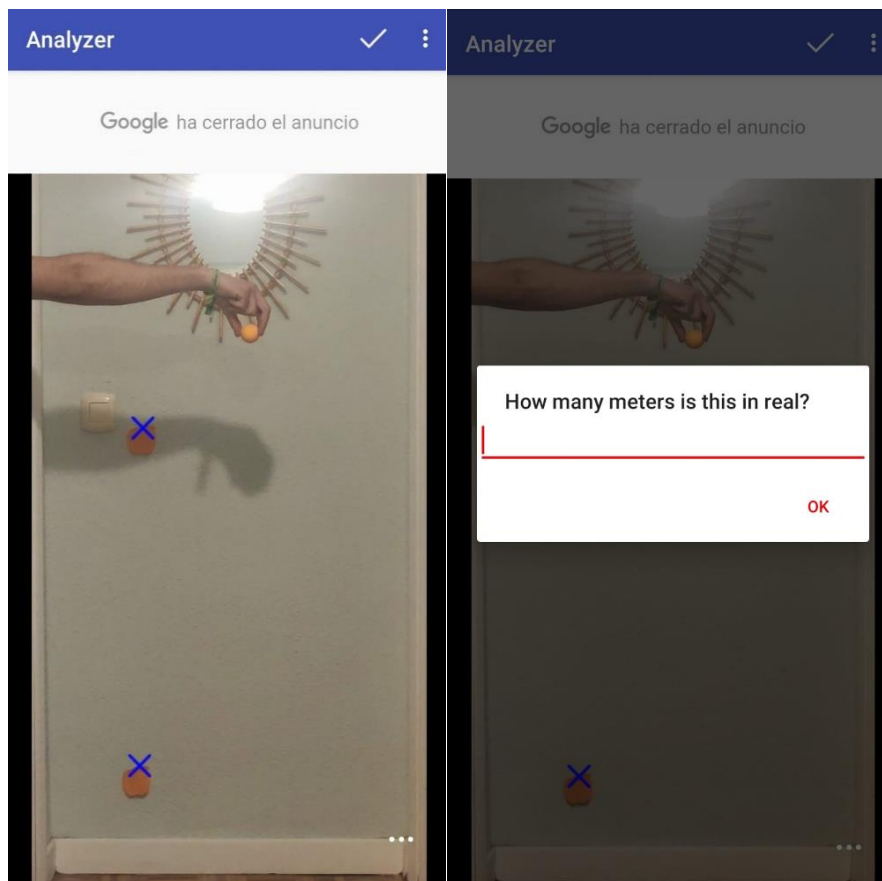


Figura 18: Calibración de imagen con VidAnalysis.

5. Una vez calibrado el sistema, la aplicación nos pedirá que coloquemos el origen del sistema de coordenadas, pudiendo desplazarlo pulsando con el dedo en la pantalla hasta la posición deseada. Una vez colocado el sistema de coordenadas, pulsamos el botón V que aparece en la parte superior derecha de la pantalla.

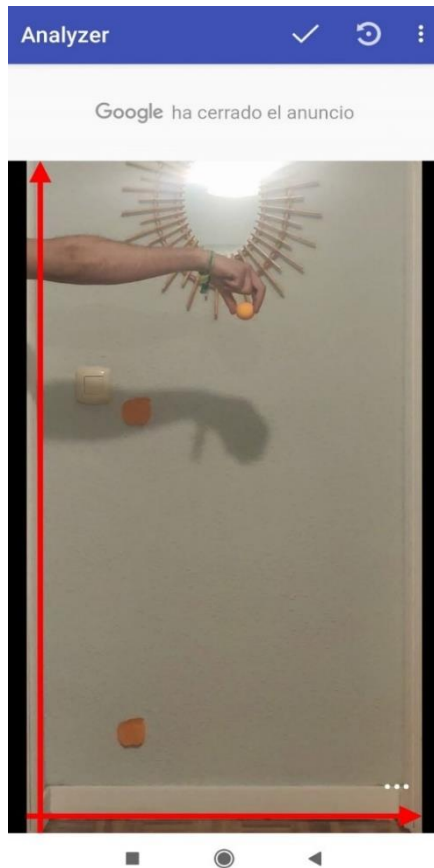


Figura 19: Ajuste del eje de coordenadas en VidAnalysis.

6. El siguiente paso es ir indicando la posición del objeto que queremos analizar, en este caso la pelota, en cada fotograma del video grabado. Cada vez que indicamos la posición del objeto en un fotograma, la aplicación avanza automáticamente al siguiente fotograma. Repetimos este paso hasta que cese el movimiento de la pelota. Terminado este paso guardamos los datos pulsando el botón guardar.





Figura 20: Seguimiento de la posición de la pelota frame a frame.

- Con los datos obtenidos la aplicación generará de forma automática unas gráficas de la posición de la pelota en función del tiempo para ambos ejes de coordenadas. También es posible exportar los datos obtenidos a formato .csv que podremos analizar posteriormente con una hoja de cálculo.

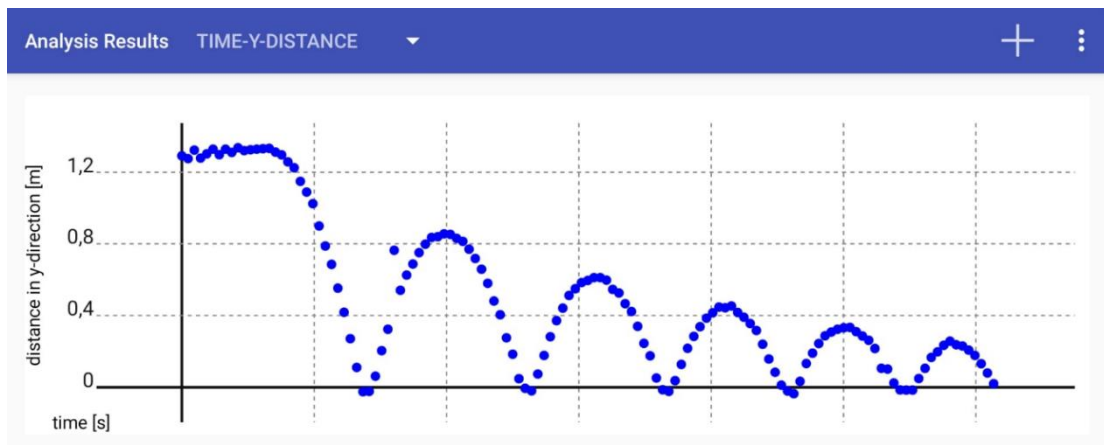


Figura 21: Representación de la altura de la pelota durante el tiempo.

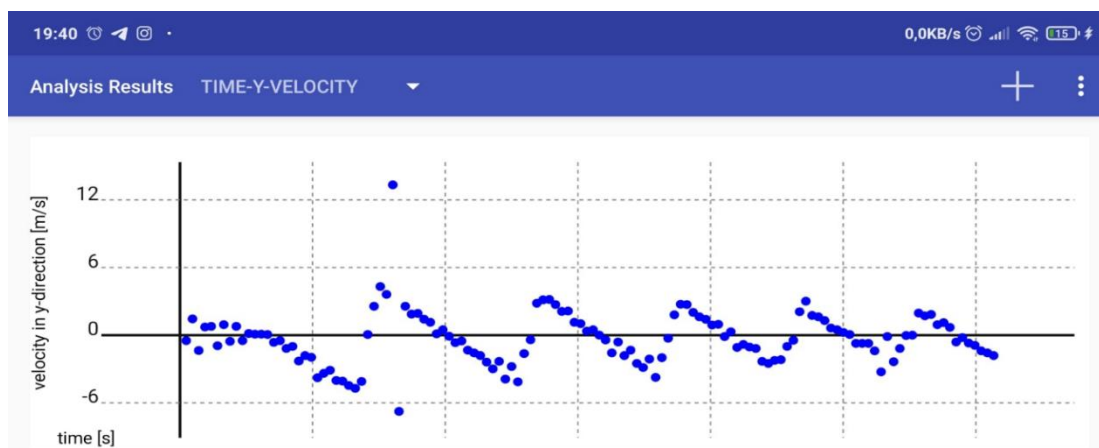


Figura 22: Representación de la velocidad de la pelota frente al tiempo.

Sobre las gráficas obtenidas podemos extraer directamente la altura de cada rebote de la pelota y calcular el coeficiente de restitución. Si queremos realizar este cálculo con mayor precisión es recomendable extraer y analizar los datos en una tabla.

Analysis Results					Analysis Results				
VELOCITY	TIME-Y-VELOCITY	DATATABLE			VELOCITY	TIME-Y-VELOCITY	DATATABLE		
t [s]	x [m]	y [m]	$\varnothing x-v$ [m/s]	$\varnothing y-v$ [m/s]					
0,000	0,495	1,291			0,561	0,480	1,257	0,091	-1,177
0,033	0,486	1,275	-0,272	-0,483	0,594	0,481	1,224	0,030	-0,996
0,066	0,449	1,323	-1,117	1,449	0,627	0,468	1,149	-0,392	-2,294
0,099	0,470	1,278	0,634	-1,358	0,660	0,468	1,089	0,000	-1,811
0,132	0,508	1,302	1,147	0,724	0,693	0,475	1,024	0,211	-1,962
0,165	0,489	1,328	-0,574	0,785	0,726	0,484	0,899	0,272	-3,773
0,198	0,485	1,297	-0,121	-0,936	0,759	0,471	0,788	-0,392	-3,381
0,231	0,480	1,328	-0,151	0,936	0,792	0,465	0,685	-0,181	-3,109
0,264	0,463	1,310	-0,513	-0,543	0,825	0,472	0,553	0,211	-4,015
0,297	0,489	1,336	0,785	0,785	0,858	0,459	0,418	-0,392	-4,075
0,330	0,501	1,320	0,362	-0,483	0,891	0,467	0,271	0,241	-4,467
0,363	0,480	1,325	-0,634	0,151	0,925	0,478	0,111	0,322	-4,717
0,396	0,485	1,328	0,151	0,091	0,958	0,466	-0,025	-0,362	-4,105
0,429	0,474	1,331	-0,332	0,091	0,991	0,480	-0,023	0,423	0,060
0,462	0,484	1,333	0,302	0,060	1,024	0,478	0,062	-0,060	2,566
0,495	0,479	1,312	-0,151	-0,634	1,057	0,484	0,204	0,181	4,316
0,528	0,477	1,296	-0,060	-0,483	1,090	0,487	0,324	0,091	3,622
0,561	0,480	1,257	0,091	-1,177	1,123	0,683	0,764	5,946	13,342
					1,156	0,492	0,541	-5,796	-6,761

Figura 23: Datos de la posición de la pelota.

En este punto ya es posible calcular el coeficiente de restitución según la fórmula obtenida en el apartado anterior:

$$e = \sqrt{\frac{h}{H}}$$

Análisis de los datos

Pelota	h_a	h_b	h_c	$e_1 = \sqrt{\frac{h_a}{h_b}}$	$e_2 = \sqrt{\frac{h_b}{h_c}}$	e_{medio}
Golf	0,911	0,625	0,395	0,8282	0,7949	0,81163561
Ping Pong	0,803	0,625	0,485	0,8822	0,8809	0,88156973
Pádel	0,712	0,403	0,25	0,7523	0,7876	0,76997927

Tabla 7: Resultados del coeficiente de restitución calculados a partir de la altura de los rebotes.

Evaluación

Para la evaluación de esta práctica se tendrán en cuenta diferentes aspectos:

1. **Entrega informe práctica:** que deberá contener las distintas mediciones realizadas para cada pelota y el resultado del coeficiente de restitución obtenido.
2. **Participación en clase:** en la metodología propuesta de Puzzle con el resto de sus compañeros que habrán realizado la otra práctica.
3. **Entrega de cuestionarios de la metodología JITT:** Los estudiantes deben entregar los cuestionarios propuestos de esta metodología para corroborar que han hecho la tarea encargada para casa.

En el **anexo 3** se muestra una rúbrica con la que podríamos calificar estos aspectos.

Conclusiones

- Podemos rellenar una tabla con los valores de altura medidos y calcular el valor del coeficiente de restitución para cada par de datos. Las medidas se pueden repetir varias veces para realizar un cálculo más preciso del coeficiente de restitución.
- También podemos variar la altura a la que dejamos caer la pelota, para corroborar que no influye en el coeficiente.
- Realizando este experimento con diferentes pelotas vemos que, dependiendo del material de la pelota, se puede encontrar que el valor del coeficiente de restitución varía.

- Hay materiales en los que el coeficiente es similar entre todos sus botes, sin embargo, algunos materiales, como el de algunas canicas, en los primeros saltos se deforman mucho más que en los siguientes cuando el choque es menos violento. Este cambio no es gradual y se produce de forma brusca a partir de cierto rebote.
- Es una experiencia más complicada que la anterior y con más pasos a realizar. Además, es importante para los cálculos la precisión con la que se han marcado los puntos de posición de las pelotas, por lo que debemos hacerlo de forma muy meticulosa para obtener unos resultados coherentes.
- Los resultados son más precisos si el teléfono dispone de cámara lenta, ya que esto permitirá obtener más frames del video y que el muestreo en el tiempo sea mayor.

6. Metodologías

En este apartado vamos a describir las metodologías que vamos a utilizar para la realización de las experiencias prácticas propuestas. Ambas metodologías van a tratar de fomentar el interés y la motivación del alumnado hacia la realización de las prácticas. Se trata de metodologías activas, que buscan la participación del alumno en el desarrollo de la clase, mediante la discusión, el debate y la puesta en común de los resultados obtenidos.

6.1. JITT

El Just in time Teaching (JITT) o enseñanza tiempo en Español, persigue provocar el estudio de los contenidos por parte de los alumnos antes de las clases. Esta metodología se basa en enviar los apuntes a los estudiantes con antelación para que los estudien por su cuenta y respondan a cuestionarios breves. De esta forma, el profesor, utiliza resultados obtenidos en los cuestionarios a modo de Feedback, por lo que puede preparar la clase tratando de profundizar en aquellos conceptos con los que los alumnos han tenido más problemas.

Por ejemplo, se pide a los estudiantes que resuman el tema, que señalen los aspectos más interesantes para ellos, aquellos conceptos que no logran comprender y necesitan una explicación más detallada, lo que se ha comprendido y no hace falta insistir más, etc. Los objetivos de esta metodología son aumentar el aprendizaje antes y durante la clase, aumentar la motivación del alumno, animar a la preparación y la participación y permitir al profesor adaptar las actividades a las necesidades de sus alumnos.

El proceso para poner en práctica esta metodología es el siguiente:

1. Varios días antes de comenzar el siguiente tema, el docente revisa los materiales que va a enviar a los estudiantes (Apuntes escritos, o material multimedia como vídeos, audios...) y crea un cuestionario para que los estudiantes puedan proporcionarle el Feedback después de haber revisado los materiales.
2. Se envían estos materiales a los estudiantes, incluido el cuestionario. Gracias a las TIC, hoy en día el cuestionario puede realizarse de forma online con herramientas como Google Forms, que hace que las respuestas lleguen directamente al profesor. Esta herramienta también proporciona una estadística de los resultados del cuestionario, por lo que facilita mucho el análisis de estos por parte del profesor.
3. Los alumnos los estudian los materiales y responden a las preguntas del cuestionario.
4. Las respuestas llegan automáticamente al profesor que debe analizarlas para extraer la información que le permita preparar la clase. Decide qué aspectos han sido comprendidos por los alumnos y no necesitan explicarse más, donde debe profundizar más, y cuáles son las preguntas y confusiones de los estudiantes.

5. Antes del inicio del tema, el docente planifica aquellas actividades que vea necesarias para profundizar, discutir y aplicar los aspectos más relevantes.

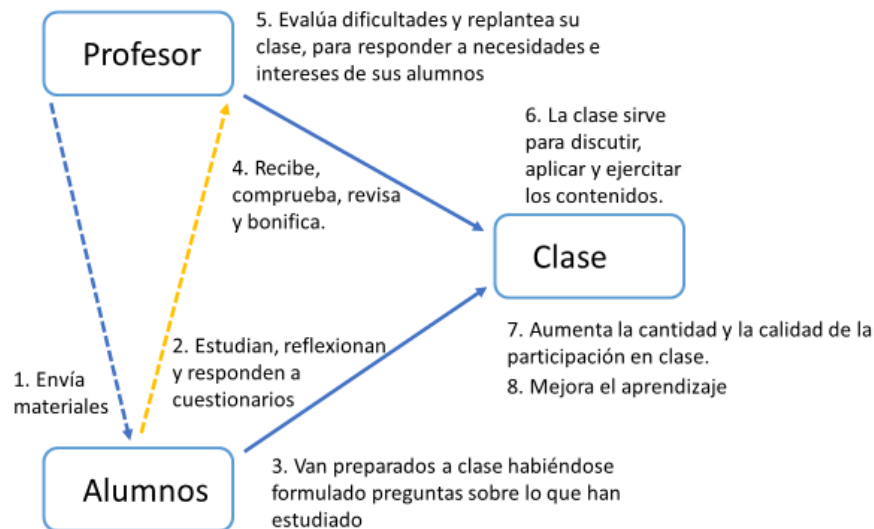


Figura 24: Proceso de implementación de la metodología JITT.

Como se puede apreciar en el proceso de implantación que hemos descrito, esta metodología supone una carga importante de trabajo para el docente, puesto que debe preparar el material previo que va a enviar a los estudiantes, analizar los resultados de los cuestionarios y finalmente, replanificar la clase teniendo en cuenta los aspectos reflejados en el Feedback de los alumnos.

Otra condición indispensable para que esta metodología funcione, es que los estudiantes estudien el material suministrado por el profesor antes de las clases y realicen los cuestionarios, ya que, sin estos, el profesor no tendrá el Feedback que necesita. Es por esta razón que se trata de hacer atractivos los materiales de estudio suministrados a los alumnos, utilizando vídeos explicativos o materiales multimedia que les hagan amigable el estudio de estos.

Cuando se consigue que la mayoría de los alumnos lean los materiales y vean los vídeos, y estos intentan comprender los temas antes de que sean explicados en clase, esta metodología de clase invertida mejora los resultados medios de aprendizaje de los estudiantes, además de incrementar su nivel de interés y curiosidad hacia los contenidos.

6.2. PUZZLE

Fue el profesor Elliot Aronson de la Universidad de Austin quien propuso la metodología Puzzle o Jigsaw por primera vez en 1971. Se trata de una técnica basada en el aprendizaje cooperativo.

Esta metodología funciona como un puzle, de ahí su nombre. Cada estudiante (pieza del puzle) cumple un papel esencial que es necesario para la culminación de los objetivos, que no es otra que el aprendizaje de los contenidos.

Este método es muy útil cuando trabajamos contenidos que pueden dividirse o fragmentarse en diferentes partes. La idea principal consiste en hacer pequeños grupos de trabajo de 4 o 5 estudiantes asignando a cada componente del equipo una parte de los contenidos o de la tarea a realizar. Cada estudiante es responsable de la parte que le ha tocado y debe especializarse en ella.

Los estudiantes de diferentes equipos a los que les ha tocado la misma temática disponen de un tiempo para reunirse y desarrollarla conjuntamente, convirtiéndose en expertos de esta. Una vez realizadas las reuniones de expertos, estos vuelven a su equipo de origen a explicar a sus compañeros la parte de los contenidos en la que se han especializado. Esto hace, que los estudiantes solo puedan aprender las secciones de contenido, de las que no son expertos, escuchando atentamente a sus compañeros de equipo. El hecho de que cada uno de los expertos deba dominar el tema para poder explicárselo a sus compañeros de equipo hace que la integración de los contenidos sea mayor. Realizadas las reuniones de expertos con el resto del equipo, el profesor entrega un cuestionario a cada alumno de una parte de los contenidos en la que no es experto.

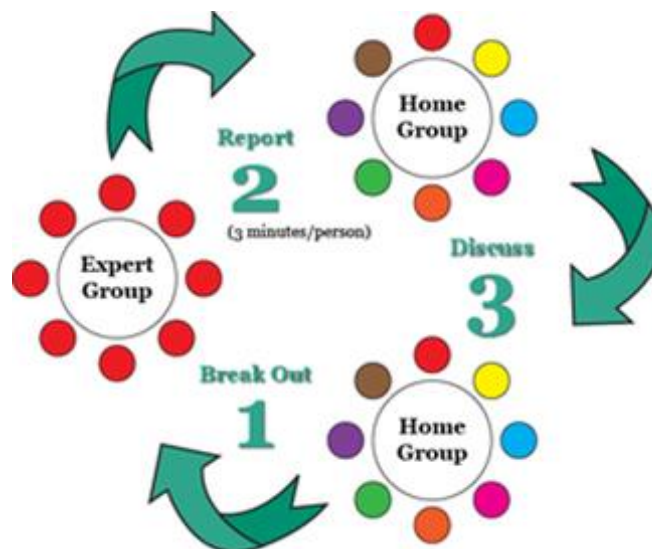


Figura 25: Flujo de la metodología Puzzle.

Un punto importante de esta metodología es que los resultados finales obtenidos mediante los cuestionarios dependen de la cooperación y responsabilidad de todos los

integrantes del grupo. La interdependencia entre cada uno de los miembros del grupo está asegurada, al ser los propios estudiantes tutores de sus propios compañeros.

Esta metodología resulta muy interesante porque los estudiantes no dependen únicamente del profesor, sino que son ellos, mediante su trabajo personal, los que construyen su propio aprendizaje.

A continuación, se describe la técnica Puzzle mediante 10 pasos:

1. Dividir a los estudiantes de la clase en grupos de 4 o 5. Estos grupos deben ser lo más heterogéneos posibles en cuanto a género, capacidad del alumno, origen, etc.
2. En cada grupo, se escoge a un alumno que actuará como el líder de este.
3. Fragmentar los contenidos de la materia que se quiera explicar en clase en el mismo número de estudiantes que tenemos en cada grupo. Los fragmentos de la materia deben ser independientes entre sí.
4. Asignar a cada estudiante una de las partes fragmentadas. En este punto es importante asegurarse de que cada estudiante solo tiene acceso a la parte que le ha sido asignada.
5. En este paso, los estudiantes deben disponer del tiempo necesario para leer individualmente, al menos un par de veces, el material relacionado con la parte asignada.
6. Una vez que cada uno de los estudiantes a leído su parte, los alumnos que sean responsables de la misma temática se juntan, creando los grupos de expertos. Se asigna un tiempo (depende de los contenidos) a cada grupo de expertos, para que discutan y debatan entre ellos los aspectos más importantes del tema. Durante este tiempo los expertos deben preparar la explicación que realizarán a sus compañeros del grupo original.
7. Los alumnos se vuelven a reunir en los grupos originales.
8. Cada alumno explicará al resto de sus compañeros la parte en la que es experto. Es importante que el líder del grupo trate de motivar a sus compañeros para que estos participen en las explicaciones y sean más provechosas.
9. El profesor debe ir de grupo en grupo para observando el proceso. Si se detecta algún problema en algún grupo, el profesor aconsejará al líder del grupo, como actuar para resolver el conflicto por sí mismo.
10. Al finalizar la actividad de clase es recomendable realizar alguna prueba sobre el material (test, cuestionario, etc.) para evaluar que los contenidos han llegado a los alumnos.

Como se puede apreciar, el proceso de implantación de esta metodología es complejo y bastante largo, puesto que consta de número elevado de pasos. Se recomienda que las partes en las que se fragmentan los contenidos no sean demasiado largas, para que no

resulte pesado a los estudiantes la fase inicial de lectura individual y puedan perder la atención o dispersarse.

Esta metodología permite la integración de todos los estudiantes, debido al trabajo cooperativo que se realiza. Además, garantiza, en la mayoría de los casos, que todos los estudiantes participen, dado al reparto de responsabilidad que se realiza al fragmentar el contenido. El cuestionario final hace que sean los propios estudiantes los que exijan a sus compañeros la participación e involucración durante la actividad.

Esta metodología también se beneficia de las ventajas que proporciona el aprendizaje entre iguales, dado que los conocimientos son más fáciles de comprender para los estudiantes si son sus propios compañeros quienes tratan de explicárselos desde una condición de iguales.

7. Secuenciación de las actividades propuestas

En este apartado se desarrolla la secuenciación de las prácticas propuestas para el cálculo del coeficiente de restitución de los choques planteado, dentro del bloque de dinámica que se imparte en la asignatura de Física y Química de 1º de Bachillerato.

El proceso que vamos a seguir es el siguiente:

1. Utilizaremos la metodología JITT para introducir el marco teórico del principio de conservación del momento lineal o cantidad de movimiento. Para ello, hemos preparado un vídeo corto de elaboración propia, en la que se explica el razonamiento teórico para calcular el coeficiente de restitución en los choques a partir de este principio de la dinámica. Junto al vídeo, se adjunta un cuestionario (Anexo 4) que nos servirá de Feedback para abordar los aspectos que no hayan sido comprendidos por los alumnos.
2. Al principio de la siguiente clase, se debatirá con los alumnos aquellos aspectos que han sido destacados en el Feedback, y que necesitan de una explicación por parte del profesor más detallada.
3. Una vez aclaradas las dudas, vamos a emplear una variación de la metodología Puzzle para realizar las experiencias propuestas. Para ello, dividiremos la clase en grupos de 4 estudiantes, que a su vez se dividirán en otros dos grupos. Cada subgrupo, formado por 2 estudiantes, recibirá la guía escrita para la realización de la práctica y un vídeo de cómo hacerlo siguiendo el formato DIY, así como dos pelotas del mismo tipo para realizar la práctica. De esta forma, en cada grupo original se desarrollarán las dos prácticas propuestas para el cálculo del coeficiente de restitución sobre el mismo tipo de pelota, utilizando un tipo de pelota diferente en cada grupo original de 4 estudiantes.
4. Una vez cada subgrupo ha realizado las experiencias prácticas y han realizado la toma de datos, se juntarán todos los subgrupos en función de la práctica que les haya tocado, para realizar la reunión de expertos. Cada reunión de expertos contendrá a la mitad de la clase. En esta reunión deben preparar la presentación a sus compañeros de grupo y discutir y analizar los resultados obtenidos, ya que han realizado la misma práctica, pero con diferentes pelotas.
5. Una vez realizadas las reuniones de expertos, los integrantes de los grupos originales vuelven a juntarse, para explicarse entre ellos los procedimientos empleados para el cálculo del coeficiente de restitución realizados en las dos prácticas realizadas, y los resultados obtenidos, por ambos métodos, para el mismo tipo de pelota.
6. Para finalizar la práctica, todos los alumnos ponen en común los resultados obtenidos para cada tipo de pelota, y debaten sobre si las conclusiones extraídas son las esperadas al principio de la práctica y discuten sobre que método les ha parecido mejor y más preciso en el cálculo de este coeficiente.

Es necesario realizar una adaptación de la metodología Puzzle, puesto que para la realización de las prácticas es aconsejable que se haga por parejas. Para la toma de datos es necesario dejar caer la pelota y utilizar el teléfono móvil al mismo tiempo, por lo que se realiza mejor entre dos personas. También conseguiremos que este proceso de toma de datos sea más rápido.

También es una adaptación desde el punto de vista, en que la materia solo se divide en 2 partes, cada una de las experiencias propuestas, lo que da lugar a únicamente 2 reuniones de expertos.

El uso de diferentes tipos de pelota en cada grupo nos permite variar un poco la dinámica y aunque los alumnos estén realizando la misma práctica, da lugar a debate el hecho de apreciar los diferentes comportamientos de los materiales de las pelotas utilizadas.

A continuación, se muestra un ejemplo de la división de alumnos para una clase de 16 estudiantes:

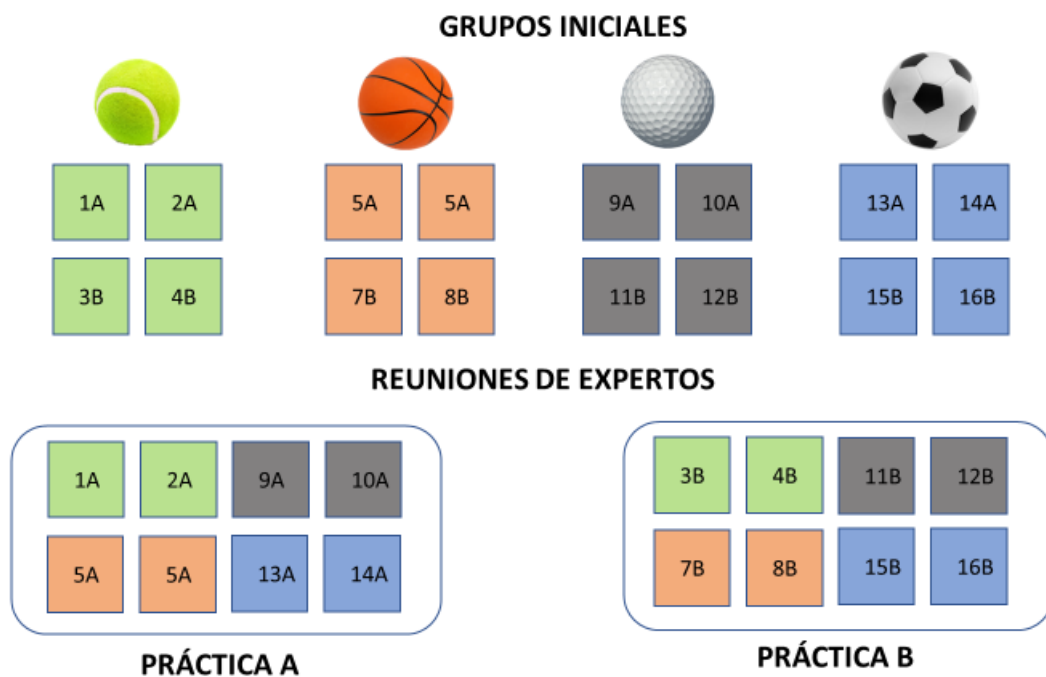


Figura 26: Distribución de los estudiantes en grupos para la realización de las prácticas.

8. Conclusiones

Los teléfonos móviles se han convertido en una herramienta indispensable en la sociedad. Con ellos, somos capaces de comunicarnos, trabajar, entretenernos y, como hemos visto a lo largo de esta propuesta, también son un gran recurso pedagógico que nos abren un abanico de posibles metodologías que mejoran el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Sin embargo, permitir el uso del teléfono móvil en el aula, también puede tener efectos negativos, como puede ser la distracción de los alumnos, que, por ejemplo, utilizan el teléfono para conectarse a las redes sociales en el horario lectivo. Para que todo lo planteado en esta propuesta, debemos hacer ver a los estudiantes la diferencia entre el uso didáctico del teléfono y su uso para fines recreativos, siendo de gran ayuda implementar unas normas de aula que consideren estos aspectos.

La realización de actividades y experiencias prácticas de forma autónoma por parte de los estudiantes contribuye de forma positiva en el desarrollo de ciertas competencias, despertando en la curiosidad por el aprendizaje, conocida como el “aprender a aprender”.

El formato de los vídeos utilizado es muy similar al que podemos encontrar en videos DIY, que tanto éxito ha tenido en plataformas como YouTube, Instagram o TikTok. Se ha buscado con esto, resultar más atractivo para los estudiantes, y que estos se sientan más cómodos a la hora de utilizar esta metodología de trabajo, no solo para sus hobbies o aficiones, sino también para realizar actividades y tareas para casa, que son monótonas y aburridas para ellos cuando se realizan de una forma una tradicional.

Otro aspecto importante que destacar, es la competencia digital que desarrollarán los estudiantes con las actividades presentadas, que les será de gran ayuda para integrarse en una sociedad que cada vez más tiende hacia lo digital.

Como hemos comentado anteriormente, la educación debe evolucionar y adaptarse a los requisitos y cambios que se producen en la sociedad. Hoy en día, y potenciado por la pandemia COVID 19 que sufrimos en el año 2020, la tendencia que se está imponiendo en el mundo laboral es la del teletrabajo. También, se han multiplicado las ofertas de estudios superiores o másteres de forma completamente on-line. Esto quiere decir que la enseñanza virtual está ganando peso rápidamente y el uso y la creación de medios multimedia para fines educativos es cada vez más significativo. Esta metodología permite a los estudiantes acceder de forma asíncrona a los contenidos y disponer de un acceso total a grandes cantidades de información en pocos segundos, únicamente utilizando sus dispositivos móviles.

El profesorado debe asumir también los cambios que esta tendencia implica, siendo el máximo responsable de la creación de este tipo de material de apoyo. Para cumplir esta función será necesario tener una formación adecuada y amplios conocimientos digitales por parte del profesorado. Una de las obligaciones del personal docente es la de

mantenerse actualizado y adaptarse a los cambios que se producen en la sociedad y trasladarlos al ámbito educativo.

Todas las conclusiones que se han presentado en este apartado deben tomarse con cautela, puesto que no se han llevado a la práctica las metodologías y los experimentos propuestos con estudiantes.

9. Líneas futuras

Para continuar en la línea que se expuesta en este trabajo, el primer paso a dar sería llevar a la práctica todas las experiencias prácticas y metodologías propuestas con estudiantes. Realizar un test previo y posterior a los alumnos, facilitaría el análisis de aquellos indicadores que reflejan que la motivación y el interés del alumnado por los contenidos han aumentado, principal objetivo de las metodologías propuestas. Este incremento, debería verse también reflejado en los resultados académicos de los alumnos.

En este trabajo hemos utilizado los sensores del teléfono móvil y diferentes aplicaciones para calcular el coeficiente de restitución en los choques, como una propiedad física de los materiales. Gracias a la versatilidad que proporciona el teléfono móvil y sus sensores, se pueden desarrollar más experiencias prácticas de este tipo, para otras propiedades o fenómenos físicos, relacionados con física u otras asignaturas.

La inclusión de videos cortos como guía para realizar las prácticas resulta interesante desde el punto de vista de la accesibilidad a los contenidos que tiene el alumno a este tipo de plataformas como YouTube, que le van a permitir volver a ver el video cuantas veces quiera, parando en los momentos que considere oportunos y en cualquier lugar del mundo mientras esté conectado a internet.

Además, utilizar estos videos a los que se les pueden agregar imágenes y representaciones sobre lo que se está explicando, pueden ayudar a que los alumnos integren los contenidos de forma más amigable para ellos, que estudiando con un libro.

Se pueden emplear más videos de este tipo, no solo como guía de realización de prácticas, sino cómo método para explicar ciertos conceptos teóricos complicados que de otra forma pueden resultar de difícil asimilación para los estudiantes.

Hay gran cantidad de herramientas que permiten una mejor comunicación alumno-profesor o profesor-alumno aparte de las plataformas empleadas habitualmente en los centros educativos, que se han quedado un poco atrás respecto a las tendencias de hoy en día. Una posible línea de mejora es investigar que otras plataformas o redes son más atractivas para los estudiantes y que puedan ayudar a realizar clases y actividades más participativas.

10. Referencias bibliográficas

- Adams Becker, S., Freeman, A., Giesinger Hall, C., Cummins, M., & Yuhnke, B. (2017). Resumen informe Horizon Edición 2017. Educación Primaria y Secundaria. *Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación Del Profesorado (INTEF)*, 2017, 1–17.
http://educalab.es/documents/10180/509115/Informe_Horizon_octubre_2015.pdf/6afb6039-41aa-4af0-93fb-b87ecab00c86
- Aparicio, A., & Lozano, M. . (2002). *Energía disipada en el bot d ' una pilota Equipament*. 1–5.
- Area, M., Cepeda, O., & Feliciano, L. (2018). El uso escolar de las TIC desde la visión del alumnado de Educación Primaria, ESO y Bachillerato. *Educatio Siglo XXI*, 36(2), 229–276. <http://revistas.um.es/educatio/article/viewFile/333071/230821>
- Castro, J. L. R. (2019). *Experimentación en Física con dispositivos móviles*.
- Consejería de Educación Castilla y León. (2015a). Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 86(8 de mayo de 2015), 17975–17979.
<http://www.educa.jcyl.es/es/resumenbocyl/orden-edu-362-2015-4-mayo-establece-curriculo-regula-implan.ficheros/549394-BOCYL-D-08052015-4.pdf>
- Consejería de Educación Castilla y León. (2015b). Orden EDU/363/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 86(8 de mayo de 2015), 14058–14079.
<http://www.educa.jcyl.es/es/resumenbocyl/orden-edu-363-2015-4-mayo-establece-curriculo-regula-implan.ficheros/549395-BOCYL-D-08052015-5.pdf>
- Gutiérrez Rubio, D., Calderón Santiago, M., Chamorro Barranco, P. P., Luque Salas, B., Reina Giménez, A., García Peinazo, D., Ojeda Nogales, D., De la Mata Agudo, C., Calderón Santiago, M., & Antolí Cabrera, A. (2020). Metodologías de aprendizaje cooperativo a través de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). *Revista de Innovación y Buenas Prácticas Docentes*, 9(2), 1–16.
<https://doi.org/10.21071/ripadoc.v9i2.12987>
- Hernandez, R. M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325.
<https://doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>
- Leontina, M., Santibáñez, L., & Clave, P. (2012). Estrategia Para La Enseñanza Y El Aprendizaje De La Química General Para Estudiantes De Primer Año De Universidad 1 Strategy for the Teaching and Learning of General Chemistry To First Year Undergraduate University Students. *Nº Página*, 23(66), 66–89.

<http://www.dialogoseducativos.cl/revistas/n23/lazo>

- Macías González, L., & Manresa Yee, C. (2013). Mayores y nuevas tecnologías: motivaciones y dificultades. *Ariadna*, 1, 6–11.
<https://doi.org/10.6035/ariadna.2013.1.2>
- Martínez, S. D., Villascuerna, J. G., Sánchez, R. O., Muro, B. P.-A., & Terreros, I. S. (2022). Just-in-Time Teaching: estrategia docente para detectar problemas de comprensión y promover el aprendizaje activo a partir de las nuevas tecnologías. *Jornada de Innovación Docente de La Universidad de La Rioja 2021: #InnovaDocenteUR: Libro de Resúmenes*, 27.
- Mayorga Fernández, M. J., & Madrid Vivar, D. (2012). LA TÉCNICA DEL PUZZLE COMO ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE COOPERATIVO PARA LA MEJORA DEL RENDIMIENTO ACADÉMICO. *PUBLICACIONES*, 42(0 SE-Artículos), 89–106.
<https://revistaseug.ugr.es/index.php/publicaciones/article/view/2182>
- OECD. (2019). PISA 2018 Assessment and Analytical Framework, PISA, OECD Publishing,. In *Pisa 2018*. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Prieto Calvo, C., Santos Sánchez, M. J., Hernández Encinas, A., Moreno, M., Rodríguezpuebla, C., & Queiruga-Dios, A. (2016). Dispositivos Móviles como instrumentos para la Adquisición De Competencias en Materias de Ciencias. *VI Jornada de Innovación Docente de La Universidad de Valladolid*, 7–11.
- La Vanguardia (2015). *El aula digital, un modelo de éxito que convierte al alumno en protagonista*.
<https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20151028/54437519617/el-aula-digital-un-modelode-exito-que-convierte-al-alumno-en-protagonista.html>

11. Enlaces a los videos

Canal de YouTube “Inclusión del uso del Smartphone en el aula”

<https://youtube.com/channel/UCRqRDD4pgyA2RrbuGJEIJPQ>

Videos:

“Marco teórico y demostración matemática del cálculo coeficiente de restitución”

<https://youtu.be/laijiAcW6pE>

“Práctica 1. Cálculo del coeficiente de restitución a partir del tiempo entre rebotes”

https://youtu.be/L32III_vmWA

“Práctica 2. Cálculo del coeficiente de restitución a partir de la altura de los rebotes”

<https://youtu.be/yvrozrLKU08>

12. Enlaces descarga aplicaciones

Audio Time + Ciencia Móvil

<https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.ius.audiotimeplus>

VidAnalysis Free

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vidanalysis.free>

13. Anexos

13.1. Anexo 1: Datos Práctica 1

Pelota de Golf

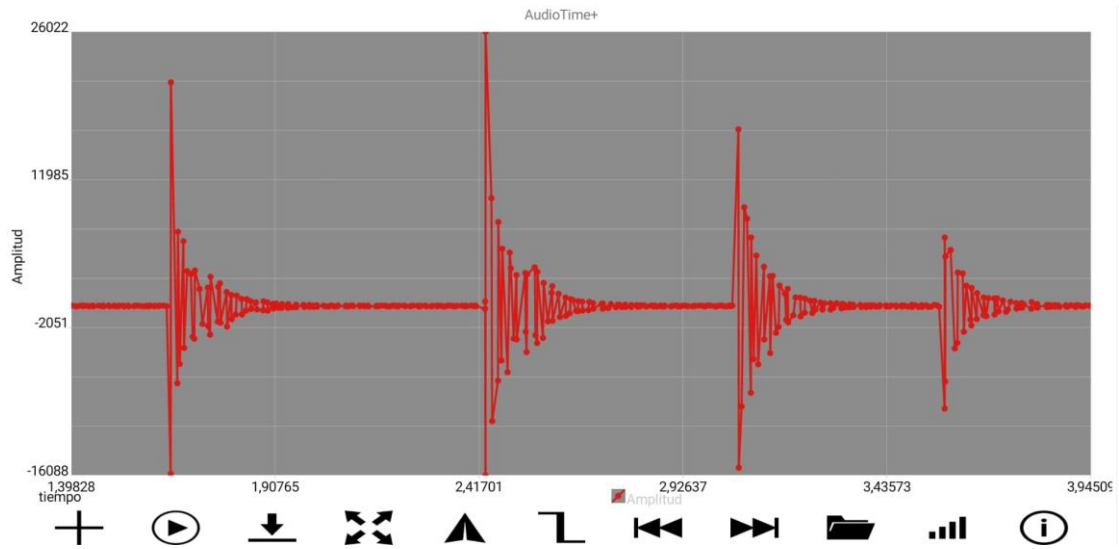


Figura 27: Pista de audio de los rebotes de la pelota de Golf.

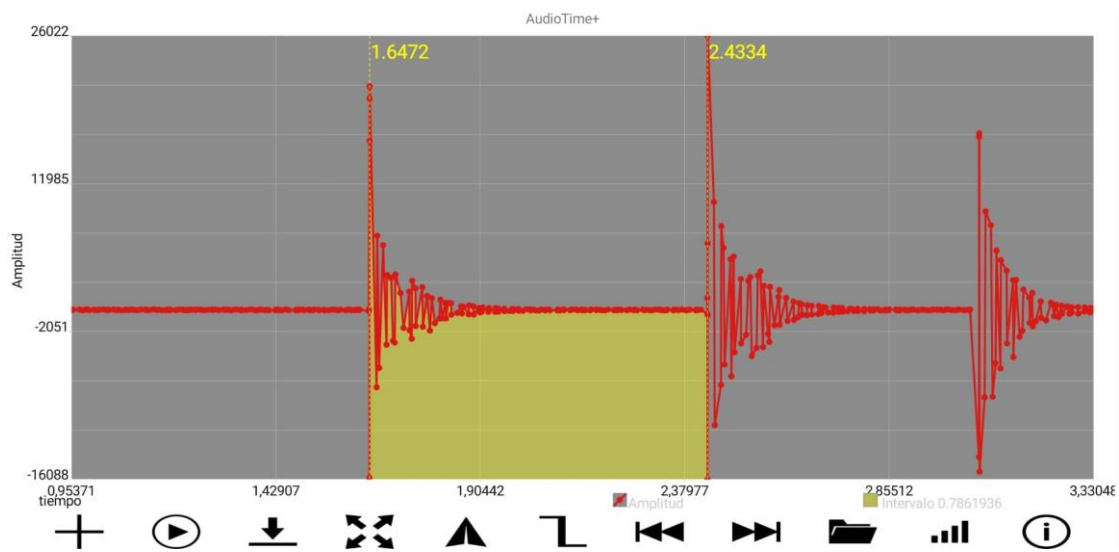


Figura 28: Tiempo entre el primer y el segundo rebote de la pelota de Golf.

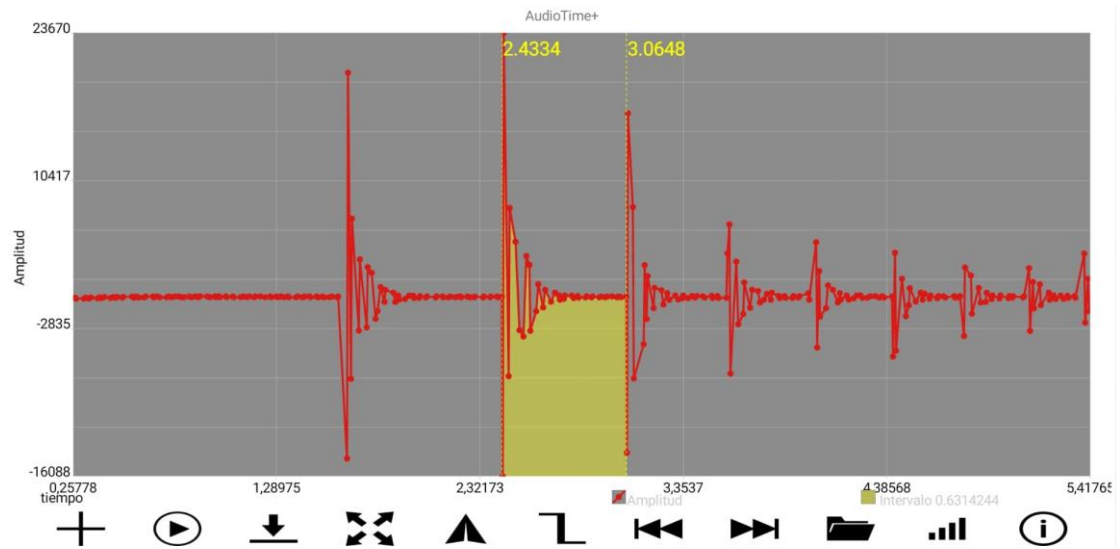


Figura 29: Tiempo entre el segundo y el tercer rebote de la pelota de Golf.

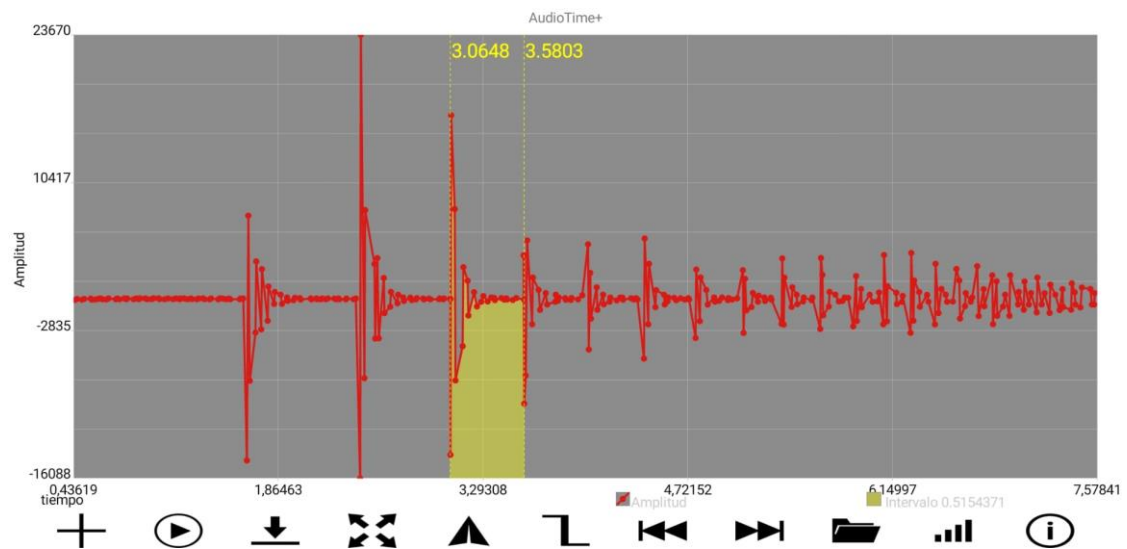


Figura 30: Tiempo entre el tercer y el cuarto rebote de la pelota de Golf.

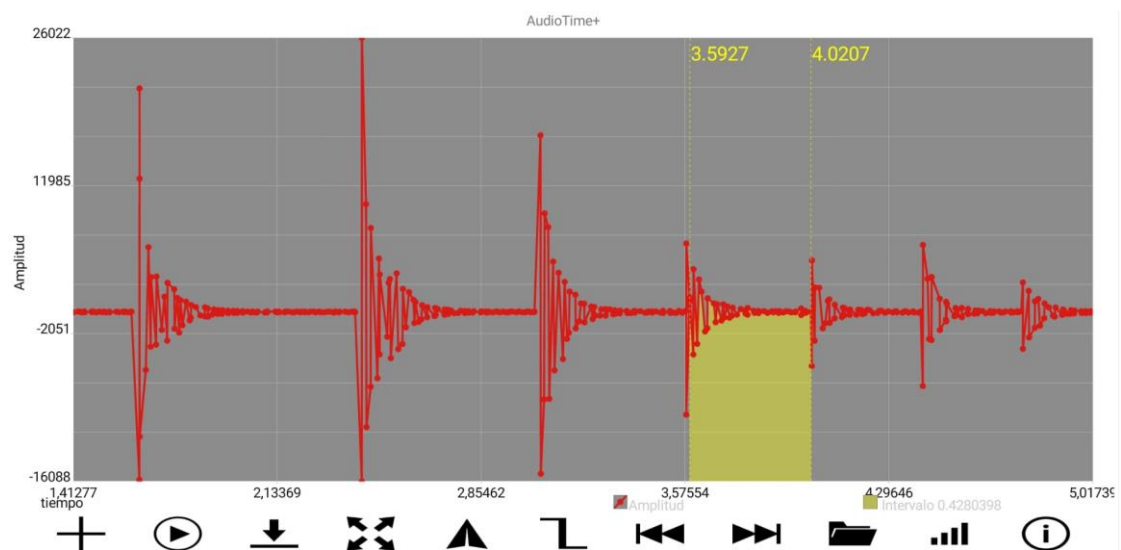


Figura 31: Tiempo entre el cuarto y el quinto rebote de la pelota de Golf.

Pelota de Ping Pong

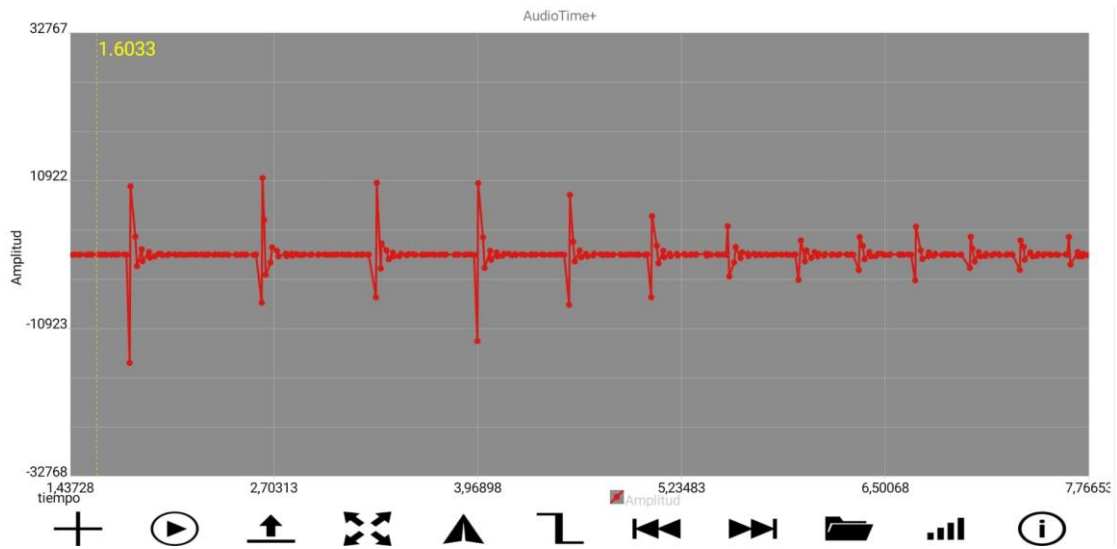


Figura 32: Pista de audio de los rebotes de la pelota de Ping Pong.

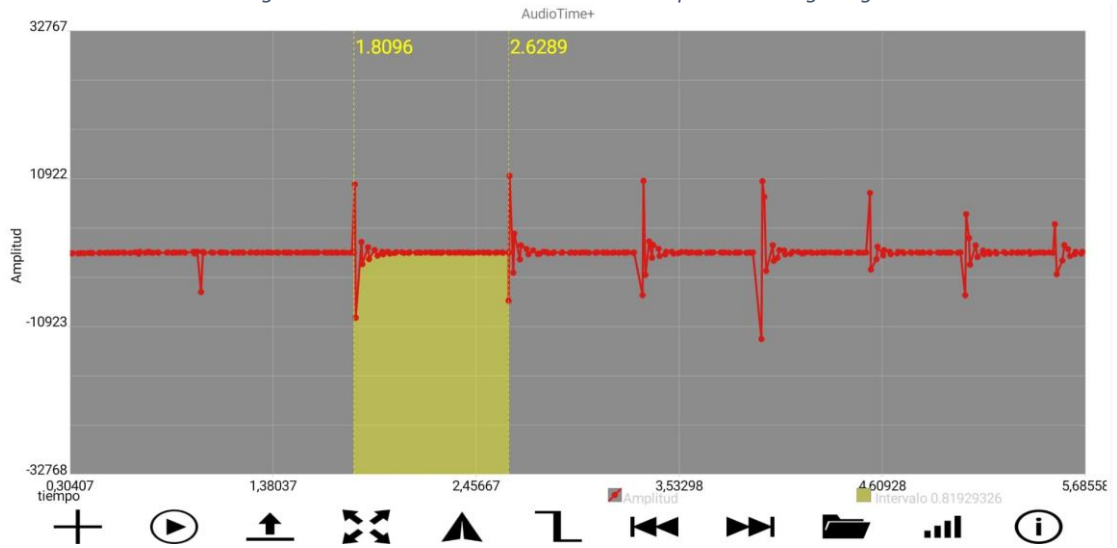


Figura 33: Tiempo entre el primer y el segundo rebote de la pelota de Ping Pong.

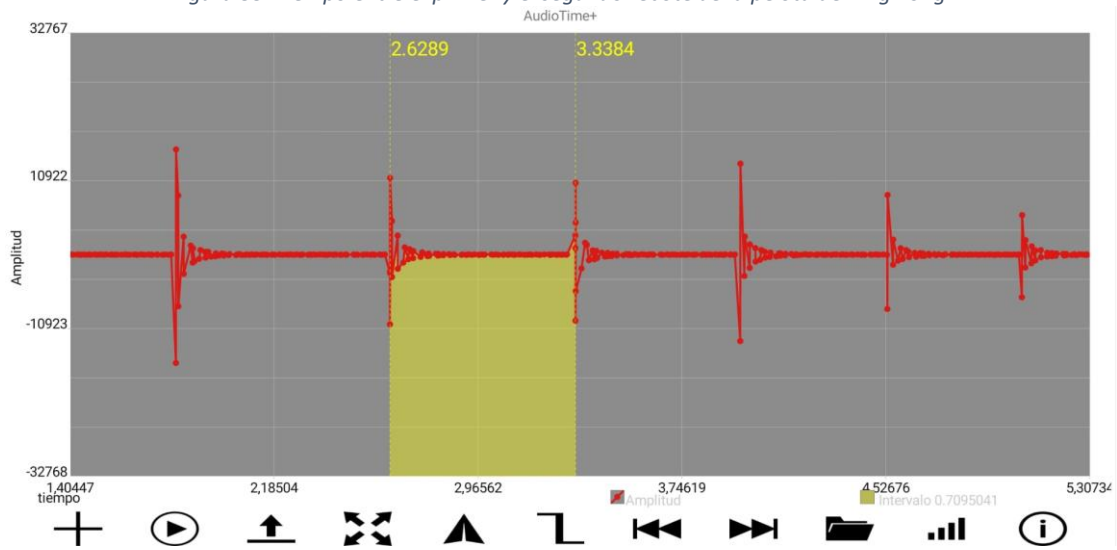


Figura 34: Tiempo entre el segundo y el tercer rebote de la pelota de Ping Pong.

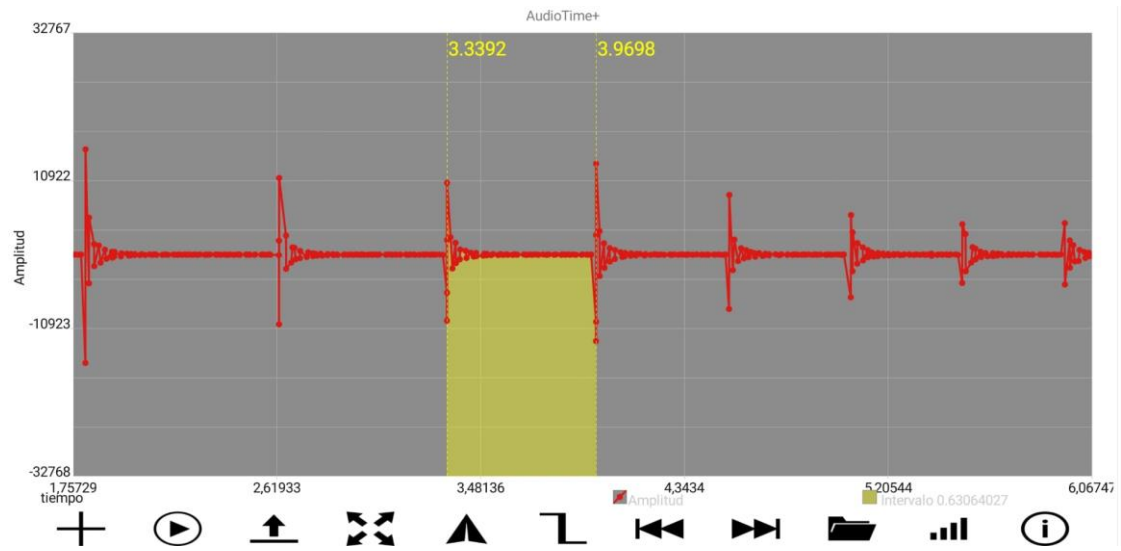


Figura 35: Tiempo entre el tercer y el cuarto rebote de la pelota de Ping Pong.

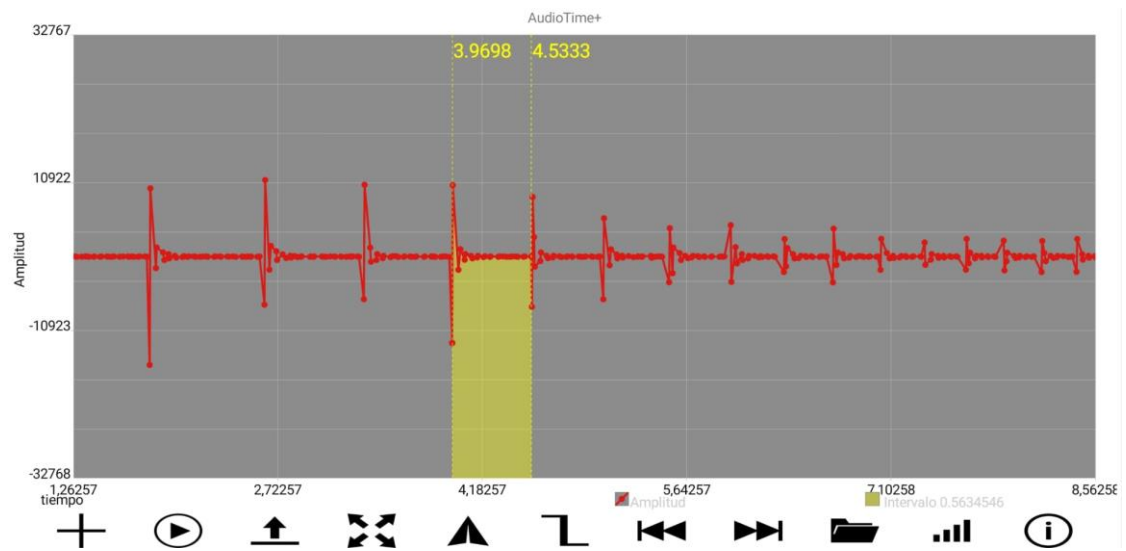


Figura 36: Tiempo entre el cuarto y el quinto rebote de la pelota de Ping Pong.

Pelota de Pádel

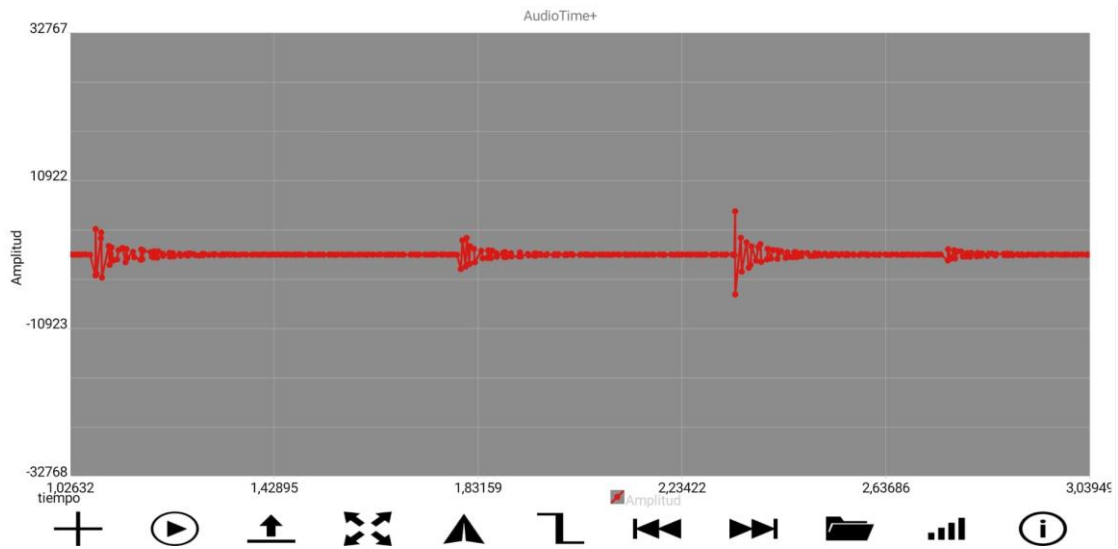


Figura 37: Pista de audio de los rebotes de la pelota de Pádel.

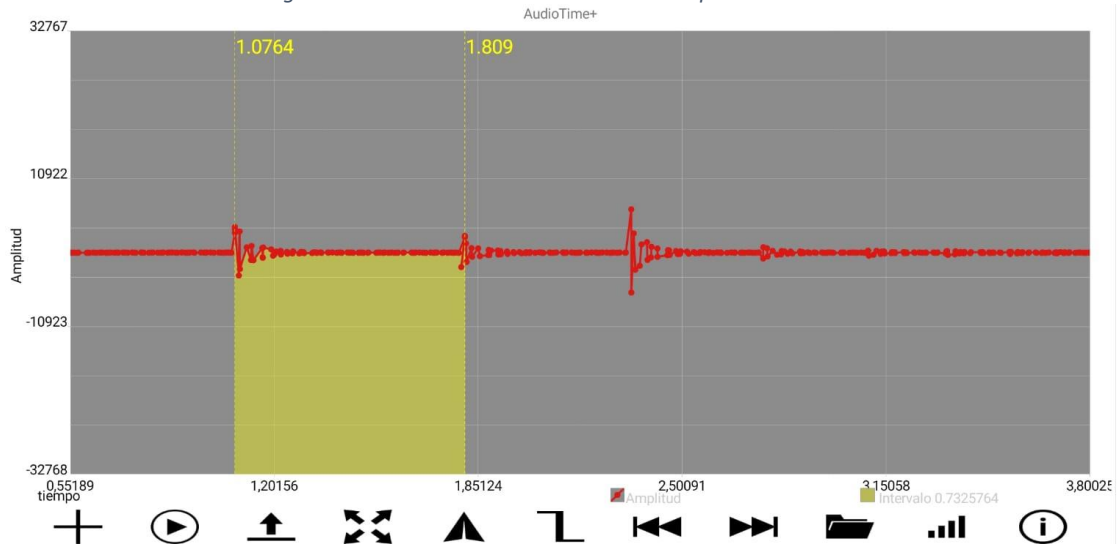


Figura 38: Tiempo entre el primer y el segundo rebote de la pelota de Pádel.

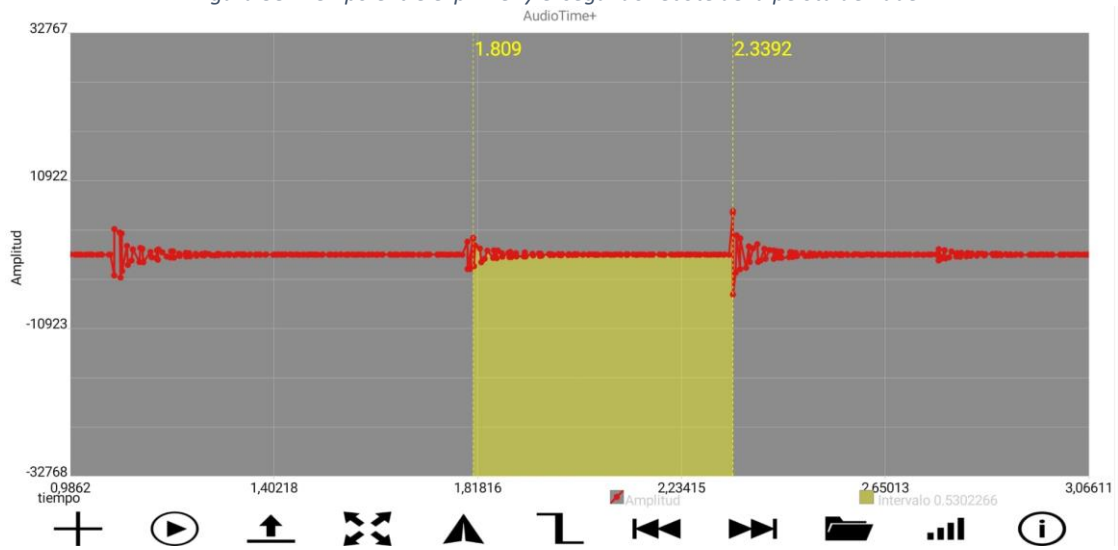


Figura 39: Tiempo entre el segundo y el tercer rebote de la pelota de Pádel.

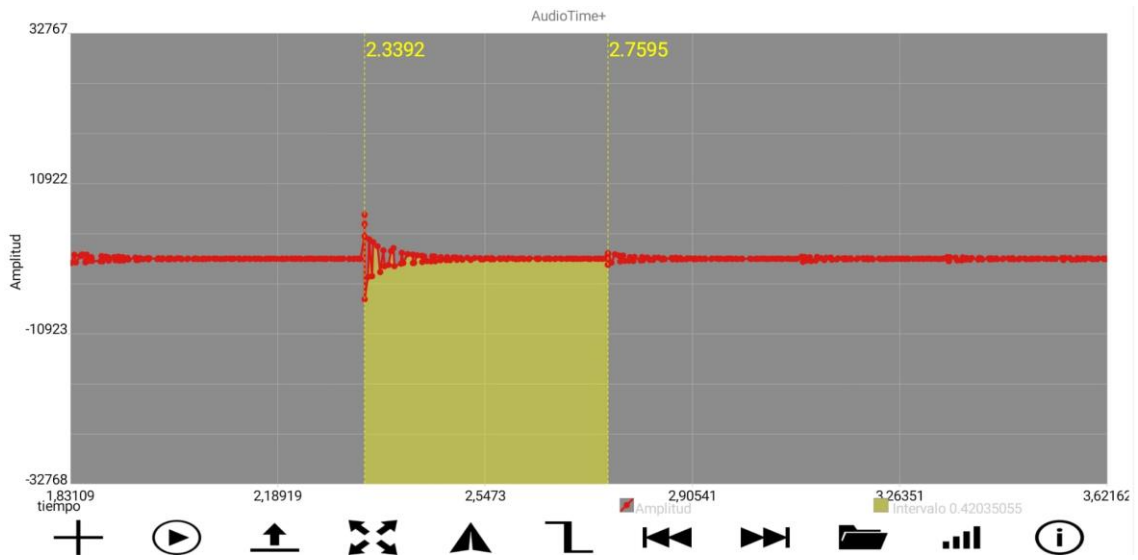


Figura 40: Tiempo entre el tercer y el cuarto rebote de la pelota de Pádel.

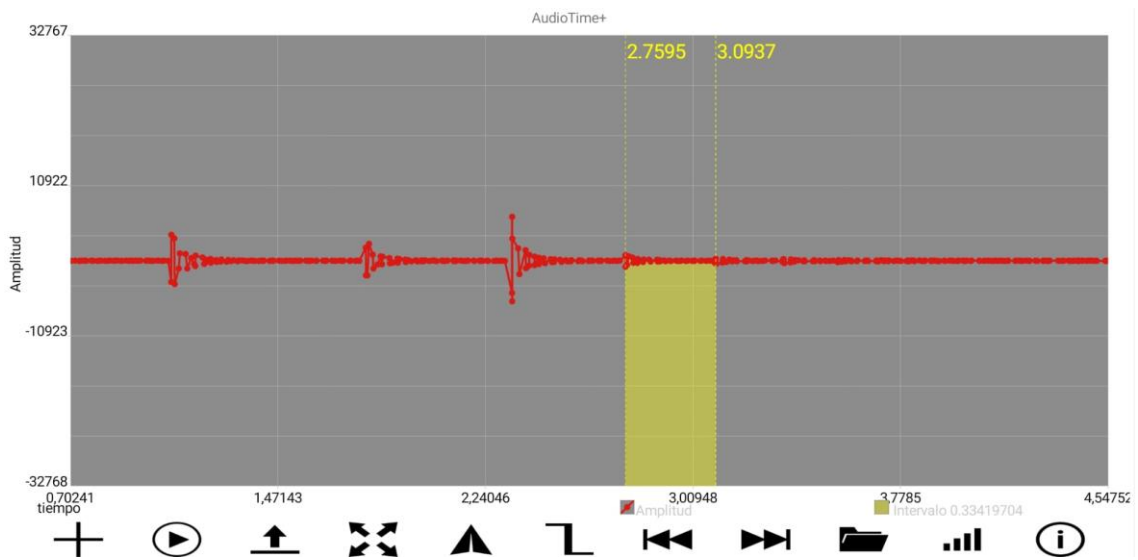


Figura 41: Tiempo entre el cuarto y el quinto rebote de la pelota de Pádel.

13.2. Anexo 2: Datos práctica 2

Pelota de Golf

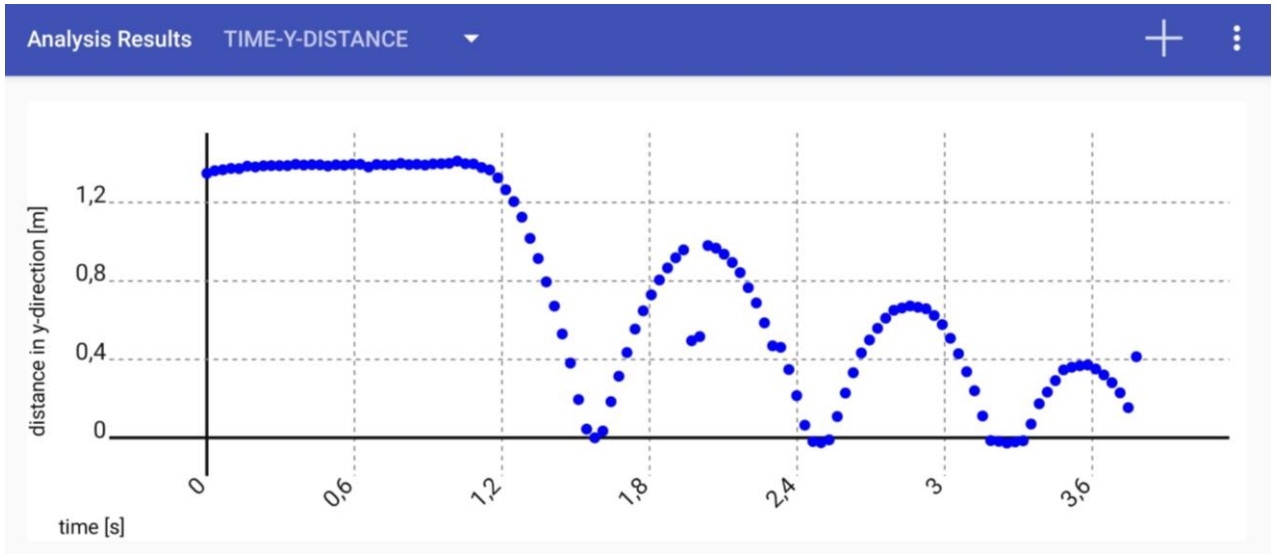


Figura 42: Gráfica Posición Y-Tiempo de la pelota de Golf.

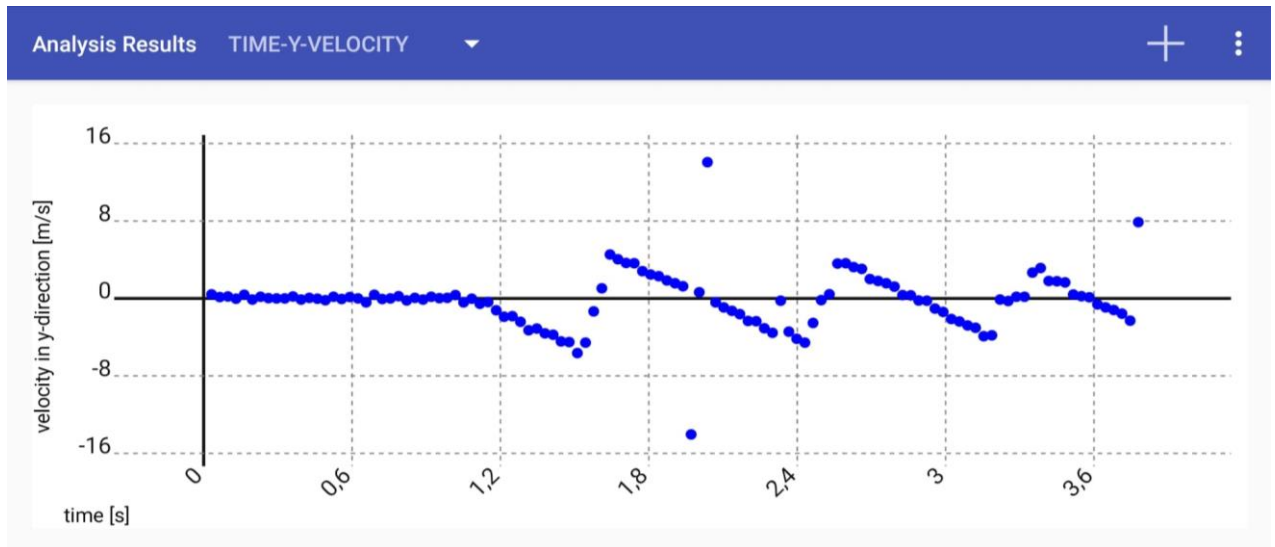


Figura 43: Gráfica velocidad Y-Tiempo de la pelota de Golf.

Pelota de Ping-Pong

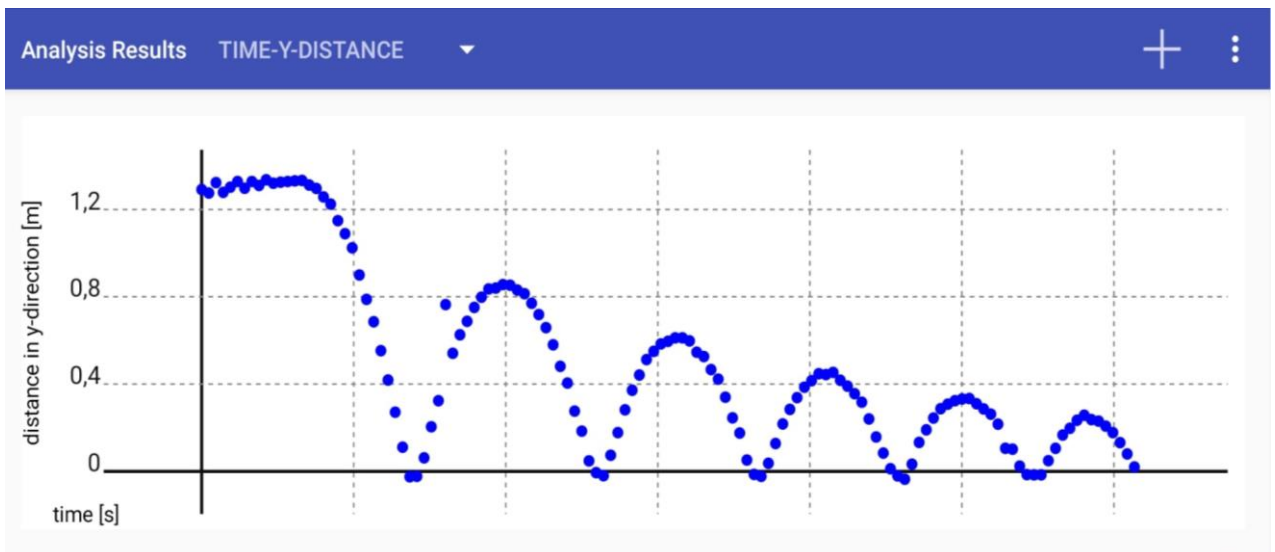


Figura 44: Gráfica Posición Y-Tiempo de la pelota de Ping Pong.

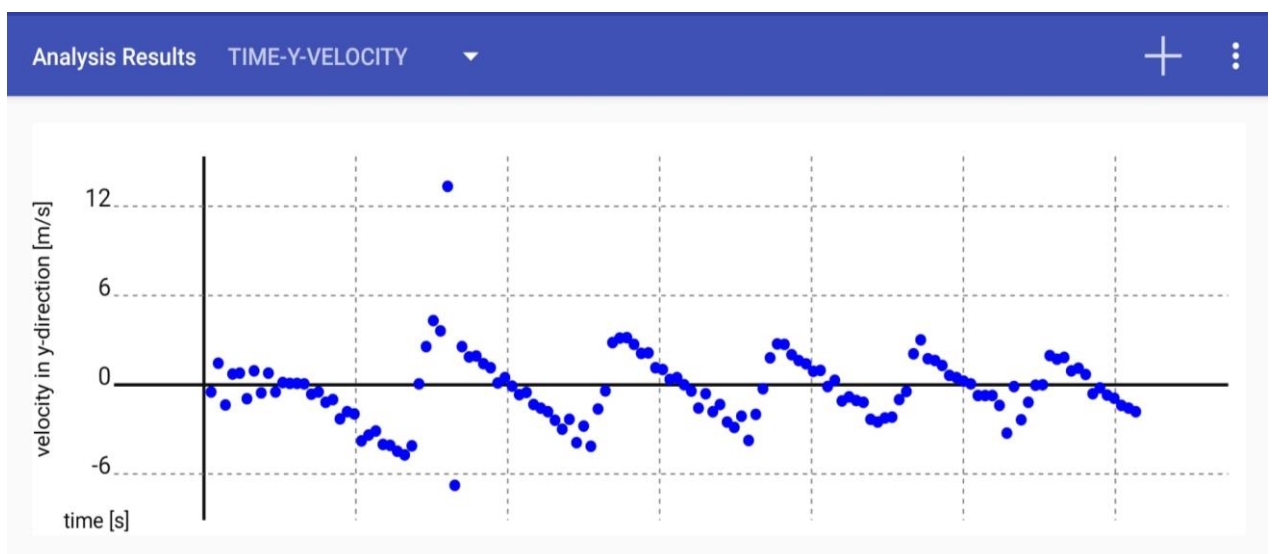


Figura 45: Gráfica velocidad Y-Tiempo de la pelota de Ping Pong.

Pelota de Pádel

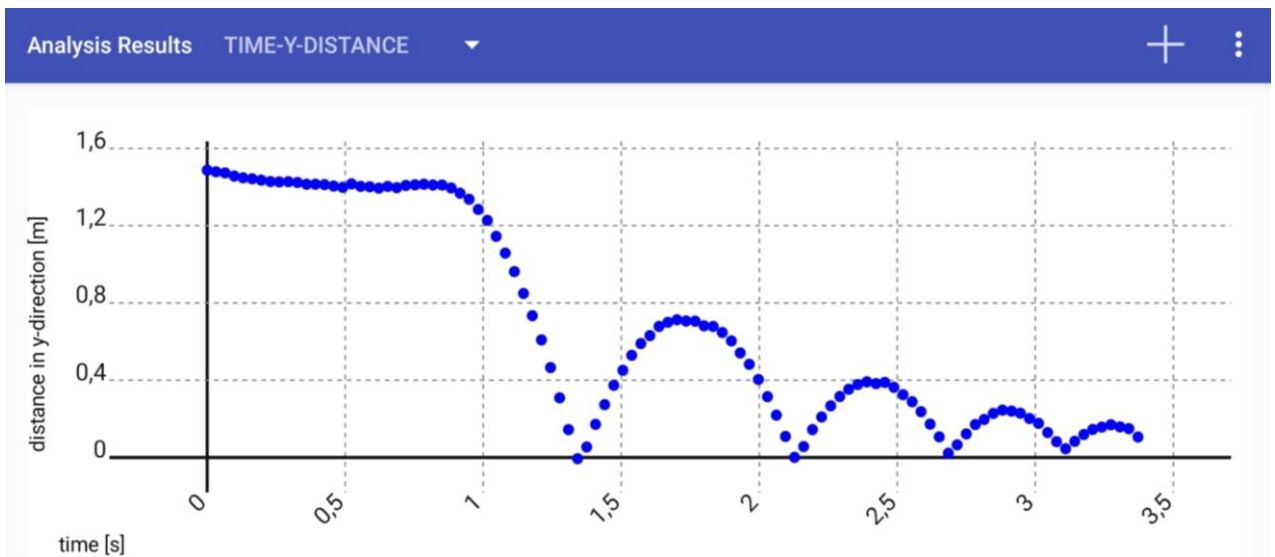


Figura 46: Gráfica Posición Y-Tiempo de la pelota de Pádel.

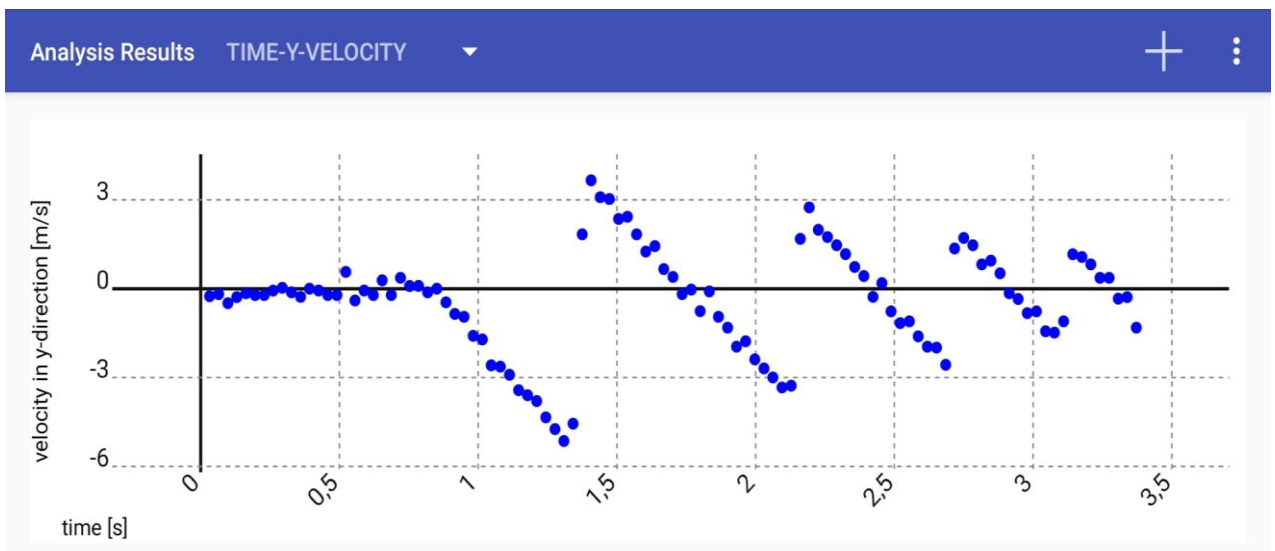


Figura 47: Gráfica velocidad Y-Tiempo de la pelota de Pádel.

13.3. Anexo 3: Rúbrica evaluación prácticas

Criterios	Muy bien (3)	Bien (2)	Regular (1)	Deficiente (0)
Informe de la práctica	El informe presentado incluye detalladamente todos los apartados: - Medidas - Capturas - Gráficas - Resultados y análisis	El informe presentado no incluye uno de los apartados: - Medidas - Capturas - Gráficas - Resultados y análisis, o no están suficientemente detallado	El informe presentado no incluye varios de los apartados: --Medidas -Capturas -Gráficas - Resultados y análisis, o no está suficientemente detallado	No se presenta el informe
Cuestionario JITT	Realiza el cuestionario on-line previo y responde correctamente a todas las preguntas	Realiza el cuestionario on-line previo y responde correctamente a todas las preguntas menos una	Realiza el cuestionario on-line previo y responde correctamente a todas las preguntas menos dos	No se realiza el cuestionario on-line previo
Participación	Participa activamente y se implica en la realización correcta de las prácticas. Realiza una buena exposición a sus compañeros durante la metodología Puzzle.	Participa activamente y se implica en la realización correcta de las prácticas. La exposición a sus compañeros durante la metodología Puzzle no es suficientemente clara.	Participa en la realización de las prácticas, pero no se preocupa por el procedimiento ni la rigurosidad de los resultados obtenidos. La exposición a sus compañeros durante la metodología Puzzle no es clara, no está preparada.	No participa en la realización de las prácticas, dejando que las haga su compañero. No interviene en la exposición de la metodología Puzzle.

Tabla 8: Rúbrica evaluación de las prácticas.

13.4. Anexo 4: Cuestionario JITT

Preguntas:

1. **En un choque totalmente elástico, se conservan:**
 - a. *El momento lineal y la energía cinética.*
 - b. La energía cinética y la energía potencial.
 - c. Únicamente la cantidad de movimiento.
 - d. Se producen deformaciones y por tanto no se conserva la energía.

2. **El principio de conservación del momento lineal o cantidad de movimiento dice:**
 - a. *“Si la resultante de las fuerzas externas que actúan sobre un sistema es constante, entonces la cantidad de movimiento o momento lineal del sistema permanece constante, es decir, no varía”.*
 - b. *“Si la resultante de las fuerzas externas que actúan sobre un sistema es nula, entonces la cantidad de movimiento o momento lineal del sistema permanece constante, es decir, no varía”.*
 - c. *“Si la resultante de las fuerzas externas que actúan sobre un sistema es constante, entonces la cantidad de movimiento o momento lineal del sistema es nula”.*
 - d. *“Si la resultante de las fuerzas externas que actúan sobre un sistema es nula, entonces la cantidad de movimiento o momento lineal del sistema es nula”.*

3. **Podemos calcular el coeficiente de restitución de una pelota a partir de:**
 - a. *Las velocidades de los objetos antes y después de chocar con el suelo, el tiempo que pasa entre sucesivos rebotes y la altura que alcanza la pelota en los sucesivos choques.*
 - b. El tiempo que pasa entre sucesivos rebotes y la altura que alcanza la pelota en los sucesivos choques.
 - c. Depende de la masa y el tamaño de la pelota.
 - d. El tiempo que tarda la pelota en llegar al suelo lanzándola desde una determinada altura y la altura que alcanza en el primer bote.

4. **El coeficiente de restitución es una propiedad de los materiales que indica:**
 - a. La capacidad de un objeto para rebotar en el suelo, a mayor coeficiente de restitución más alto rebotará el objeto.
 - b. La energía potencial elástica de un cuerpo.
 - c. La capacidad de deformación de los objetos que chocan.
 - d. *Indirectamente la proporción de la energía que se pierde en el choque.*