



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Master

**Empleo del Eye Tracker para relacionar la percepción visual con el aprendizaje a través de un simulador en la especialidad de física y química.**

**Use of the Eye Tracker to relate visual perception with learning through a simulator in the specialty of physics and chemistry.**

Autora

Nerea González Santos

Directoras

Ana de Echave Sanz

Elvira Orduna Hospital

Curso

2021-2022

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
1. JUSTIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN .....	2
2. CONSIDERACIONES Y MARCO TEÓRICO DEL PROYECTO DE REFERENCIA ..	3
2.1. Marco teórico .....	4
2.1.1. Prácticas científicas, uso de simuladores, aprendizaje y problema a estudiar: La flotabilidad en la escuela. ....	4
3. DISEÑO METODOLÓGICO .....	6
3.1. Contexto de la investigación .....	6
3.2. Selección de la muestra .....	6
3.3. Intervención didáctica .....	7
3.4. Diseño y protocolo del experimento .....	7
3.5. Recopilación de datos.....	12
3.6. Contexto de la creación de la propuesta.....	13
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	14
4.1. Respuestas a las preguntas .....	14
4.2. Movimientos oculares .....	17
4.3. Análisis de casos individuales.....	22
5. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES PERSONALES.....	27
6. BIBLIOGRAFÍA .....	29
7. ANEXOS .....	31
7.1. ANEXO I. Informe para observar las ideas previas que presentan los alumnos. ....	31
7.2. ANEXO II. Guion para seguir la práctica de densidad y flotabilidad.....	34
7.3. ANEXO III. Contexto del centro educativo.....	37

## **RESUMEN**

La percepción visual es un elemento de interés para muchas áreas. En este caso, el aprendizaje depende de diferentes factores, pero parte de la información es captada a través de esta vía visual. Es por ello que hemos considerado el emplear un simulador relacionado con la densidad y la flotabilidad para poder captar, con ayuda del eye-tracker, el estímulo de interés visual para integración de los conocimientos de los alumnos de un aula.

*Palabras clave:* densidad, eye-tracker, fijaciones, flotabilidad, percepción visual, simulador.

## **ABSTRACT**

Visual perception is an element of interest for many areas. In this case, learning depends on different factors, but part of the information is captured through this visual pathway. That is why we have considered using a simulator related to density and buoyancy to be able to capture, with the help of the eye-tracker, the stimulation of visual interest to integrate the knowledge of the students in a classroom.

*Keywords:* density, eye-tracker, fixations, buoyancy, visual perception, simulator.

## **1. JUSTIFICACIÓN Y PRESENTACIÓN**

En este proyecto se aborda cómo influye el procesamiento visual en la enseñanza de aspectos relacionados con la física y la química en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), poniendo especial atención en la percepción visual como una de las principales fuentes de captación de información.

La realización de este trabajo me ha permitido llevar a cabo una propuesta para ahondar y explorar, a la vez, sobre mis propias habilidades y destrezas para llegar a ser una profesora activa y reflexiva también en un aula de ciencias. Pudiendo buscar la mejor alternativa a la hora de presentar el material visual que acompaña al contenido teórico.

En su desarrollo nos hemos centrado en los aspectos que conciernen especialmente a la didáctica de la física. La memoria comienza con una introducción de las bases teóricas de referencia acompañadas de la bibliografía final; el diseño metodológico, así como la explicación del principio de acción en el aula utilizado; los resultados y conclusiones obtenidos de las experiencias de aula; y para finalizar las conclusiones y reflexiones que la realización del propio trabajo ha supuesto para el autor.

## **2. CONSIDERACIONES Y MARCO TEÓRICO DEL PROYECTO DE REFERENCIA**

Nos encontramos en la actualidad en lo que se puede denominar como la “sociedad del conocimiento” y una gran parte de este se canaliza por la vía visual. Es por ello que, las actividades cotidianas dependen en gran parte de la percepción visual, cobrando por consiguiente un papel fundamental en todo tipo de actividades y en concreto en la enseñanza.

La información y los conocimientos se pueden transmitir de formas diversas, siendo relevante el QUÉ, el PORQUÉ y el CÓMO.

Silva y Jiménez (2017), hablan sobre la importancia que cobra en la didáctica de las ciencias experimentales la forma de transmitir la información, el destinatario que la percibe, así como el tipo de contenido científico implicado y la tipología de material visual que acompaña a este.

Debido a todo lo anterior ha sido de gran interés comprobar el comportamiento visual de una clase de 4º de ESO durante el empleo de un simulador relacionado con la densidad y la flotabilidad con el objeto de resolver unas cuestiones relacionadas con este fenómeno en el agua.

En este sentido, para el estudio, hemos tenido en cuenta como variables, el número y la duración de las fijaciones, que es la habilidad monocular que tiene el ojo para mantener la mirada enfocada en un objeto. Esta forma parte de los movimientos oculares, ya que cuando el ojo no permanece quieto mientras fija la mirada en un objeto, realiza sutiles movimientos involuntarios llamados microsacádicos o movimientos de fijación. Es por ello, que los movimientos de fijación visual son muy importantes, ya que cumplen la función de ubicar la imagen de un objeto inmóvil de la forma más exacta posible en la zona central de la visión, la fovea, mientras la cabeza se encuentra estacionaria.

En cuanto a la información visual presentada en el simulador hemos distinguido distintas áreas de la pantalla según el modo de presentación (verbal o icónica) valorando en cada una de ellas el interés y la atención del estudiante mientras se emplea el simulador, según el número y duración de las fijaciones.

## **2.1. Marco teórico**

Según Merchán y Henaó (2011), el aprendizaje y las habilidades de la percepción visual están indudablemente relacionadas, puesto que a partir de esta vía se localiza y extrae una gran cantidad de información. Es por ello que la percepción visual es la encargada de procesar y organizar la gran parte de la información que transmitimos a los alumnos y alumnas en el aula.

Otro artículo, como el de Hindmarsh et al. (2021) que estudian los movimientos oculares verticales y horizontales empleando el eye-tracker para la evaluación del test Development Eye Movement (DEM), asocia la importancia del control de los movimientos oculares con la capacidad lectora de estos estudiantes. Dando por ello un punto de vista de la importancia del control visual a la hora de realizar lectura comprensiva y su relación con el aprendizaje.

Finalmente, el artículo de Langner et al. (2022) indaga sobre los avances digitales y los relaciona con el proceso de aprendizaje. Desde este punto de vista, la digitalización es una herramienta útil tanto para profesores como para alumnos, pero es un arma de doble filo si no se tienen los conocimientos necesarios y concienciación para la utilización correcta de estos medios por ambas partes. Por ello, es indispensable que el docente conozca a la perfección el material digital que pretende emplear. Además, comenta cómo el eye-tracker puede ser una herramienta para saber qué perciben los alumnos según dónde estén mirando, y es precisamente lo que se pretende evaluar a lo largo del desarrollo de este trabajo

### **2.1.1. Prácticas científicas, uso de simuladores, aprendizaje y problema a estudiar: La flotabilidad en la escuela.**

En cuanto a la flotabilidad como objeto de aprendizaje en la escuela, desde etapas escolares iniciales como la Educación Primaria, responde a un modelo de aproximación fenomenológico: desde la observación y lo observable se trata de aislar qué “elementos” o aspectos determinan que los objetos-materiales floten o se hundan en un fluido, generalmente, el agua.

Es un modelo escolar, que desde la observación, cuestionamiento e indagación (Garriz, 2010) ayuda en la construcción de esquemas y modelos explicativos como paso inicial al desarrollo de un modelo causal en términos de fuerzas y empujes, más próximo al canónico científico.

Jiménez-Tenorio et al. (2016) han señalado que la modelización es útil en combinación con recursos de aula que tengan esta orientación como, por ejemplo, la simulación o los simuladores. Según Aragón-Núñez et al. (2018) y tomando los modelos de Gilbert et al. (2000)

y Adúriz-Bravo (2013), un modelo es la representación de un objeto, un fenómeno, o un sistema cuyo propósito es describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar.

Así, el proceso de modelización será entendido como el proceso de aprendizaje que acompaña al trabajo con modelos y modelizar será el conjunto de conocimientos y habilidades, destrezas y valores requeridos para modelar en su más amplia dimensión. No se trata de aprender los modelos de ciencia escolar para replicar, sino de trabajar con ellos, elaborarlos, visarlos, hablar y opinar acerca de ellos, entender su valor, utilidad, carácter aproximativo y limitaciones.

En cuanto al análisis de las respuestas del alumnado a los problemas planteados con el uso del simulador, interesa el tipo de razonamiento y argumentación utilizados. En el uso del simulador se integran las diferentes representaciones modales de los elementos claves y una interpretación útil para la construcción de sus argumentaciones. Conviene recordar cómo define Jiménez-Aleixandre (2010) la acción de argumentar: “consiste en ser capaz de evaluar los enunciados en base a las pruebas” y que en el caso de los simuladores deben buscar oportunamente los datos del problema aportados dentro del propio modelo simulado y vincularlo con sus experiencias manipulativas con objetos y materiales reales previas.

En cuanto al modelo de aprendizaje basado en las prácticas científicas, (García-Carmona, 2021) revisa y analiza los distintos planteamientos, interpretaciones y líneas didácticas proponiendo un modelo ampliado de las prácticas científicas epistémicas más frecuentes (indagación, modelización y argumentación) con las no-epistémicas como la asociada a la cooperación y colaboración científica, las relaciones profesionales y personales en la comunidad científica, la comunicación científica y al papel de la comunidad científica en la aceptación de nuevos conocimientos.

Así, el escenario de Trabajos Prácticos combinado con el uso de simuladores (Hodson, 1994) se entiende como especialmente potente didácticamente si el diseño de la actividad de aprendizaje de tipo experiencial (Kolb, 2015) está orientada a la indagación y guiada por preguntas. En la organización de los grupos y desarrollo de la actividad permite incorporar prácticas no epistémicas, enriqueciendo el aprendizaje de la práctica científica reconocida como imprescindible en el conocimiento científico experimental. Es por ello, que hemos elegido este escenario didáctico (Anexo II) para esta investigación.

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Contexto de la investigación**

El diseño de la actividad en torno a la flotabilidad se ha realizado como continuación de los planteamientos de Couso (2013) y adaptación de materiales realizados en la asignatura de Diseño de actividades de aprendizaje de Física y Química de este Máster (Anexo I y II).

En ese sentido, tal y como describen Guisasola et al. (2021), se ha diseñado e implementado una secuencia de enseñanza aprendizaje (SEA) de tipo empírico que integra el desarrollo de prácticas científicas (argumentación, indagación y modelización) en un marco metodológico general de investigación basada en el diseño (IBD) y parcialmente desarrollada en el proyecto de innovación “PIIDUZ21-204 Flotando entre la densidad y el empuje”.

En la secuencia implementada se pueden distinguir desde un punto de vista didáctico, una primera fase introductoria; una segunda de indagación experiencial, en un contexto de Trabajo Práctico, y una tercera fase de modelización conceptual apoyada didácticamente con simuladores tanto en el uso como en la validación de la secuencia (Aragón-Núñez et al., 2018). Es en esta última fase donde se sitúa y desarrolla este trabajo.

#### **3.2. Selección de la muestra**

El estudio se realizó durante el Prácticum del Máster de Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en la Universidad de Zaragoza, siguiendo los principios establecidos en la Declaración de Helsinki y tras la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón (CEICA). Una vez explicado y firmado el consentimiento informado se procedió a pasar las pruebas a los participantes.

La muestra estuvo formada por 28 estudiantes (20 varones y 8 mujeres) pertenecientes al IES Salesianos Nuestra Señora del Pilar de Zaragoza, los cuales cumplían los siguientes criterios de inclusión:

- Alumnos que cursan 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de edades comprendidas entre 13 y 16 años.
- Matriculados en la asignatura de física y química.
- Sin patologías sistémicas ni oculares aparentes.
- En caso de que necesiten corrección refractiva, ya sea en lentes de contacto o gafas, las portarían a la hora de la toma de medidas.



### **3.3. Intervención didáctica**

Como esta propuesta se ha llevado a cabo en el transcurso de las prácticas del máster en el centro educativo, nos encontramos ante un modelo de aprendizaje basado en la observación participante donde el docente selecciona a un grupo de alumnos a los cuales observa detenidamente, interactuando estrechamente con ellos.

El docente tiene que esforzarse para identificarse con los alumnos que participan en el estudio y, al mismo tiempo, quedarse distante del contexto observado.

La posibilidad de contemplar el comportamiento de la gente desde su punto de vista comporta convertir el trabajo en un proceso de socialización para el investigador. Éste debe adoptar el papel de aprendiz, similar al aprendizaje de un niño cuya socialización consiste en aprender cómo debe comportarse en su entorno, aunque con una gran diferencia: se trata de un proceso de socialización que tiene que llevar a cabo un adulto previamente socializado. Se podría decir, de forma más apropiada, que se trata de un proceso de socialización secundaria (Berger y Luckman, 1984). Se trata de un aprendizaje social sin internalización, de un aprendizaje controlado, de una socialización reversible. Por todo lo que hemos dicho, se exige algo más que la simple observación: la participación es necesaria porque maximiza el aprendizaje social.

El observador participante debe intentar ser otro y, al mismo tiempo, mantener el sentido de la diferencia: hablar de este "otro" como de alguien diferente. Se trata de mantener una posición más o menos marginal. El investigador interpreta desde la posición marginal de estar, simultáneamente, "dentro" y "fuera"; entre la "familiaridad" y la "extrañeza", mientras que, socialmente, su papel oscila entre convertirse en un amigo y mantenerse como "extraño".

En el espacio creado por esta distancia se efectúa el trabajo analítico del observador. Sin esta distancia, sin este espacio, su trabajo no sería más que un relato autobiográfico sobre una experiencia personal. Este modelo considera que el criterio de validez de una información de campo consiste en haber conseguido situarse en esta posición analítica.

### **3.4. Diseño y protocolo del experimento**

En primer lugar, se realizó una contextualización del centro educativo en el que se iba a llevar a cabo la intervención (ver **Anexo III**).

Posteriormente se realizó un cuestionario inicial adjunto en el **Anexo I**, con el que se pretende observar las ideas previas que tienen los alumnos sobre el campo conceptual, la densidad y la flotabilidad, con el que vamos a trabajar posteriormente.

Después se realiza una **práctica de laboratorio** con los alumnos seleccionados para la realización de la prueba. Esta consiste en introducir el concepto de densidad y flotabilidad, seguimos para ello un guion, **Anexo II**, y al finalizar la misma se introduce brevemente el **simulador** con el que se va a trabajar en el proyecto.

Para realizar este estudio se utilizó un simulador de PhET Colorado (<https://phet.colorado.edu/es/simulations/buoyancy>), sobre la densidad y flotabilidad, a partir del cual se grabó un video, por parte del examinador, utilizando el simulador según la secuencia del mismo que queríamos evaluar y para utilizarlo en el estudio con todos los alumnos por igual.

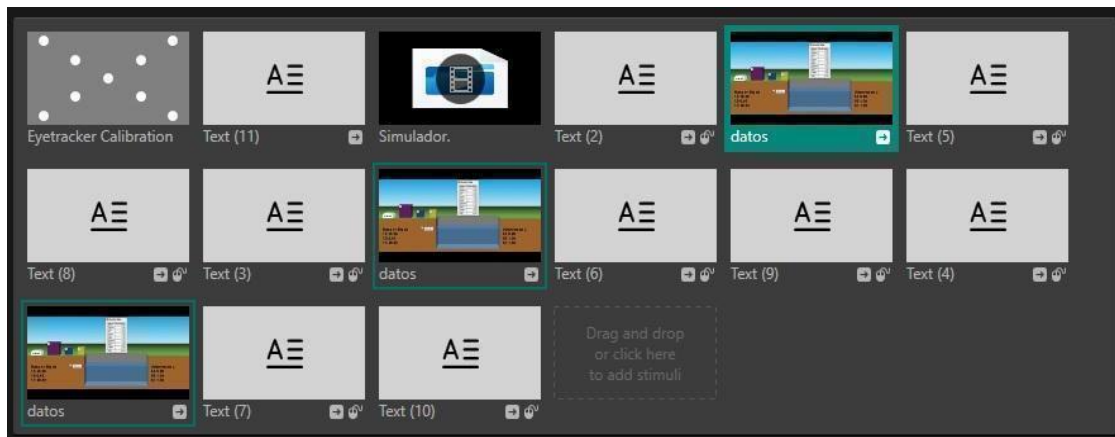
Para realiza el estudio se utilizó un dispositivo de rastreo ocular, el eye-tracker Tobii Pro Fusion (Tobii AB, Suecia), con un sistema de doble cámara y dimensiones 374x18x13,7 mm (Figura 1), el cual iba conectado mediante USB a un ordenador portátil.



**Figura 1.** Eye-tracker Tobii Pro Fusión (Tobii AB, Suecia).

El vídeo anteriormente grabado lo cargamos en el programa del eye-tracker Tobii Pro Fusion llamado Tobii Pro Lab (Tobii AB, Suecia), instalado en el ordenador a utilizar, donde se construyó la secuencia del proyecto para proceder a la toma de medidas.

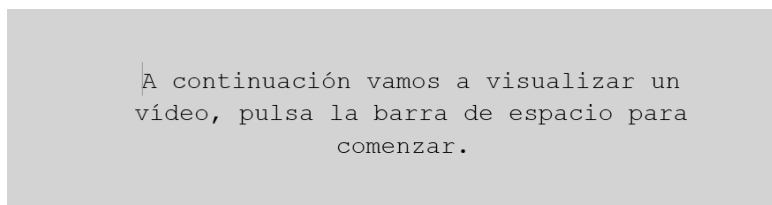
Antes de comenzar las mediciones se explica a cada alumno en qué consiste la secuencia y qué pasos deben seguir conforme vayan apareciendo las diferentes estaciones. El esquema que se siguió para la creación del proyecto es el siguiente (Figura 2):



**Figura 2.** Secuencia del proyecto.

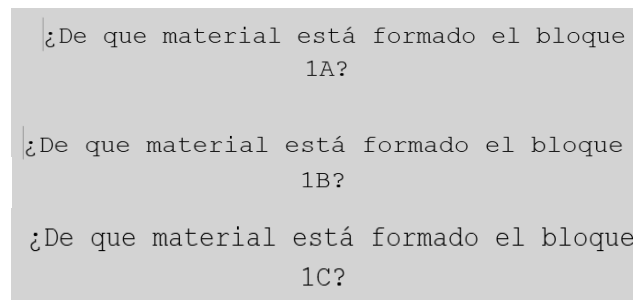
- Lo primero de todo se realizó una **calibración** del tamaño de la pantalla a la distancia a la que se encontraba el participante de la misma, que fue en todos los casos de unos 50 cm. Cabe destacar que el eye-tracker se colocó justo debajo de la pantalla pegada a ella. La calibración constaba de 9 puntos en los que el participante tenía que mantener la fijación en cada uno de ellos que iba apareciendo de manera secuencial hasta que desaparecían y aparecía el siguiente, así el aparato detectaba las pupilas del paciente y determinaba que estaba mirando en el punto adecuado.
- El siguiente fue el **Text 11**: en el cual mediante un cuadro de texto se explicó cómo saltar las imágenes y los cuadros de texto posteriores (Figura 3).
- Después aparece el **vídeo grabado del Simulador de PhET Colorado**: se reproduce el vídeo previamente grabado en el que se manipula el simulador, de tal manera que los alumnos puedan observar cómo se hunden diferentes bloques de materiales desconocidos en un estanque de agua, y como se desaloja un volumen proporcional al del cubo insertado. Se adjunta el video en el siguiente enlace:  
[https://drive.google.com/file/d/1C\\_JVhVAJYIzwCxXm\\_Ecle4qKy77vziIK/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1C_JVhVAJYIzwCxXm_Ecle4qKy77vziIK/view?usp=sharing)
- **Text 2**: se pregunta tras ver el vídeo en un cuadro de texto, ¿de qué material es el primer cubo? (Figura 4)
- **Datos**: imagen que se presentó tras lanzar la pregunta para que ellos puedan utilizar los datos presentados en el simulador y así poder responder a la pregunta que se lanzó en el cuadro de texto anterior. (Figura 5a).

- **Text 5:** diapositiva de texto en el que se dan cuatro opciones para responder a la pregunta anterior. Y en la que ellos tienen que responder en voz alta cuál es la respuesta tras haber hecho el cálculo correspondiente en la diapositiva anterior. (Figura 5 a)
- **Text 8:** se lanza una nueva pregunta y es, ahora que saben de qué material es, si el cubo flotará o no. (Figura 6).
- El punto 4, 5 y 6 se repiten dos veces más cambiando los cubos y, por tanto, los materiales de los que están formados. Siendo la pregunta referente a si flota o se hunde el tercer cubo al final del proyecto.



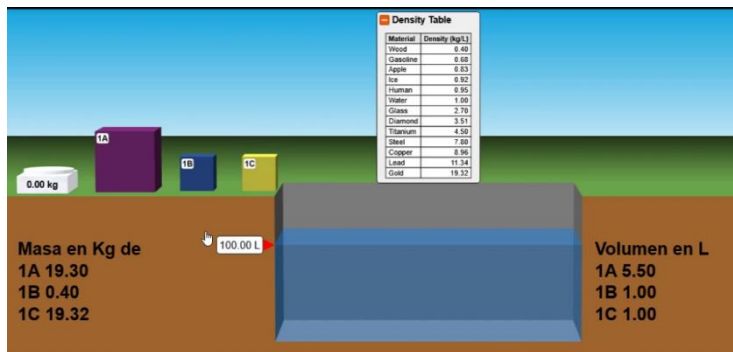
A continuación vamos a visualizar un vídeo, pulsa la barra de espacio para comenzar.

**Figura 3.** Imagen que corresponde con el Text 11 del proyecto.



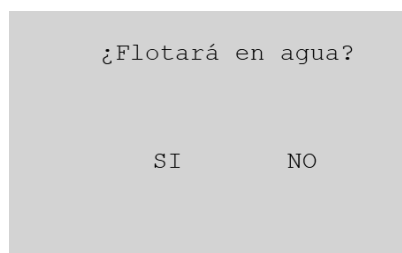
¿De que material está formado el bloque 1A?  
¿De que material está formado el bloque 1B?  
¿De que material está formado el bloque 1C?

**Figura 4.** Imágenes que corresponden con el Text 2, Text 3 y Text 4 del proyecto respectivamente.



- a) Madera
- b) Diamante
- c) Oro
- d) Cristal

**Figura 5.** a) Imagen correspondiente a las diapositivas de datos. b) Imagen correspondiente con el Text 5, Text 6 y Text 7. En el que se dan las opciones de respuesta de las preguntas.

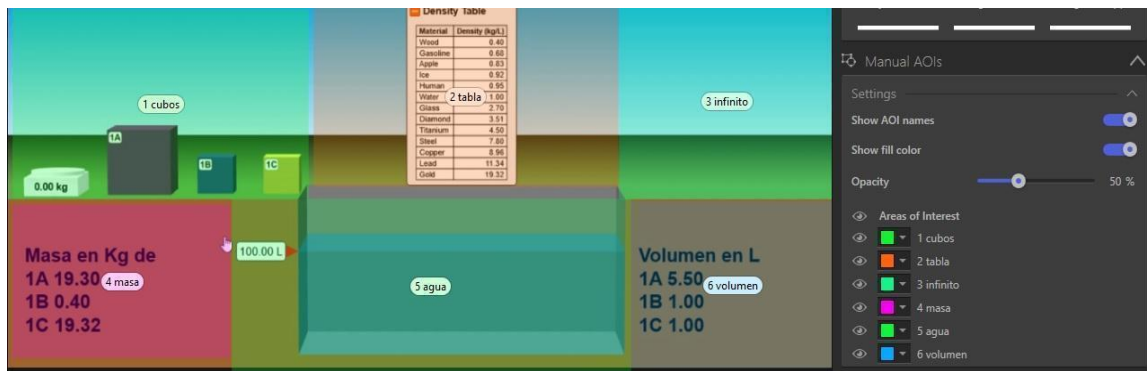


**Figura 6.** Imagen correspondiente con los Text 8, Text 9 y Text 10.

Una vez diseñado el experimento se procedió a pasarlo a los participantes uno a uno. Para ello, lo primero fue elegir en el programa eye-tracker Manager (Tobii AB, Suecia) el dispositivo de toma de datos a utilizar, en este caso el eye-tracker Tobii Pro Fusion conectado al ordenador que tiene una pantalla de 15,6 pulgadas, y después se pasó a utilizar Tobii Pro Lab (Tobii AB, Suecia) para la calibración de cada sujeto a la pantalla a una distancia de 50 cm y a una altura adecuada, a la que el eye-tracker detectara los ojos dentro de un área determinada por el programa. Tras la calibración del aparato se procedía a realizar las mediciones por parte del eye-tracker, generando una grabación de cada participante, que posteriormente se segmentarían en el propio Tobii Pro Lab, como se comentará más adelante.

### 3.5. Recopilación de datos

Una vez realizada la secuencia completa por parte de todos los alumnos, que en total fueron 28, se revisaron todas las grabaciones con el programa Tobii Pro Lab (Tobii AB, Sweden). En él se establecieron 6 áreas de interés. Estas áreas corresponden con los cubos (área 1: cubos), tablas de densidades (área 2: tablas), estanque de agua (área 5: agua), valores de masa (área 4: masa) y volumen (área 6: volumen) y una zona denominada infinito (área 3: infinito) situada en la parte superior derecha de la pantalla (Figura 7).



**Figura 7.** Segmentación en 6 áreas de interés de una grabación con el programa Tobii Pro Lab. Área 1: cubos; área 2: tabla, área 3: infinito; área 4: masa; área 5: agua; área 6: volumen.

Una vez que estaban todas las áreas definidas en el vídeo, las grabaciones de todos los participantes (una por sujeto) se exportaron a Excel (Microsoft® Office Excel 2011, Microsoft Corporation) en modo de métricas. Con esta forma de exportación se podían determinar las siguientes variables para cada componente del timeline o secuencia (Figura 2) por separado de un mismo sujeto gracias a las áreas de interés establecidas:

- La duración de la fijación total en cada una de las áreas de interés (s).
- El número de fijaciones y sacádicos en cada sub-test (n).
- La distancia interpupilar en cada momento (mm).
- El diámetro pupilar tanto del ojo derecho como del ojo izquierdo (mm).
- La velocidad de los sacádicos de cada ojo (m/s).
- La longitud de los sacádicos de cada ojo (mm).

### **3.6. Contexto de la creación de la propuesta**

Al realizar de forma presencial las prácticas, se habilitó un aula en el colegio Salesianos Nuestra Señora del Pilar de Zaragoza para poder llevar a cabo las pruebas realizadas con el eye-tracker de manera individual con cada uno de los alumnos. Además de la posibilidad de desdoblar a los alumnos en dos subgrupos para una mejor dinamización y comprensión de la práctica realizada en el laboratorio.

#### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de esta intervención pueden tener interés tanto en conjunto como por separado, pudiendo diferenciar en dos partes el estudio, y relacionarlas posteriormente entre sí.

Por un lado, nos podemos centrar en la respuesta que ha dado cada participante a las preguntas, y por otro, en los movimientos del sistema visual durante la realización de la secuencia. Sumando a todo ello que pueda existir una relación directa entre ambas partes, donde se encuentre una asociación entre los correctos movimientos de fijación ocular para el aprendizaje de los conocimientos necesarios para dar una respuesta razonada, valorando directamente la percepción visual de cada participante por separado.

Además, debemos de tener en cuenta que dicha intervención didáctica se ha llevado a cabo en un período de final de la etapa de Educación Secundaria.

A la hora de analizar los resultados nos basamos en el proceso de modelización donde el aprendizaje va acompañado de trabajo de modelos. Es decir, esta modelización es el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y valores adquiridos y necesarios para completar la fase del aprendizaje.

La intervención didáctica está basada por ello en el trabajo práctico y el simulador es la herramienta que empleamos para analizar y resolver finalmente el problema.

Si analizamos, tanto la explicación previa como el hacer las prácticas en el laboratorio supondría una etapa previa a la modelización donde investigamos e indagamos en la raíz del problema para finalmente llegar a la modelización con el simulador, y el eye-tracker en las mediciones.

##### **4.1. Respuestas a las preguntas**

Es por esto que, por una parte, podemos hablar sobre el tipo de respuestas que han dado a las preguntas, y la percepción o tipo de dudas que se han desarrollado a lo largo de la realización de la prueba, así como la capacidad de reflexionar sobre sus respuestas (Tabla 1).

Si analizamos las respuestas obtenidas por parte de los alumnos, podemos tener en cuenta las respuestas individuales a cada pregunta o agrupar estas de tal forma que las preguntas 1-2; las preguntas 3-4 y las preguntas 5-6 sean como una única, es decir, como si únicamente fueran 3 respuestas en lugar de 6, puesto que están plenamente relacionadas entre sí.



1. ¿De qué material está formado el bloque A1?
2. ¿Flota o se hunde?
3. ¿De qué material está formado el bloque B1?
4. ¿Flota o se hunde?
5. ¿De qué material está formado el bloque C1?
6. ¿Flota o se hunde?

En el conjunto de preguntas 1-2, solamente 2 alumnos de 28, es decir, el 7% de los alumnos respondieron bien al conjunto de preguntas. En las preguntas 3-4, 24 de los alumnos acertaron con la respuesta, siendo por lo tanto el 96% de las respuestas correctas. En el conjunto de preguntas 5-6 fueron 22 alumnos los que respondieron correctamente, siendo por lo tanto el 78,57% de las respuestas correctas.

Cabe destacar que, en la última pregunta, 7 alumnos/as comentaron que la primera la habían hecho mal, por lo que se puede observar también un aprendizaje durante el transcurso de la prueba y una rectificación, dando la respuesta correcta.

**Tabla 1.** Respuestas a las cuestiones del proyecto. En verde los que dieron la respuesta correcta, en gris los que se equivocaron parcialmente y en blanco los que fallaron ambas respuestas.

Alumno/a	Pregunta					
	1	2	3	4	5	6
1	Madera	Si	No Se	----	Oro	No
2	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No
3	Madera	Si	Cristal	Si	Oro	No
4	Madera	Si	Madera	Si	Oro	No
5	Oro	No	Madera	Si	Oro	No
6	Madera	No	Madera	Si	Madera	No
7	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No
8	Oro	No	Madera	Si	Oro	No
9	Oro	No	Madera	No	Oro	No
10	Oro	No	Madera	Si	Oro	No
11	Oro	No	Madera	Si	Oro	No
12	Oro	No	Madera	Si	Oro	No
13	Oro	No	Madera	Si	No Se	-
14	Madera	Si	Cristal	No	Diamante	No
15	Oro	No	Madera	Si	Oro	No
16	Cristal	No	Madera	Si	Diamante	Si
17	Oro	No	Madera	Si	Diamante	No
18	Cristal	No	Madera	Si	Oro	No
19	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No
20	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No
21	Madera	Si	Madera	Si	Oro	No
22	Cristal	Si	Madera	Si	Oro	No
23	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No
24	Oro	No	Madera	Si	Oro	No
25	Diamante	Si	Madera	Si	Oro	No
26	Oro	No	Madera	Si	Diamante	No
27	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No
28	Cristal	No	Madera	Si	Oro	No

## 4.2. Movimientos oculares

En esta segunda parte nos centramos en el enfoque de la percepción visual, analizando los movimientos oculares, concretamente sobre el conteo de fijaciones y el tiempo permanecido mirando en cada una de las 6 áreas delimitadas (Figura 8), y además desglosando la duración de las fijaciones (Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4).



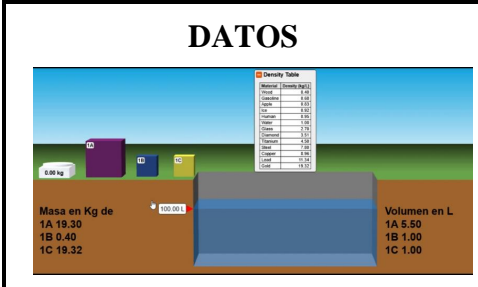

**Figura 8.** Segmentación en 6 áreas de interés de una grabación del vídeo del simulador con el programa Tobii Pro Lab, que llamaremos en las tablas como SIMULADOR. Área 1: cubos; área 2: tabla, área 3: infinito; área 4: masa; área 5: agua; área 6: volumen.

Aquí podemos observar que, en la división en las 6 áreas, de la zona de datos el mayor número de fijaciones es en primer lugar en la tabla (área 2), posteriormente en el agua (área 5), y en tercer lugar en la masa (área 4), pasando por alto el volumen (área 6) que presenta muy pocas fijaciones, ocupando el cuarto lugar. Cabe destacar también que la zona del infinito (área 3) apenas presenta fijaciones.

Esto puede ser relevante si nos fijamos en que, en la primera pregunta, el fallo viene de que consideran que el volumen está relacionado con la respuesta a la primera pregunta: “1. ¿De qué material está formado el bloque A 1?” Al introducir el cubo 1 en el estanque de agua, desaloja un volumen de 5L, el volumen de dicho cubo. Hay que tener en cuenta que la masa tiene que dividirse por este volumen. En el caso del cubo 2 y del cubo 3, el volumen que desalojan es 1L, por lo que facilita mucho el cálculo de las densidades. La decisión de que el primer cubo tuviera un valor diferente a los dos siguientes no fue aleatoria, ya que precisamente el tener en cuenta el volumen y no solo la masa para calcular la densidad de un objeto era un punto de interés.

Además, se prefirió facilitar el cálculo de las densidades y por ello los cubos siguientes tenían un volumen de 1L, para que la prueba no se alarga mucho en el tiempo y pudiera causar desinterés o despiste al alumno o alumna que lo estuviera realizando. La mayoría de ellos interpretaron que el volumen del cubo 1 era de 1L, y únicamente se fijó en la masa para dar la respuesta, y aproximaron el valor de la masa al de la densidad más parecida que es la del oro, en la mayoría de los casos al realizar la última pregunta quisieron rectificar sobre la respuesta del primer cubo. Esta rectificación pone en valor el aprendizaje que se está realizando durante la actividad y el progreso de los alumnos durante la misma.

**Tabla 2.** Conteo general de fijaciones y su duración a lo largo de todo el video del simulador y en todas las pantallas de datos.

				
	<b>Fijaciones (n)</b>	<b>Duración de la fijación total (s)</b>	<b>Fijaciones (n)</b>	<b>Duración de la fijación total (s)</b>
<b>Promedio</b>	37,40	64,08	2,48	36,45
<b>Desviación estándar</b>	335,09	27,08	1,47	0,05



**Figura 9.** Segmentación en 6 áreas de interés de una grabación con el programa Tobii Pro Lab. Área 1: cubos; área 2: tabla, área 3: infinito; área 4: masa; área 5: agua; área 6: volumen.

Al observar la Tabla 3 de fijaciones del **simulador**, podemos hacer una comparativa sobre el número de fijaciones y el tiempo empleado en cada área de interés (figura 9), la mayor parte de las fijaciones y el tiempo de estas se centra en el área de interés del agua (área 5) que emplean un 41,97% del tiempo total, como cabría esperar puesto que es donde se van sumergiendo los cubos durante el vídeo del simulador. En segundo lugar, el área donde se encuentran los cubos y la báscula de pesar (área 1) ocupando un 16,10% de tiempo, seguido del recuadro de masa (área 4) ocupando un 15,66% de tiempo, las tablas de densidades (área 2) ocupando un 13,90% de tiempo, muy parecido al del área 4, y el volumen (área 6) ocupando un 10,67% de tiempo. Siendo la zona del infinito (área 3) en la cual menos fijaciones se presentan con mucha diferencia y empleando un 1,70% del tiempo total únicamente, esperado también ya que no hay ningún dato de interés en el que fijarse para resolver el problema.

**Tabla 3.** Conteo promedio del número de fijaciones (n) y porcentaje de tiempo mirando según el área de interés en el vídeo del simulador, teniendo en cuenta los 28 participantes en conjunto.

	1 cubo	2 tabla	3 infinito	4 masa	5 agua	6 volumen
<b>Promedio fijaciones (n)</b>	1,32	1,32	0,21	1,36	3,71	1,11
<b>Porcentaje del tiempo total (%)</b>	16,10	13,90	1,70	15,66	41,97	10,67



**Figura 10.** Segmentación en 6 áreas de interés de una grabación con el programa Tobii Pro Lab, generando el vídeo del simulador. Área 1: cubos; área 2: tabla, área 3: infinito; área 4: masa; área 5: agua; área 6: volumen.

Al observar la Tabla 4 de fijaciones del **pantallazo de datos** (Figura 10), la mayor parte de las fijaciones y el tiempo de estas se centra en el área de interés de la tabla (área 2) ocupando un 34,82% del tiempo total observando el cuadro de datos, como cabría esperar. En segundo lugar, el área donde se encuentra el estanque con agua (área 5) ocupa un 24,50% del tiempo, seguido del recuadro de masa (área 4) que ocupa un 21,73% del tiempo total, los valores del volumen (área 6) ocupan un 9,71% del tiempo total y el área de los cubos (área 1) ahora pasa a un penúltimo puesto ocupando un 7,21% del tiempo total. Siendo la zona del infinito (área 3) en la cual menos fijaciones se presentan con diferencia, con un 2,38% del tiempo total, manteniéndose como una zona de escaso interés para resolver las cuestiones.

**Tabla 4.** Conteo promedio del número de fijaciones (n) y porcentaje de tiempo mirando según el área de interés en el pantallazo de datos, teniendo en cuenta los 28 participantes en conjunto.

	<b>1 cubos</b>	<b>2 tabla</b>	<b>3 infinito</b>	<b>4 masa</b>	<b>5 agua</b>	<b>6 volumen</b>
<b>Promedio fijaciones (n)</b>	13,32	44,29	3,64	32,54	33,86	12,71
<b>Porcentaje del tiempo total (%)</b>	7,21	34,82	2,38	21,73	24,15	9,71

Concluyendo, tras el análisis anterior de los resultados de las tablas de fijaciones (Tabla 3 y Tabla 4), la comparativa entre el número y tiempo de fijación en cada una de las pantallas es lo que cabe esperar. En el vídeo del simulador se fijan en el movimiento de los cubos al sumergirlos en el agua, es por ello que la mayor parte del tiempo están fijando su atención en el área correspondiente al estanque de agua (área 5) y, en cambio, en el cuadro de datos pasan una mayor parte del tiempo observando la tabla de densidades (área 2), buscando el valor que han calculado con el correspondiente en esta tabla.

Este análisis a su vez nos da también una explicación clara al fallo común que se observa a la hora de contestar las preguntas, y es que el volumen, en la mayoría de los casos, no se ha tenido en cuenta en las primeras preguntas, ya que el número de fijaciones y el tiempo transcurrido en el cuadro de datos fijándose en el volumen es prácticamente la mitad con respecto al de la masa.

Se puede interpretar también que el tiempo que transcurre observando el agua en la imagen de datos puede ser porque estén pensando o calculando el resultado para finalmente subir la vista y buscar el valor exacto en la tabla de densidades, colocada justo encima de dicho estanque.

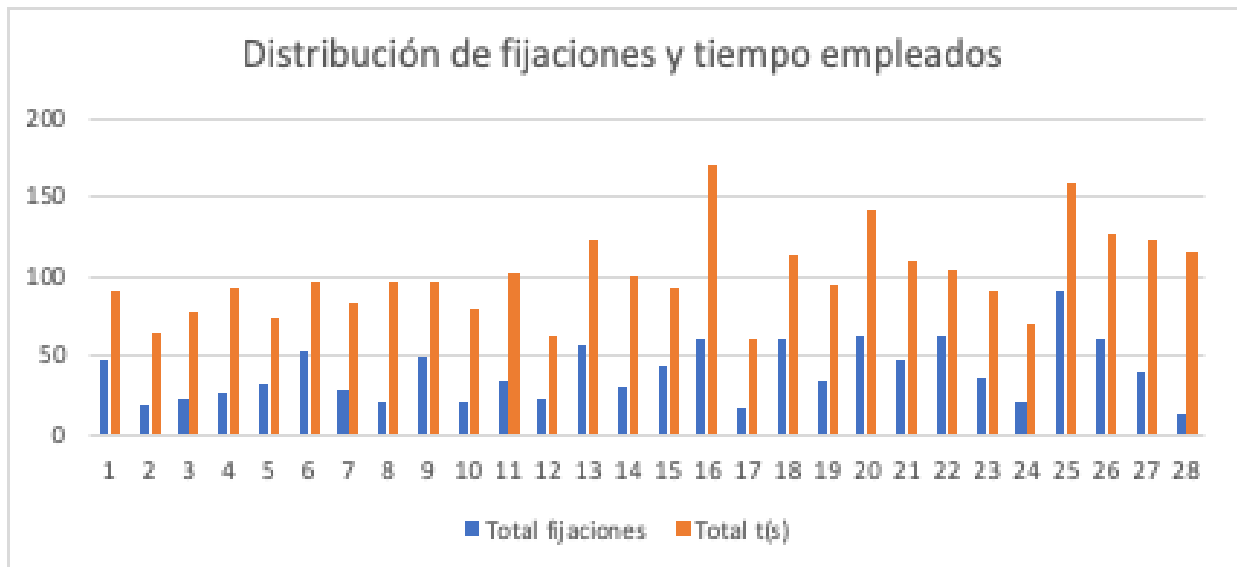
En ambos casos, el tiempo transcurrido en cada área y el conteo de fijaciones coinciden, siendo directamente proporcionales, encontrando que a mayor número de fijaciones mayor tiempo transcurrido mirando esa área.

### 4.3. Análisis de casos individuales

Dadas las características del estudio, se ve de interés el analizar los resultados como si de 28 casos individuales se tratara con la misma experiencia. En este apartado se muestran los resultados correspondientes a cada caso, realizando un primer análisis de posibles tendencias en sus comportamientos individuales.

Para ello, interesa mostrar los datos analizados en el apartado anterior correspondientes a cada caso-estudiante. El **Gráfico 1** permite visualizar la distribución de número de fijaciones y tiempo invertido por cada estudiante.

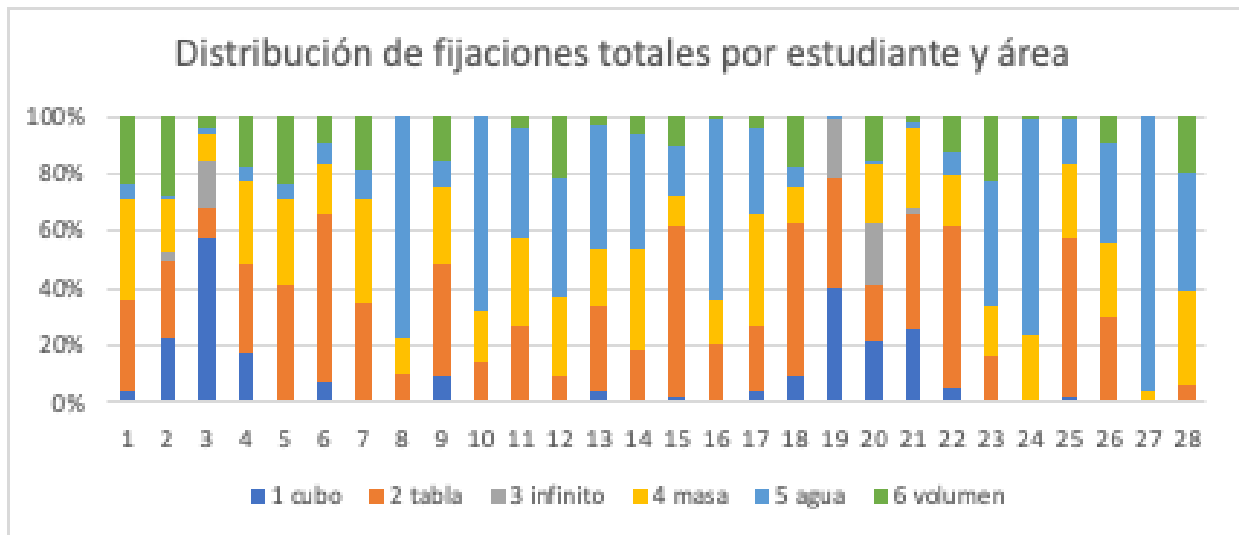
**Gráfico 1.** Conteo del número de fijaciones (n) y el tiempo (s) por estudiante





En el **Gráfico 2** podemos observar cómo han distribuido las fijaciones por área cada estudiante.

**Gráfico 2.** Distribución del número de fijaciones (n) por estudiante y área



De forma general, si tomamos como referencia los datos correspondientes a las áreas 5 y 6 podemos inferir que la comprensión del modelo explicativo causal de fenómenos de flotabilidad en términos de Volúmenes desalojados y Empujes no se da todavía, ya que se omite visualmente la zona donde se da el fenómeno y se resuelve mayoritariamente con el cálculo y comparación de densidades. Es en este momento cuando se detectan dificultades aritméticas de cálculo.

En el **Gráfico 2** se observa un comportamiento muy diferente y marcado respecto al área 5 agua en los casos **8, 24 y 27**.

**Tabla 5.1** Registro individual de respuestas y de fijaciones (n) por estudiante y área. Casos del 1 al 14

Text							Conteo Fijaciones Simulador						Conteo Fijaciones Problema					
	1	2	3	4	5	6	1 cubo	2 tabla	3 infinito	4 masa	5 agua	6 volumen	1 cubo	2 tabla	3 infinito	4 masa	5 agua	6 volumen
1	Madera	Si	No Se	---	Oro	No	0,96	0,24	0	0,09	0,18	2,3	1,18	14,67	0	16,73	2,25	9,28
2	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No	1,68	0,16	0,16	0	0,26	1,12	2,49	4,74	0,38	3,45	0	3,93
3	Madera	Si	Cristal	Si	Oro	No	1,72	0,48	0,84	0	0,31	0	11,58	1,81	2,99	2,32	0	0,98
4	Madera	Si	Madera	Si	Oro	No	0,44	1,01	0	0	0,41	0	4,14	6,92	0,07	7,53	0,78	4,58
5	Oro	No	Madera	Si	Oro	No	0	0	0	2,65	0,19	0,84	0,29	12,67	0	6,83	1,48	6,64
6	Madera	No	Madera	Si	Madera	No	0,24	1,4	0	0	2,16	0	3,64	29,92	0	9,28	1,6	4,74
7	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No	0	0	0	0	1,08	0	0,11	10,19	0	10,47	1,8	5,53
8	Oro	No	Madera	Si	Oro	No	0	0	0	0,34	0,24	0	0	2,25	0	2,22	16,68	0
9	Oro	No	Madera	No	Oro	No	1,03	0,62	0	0	1,48	0,05	3,28	18,68	0	12,84	3,29	7,33
10	Oro	No	Madera	Si	Oro	No	0	0	0	0	0,13	0	0	2,92	0	3,63	14,2	0
11	Oro	No	Madera	Si	Oro	No	0	0,54	0	0	0,64	0	0,16	8,29	0	10,38	12,23	1,28
12	Oro	No	Madera	Si	Oro	No	0	0	0	0,78	1,03	0,54	0	2,18	0	5,48	8,45	4,51
13	Oro	No	Madera	Si	No Se	-	0	0,17	0	0,37	2,15	0	2,11	17,28	0	10,57	22,84	1,47
14	Madera	Si	Cristal	No	Diamante	No	0	0	0	1,68	0,63	0	0,15	5,68	0	9,06	11,72	1,93

**Tabla 5.2** Registro individual de respuestas y de fijaciones (n) por estudiante y área. Casos del 15 al 28

Text							Conteo Fijaciones Simulador						Conteo Fijaciones Problema					
	1	2	3	4	5	6	1 cubo	2 tabla	3 infinito	4 masa	5 agua	6 volumen	1 cubo	3 infinito	4 masa	5 agua	6 volumen	
15	Oro	No	Madera	Si	Oro	No	0,3	1,75	0	0,71	0,61	0,28	0,39	24,79	0	3,88	7,14	4,02
16	Cristal	No	Madera	Si	Diamante	Si	0	0	0	0,88	2,41	0	0	12,12	0	8,57	36,38	0,3
17	Oro	No	Madera	Si	Diamante	No	0	0	0	0,38	2,24	0	0,66	3,78	0	6,04	2,69	0,75
18	Cristal	No	Madera	Si	Oro	No	0,04	0	0	0,8	0,87	1,43	5,43	32,22	0	6,64	3,94	8,8
19	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No	0	2,01	0,18	0	0	0	13,93	11,02	6,98	0	0,37	0
20	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No	1,9	0,67	0	0	0,44	0	11,47	12,17	13,78	13,3	0	9,7
21	Madera	Si	Madera	Si	Oro	No	2,08	0,63	0	0	1,14	0	10,29	18,75	0,76	13,62	0	0,77
22	Cristal	Si	Madera	Si	Oro	No	0,73	0	0	0	3,02	0,19	2,52	35,46	0	10,89	2,34	7,62
23	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No	0	0	0	0,13	0,72	0	0	5,82	0	6,33	14,85	8,07
24	Oro	No	Madera	Si	Oro	No	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,85	15,45	0,22
25	Diamante	Si	Madera	Si	Oro	No	0,1	0	0	0,88	2,27	0,18	1,68	50,93	0	22,19	11,74	1,12
26	Oro	No	Madera	Si	Diamante	No	0	0	0	0,33	2,11	0,07	0	18,52	0	15,28	19,44	5,92
27	Diamante	No	Madera	Si	Oro	No	0	0	0	0	0,81	0	0	0,1	0	1,61	37,27	0
28	Cristal	No	Madera	Si	Oro	No	0	0	0	0,88	1,66	0,42	0	0,81	0	3,62	3,95	2,19

Analizando los datos de las **Tabla 5 .1** y **5.2**, se puede inferir que:

- **El participante 27** centra su atención exclusivamente donde ocurre el fenómeno al plantearle el problema y que, durante la resolución de las cuestiones, las fijaciones se concentran en las áreas relevantes de datos, resolviendo el volumen en el área 5 agua.
- **El participante 24** parece conocer las respuestas y el modelo presentado, ya que, aunque busca la información relevante en las áreas 4 y 5, no contrasta con la información de la tabla, lo que le lleva a identificar mal el primer material, aunque no así su comportamiento.
- **El participante 8** centra su atención oportunamente en las áreas 2, 4 y 5, y aunque contrasta con el modelo presentado, se equivoca en los cálculos en el primer supuesto.

Es así, que al analizar los resultados como 28 casos individuales, tanto de las respuestas del test como de las fijaciones observadas en el uso del simulador, mientras resolvían las tres cuestiones planteadas (ver **Figura 3**), parecen observarse hasta cuatro diferentes tendencias en el uso del modelo simulado:

- **Color blanco:** el estudiante utiliza el modelo de densidad presentado por el simulador como cociente entre la masa  $m$  y el volumen  $V$  y la flotabilidad como comparación entre densidades. Participantes 1, 3, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 25, 26 y 28, siendo la tendencia más observada.
- **Color azul claro:** el estudiante ya parece poseer conocimiento previo del modelo escolar, pero comprueba numéricamente la coherencia con el modelo presentado. Participantes 2, 7, 19, 20 y 23.
- **Color amarillo:** el estudiante presenta problemas de comprensión del modelo y las respuestas no son coherentes pese a haber comprobado el modelo presentado. Participante 14.
- **Color azul oscuro:** el estudiante ha asumido su modelo previo como correcto, pero no lo contrasta con el modelo suministrado por el simulador. Participantes 5, 8, 24 y 27.

## 5. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES PERSONALES

Tras la realización del proyecto, he llegado a una serie de conclusiones que se exponen a continuación a lo largo de este apartado.

En primer lugar, me ha servido como un proceso para conocer y poder establecer una relación más cercana, alumno-profesor, con el grupo de alumnos que han participado en el estudio, esto me ha hecho poder tener, no solo una percepción numérica de los resultados, sino también una correlación con el perfil concreto del alumno con el que estaba trabajando, puesto que es un rasgo muy importante a tener en cuenta.

A nivel técnico, se podrían haber considerado ciertas mejoras a la hora de desarrollar el proyecto, lo ideal para el estudio hubiera sido el que los propios alumnos pudieran manipular directamente el simulador, debido a problemas al cargar el simulador en el programa informático Tobii Pro Lab se decidió reemplazar esto por la grabación de la simulación en vídeo, siendo similar pero no tan interactivo como me hubiera gustado. Por otra parte, he considerado beneficioso el poder retroceder en las preguntas para que los alumnos pudieran rectificar las respuestas, como sucedió en numerosos casos, siendo también la corrección de sus errores previos una buena forma de tener en cuenta el progreso y aprendizaje que se estaba llevando a cabo, además de ser conscientes de quienes estaban entendiendo la actividad y quienes no.

Además, he considerado como una mejora el haber realizado dos veces a cada alumno la medición, pero creado dos líneas de preguntas y simulación, una para pasarles previamente a los alumnos y que sirviera de modelo para que pudieran contar con un aprendizaje previo de lo que tendrían que hacer en la segunda, y ser esta segunda en la que nos fijamos para sacar conclusiones, evitando así el factor “desconocimiento de la prueba”. El motivo por el cual crearía dos líneas es para evitar la pérdida de interés o el obtener respuestas por repetición. Con esto se podría también valorar en un mismo alumno si ha mejorado con respecto a la primera ronda de preguntas y cuantificar el “aprendizaje”.

Todas estas mejoras técnicas están directamente relacionadas con el estudio de Langner et al. (2022), en el que se hablaba de la importancia del conocimiento previo de las herramientas tecnológicas que podemos emplear, tanto por el alumno como por el profesor.

Pese a las limitaciones del estudio, que no nos permiten asumir que las tendencias encontradas realmente existan como categorías relevantes a la hora de analizar este problema didáctico en torno a la flotabilidad y el uso de simuladores, parece que sí se puede apuntar a que podemos utilizar esta herramienta para comprobar cómo los estudiantes se adaptan al modelo suministrado por la enseñanza y son capaces de utilizarlo. Esto puede tener interesantes consecuencias para la enseñanza con simuladores, tanto desde el punto de vista del modelo presentado como del uso didáctico de la herramienta.

Como hemos podido observar el empleo del simulador no es empleado por todos los alumnos del mismo modo, sino que unos lo utilizan como un elemento de comprobación, como una calculadora de los resultados que pretenden obtener, siendo conscientes de qué datos son necesarios para obtener la respuesta a las preguntas, mientras que otros simplemente siguen la secuencia propuesta. Observando los resultados comprobamos que no está relacionado el que los alumnos empleen el simulador de una forma eficaz para que estos sean los que dan el mejor resultado a las preguntas.

Con esto concluimos que el aprendizaje no es lineal y como cabe esperar no todos los alumnos siguen la misma secuencia aun siendo esta un video grabado.

A nivel personal, me ha servido para reflexionar acerca del uso del simulador en el aula y, sobre todo, el cómo poder plantear preguntas para obtener una mayor atención por parte de los alumnos, ya que el poder observar qué les aporta más o menos interés es muy importante para nosotros como profesionales docentes. Y para poder desenvolvernos mejor con los alumnos intentando explicar de diversas formas el proyecto para poder llegar así a todos los alumnos, teniendo en cuenta las características especiales de cada uno.

Por otro lado, el uso de simuladores permite acercar a los alumnos experiencias y comprobar situaciones que, si se tuvieran que hacer con materiales reales no se podrían realizar, ya sea por espacio, coste de los materiales o ambos.

Finalmente, el uso del eye-tracker también supone una novedad en la docencia, puesto que en casos donde no se consigue que los alumnos resuelvan los ejercicios propuestos, se podrían determinar las áreas donde vinculan su atención y determinar si son las correctas o no. En caso de que no lo fueran, se podría realizar una orientación al alumno y guiarle por los puntos de interés para resolución de ejercicios.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Adúriz-Bravo, A. (2013). A semantic view of scientific models for science education. *Science & Education*, 22(7), 1593–1612.
- Aragón-Núñez, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. M., & Aragón-Méndez, M. del M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso. *Revista científica*, 2(32), 193–206. <https://doi.org/10.14483/23448350.12972>
- Couso, D. (2013). *La elaboración de unidades didácticas competenciales*. Alambique.
- García-Carmona, A. (2021). Prácticas no-epistémicas: ampliando la mirada en el enfoque didáctico basado en prácticas científicas. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 18(1), 1–18. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1108](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1108)
- Garriz, A. (2010). Indagación: las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación química*, 21(2), 106–110. [https://doi.org/10.1016/s0187-893x\(18\)30159-9](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(18)30159-9)
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., y Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. En *Developing Models in Science Education* (pp. 3–17). Springer Netherlands.
- Guisasola Aranzabal, J., Ametller, J., y Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 18(1), 1–18. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1801](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801)
- Hindmarsh, G. P., Black, A. A., White, S. L., Hopkins, S., y Wood, J. M. (2021). Eye movement patterns and reading ability in children. *Ophthalmic & Physiological Optics: The Journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 41(5), 1134–1143. <https://doi.org/10.1111/opo.1285>

- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(3), 299–313.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4417>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *Competencias en argumentación y uso de pruebas. 10 ideas clave*. Graó.
- Jiménez-Tenorio, N., Aragón, L., y Oliva, J.M. (2016). Percepciones de estudiantes para maestros de educación primaria sobre los modelos analógicos como recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 91-112.
- Kolb, David A. (2015), *Experiential Learning: Experience as a Source of Learning and Development*. Prentice Hall.
- Langner, A., Graulich, N., y Nied, M. (2022). Eye-tracking as a promising tool in pre-service teacher Education—A new approach to promote skills for digital multimedia design. *Journal of Chemical Education*, 99(4), 1651–1659.  
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c01122>
- Merchán, M. S., y Henao, J. L. (2011). Influencia de la percepción visual en el aprendizaje. *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*. ISSN 1692-8415, 9, 93–101.
- Silva Arias, L. A., y Jiménez Pérez, R. (2017). Las imágenes en los libros de texto: un análisis en el ámbito del ecosistema. *Revista Investigación en la Escuela*, 93, 58–75.  
<https://doi.org/10.12795/ie.2017.i93.05>



## 7. ANEXOS

### 7.1. ANEXO I. Informe para observar las ideas previas que presentan los alumnos.

**Materiales desarrollados en el marco del PIIDUZ21-204 Flotando entre la densidad y el empuje.**

1. Que un objeto flote o se hunda en el agua, ¿de qué puede depender?
2. ¿Qué supones que pasará al echar al agua...? (flota o se hunde)
  - Una sandía;
  - Un limón;
  - Una ciruela;
  - Una uva;
  - Una nuez;
  - Una almendra;
  - Un huevo;
3. ¿Cómo describirías un huevo? ¿cómo lo representarías visualmente? ¿qué dirías si te preguntasen qué es un huevo?

4. Y si, en vez de un huevo, tenemos un limón, ¿cómo lo describirías? ¿cómo lo representarías visualmente? ¿qué dirías si te preguntasen qué es un limón?
5. Al modificar la forma de un objeto, ¿piensas que puedes llegar a cambiar su flotabilidad? ¿cómo podrías explicarlo?
6. ¿Cómo definirías la flotabilidad?
7. En relación con que un objeto flote o se hunda en el agua, ¿estás de acuerdo con las siguientes afirmaciones?
- Únicamente influye el peso del objeto. Por tanto, los objetos pesados se hunden y los ligeros flotan
  - Solo depende del tamaño, volumen del objeto. En consecuencia, los objetos grandes se hunden y los pequeños flotan
  - Solo importa el tipo de material del que esté hecho el objeto
  - Flotará más si el objeto está en movimiento
  - Si el objeto es algo inanimado, se hundirá
  - Al cambiar el agua por otro líquido, los objetos tendrán el mismo comportamiento, es decir, seguirán flotando o hundiéndose en el nuevo líquido

8. Y para finalizar, ¿conoces alguna propiedad de los materiales que nos permita **predecir** si un objeto va a flotar o se va a hundir?

## 7.2. ANEXO II. Guion para seguir la práctica de densidad y flotabilidad.



### ¿Flota o se hunde?

En el agua unos *objetos* flotan y otros se hunden... pero, ¿algunos que se hunden pueden flotar y otros que flotan se pueden hundir?

#### ¿Qué pretendemos con esta actividad de laboratorio?

Conocer la utilidad de la densidad para comprender mejor fenómenos relacionados con la flotabilidad.

Vamos a *determinar y comparar la densidad de distintos materiales y objetos para predecir si flotarán o se hundirán*. Para ello necesitamos conocer tanto su masa como su volumen utilizando básculas, probetas, vasos y reglas.

Y comparar objetos de:

1. igual peso y distinto tamaño (canicas y bolas de plastilina)
2. igual tamaño y distinto peso (canicas y bolas de plastilina)
3. distinto peso y tamaño (naranja y canicas, huevos, bolas de plastilina, ...)

#### Para comenzar... vamos a ver qué pasa con el agua

Escogemos un vaso o probeta y lo pesamos y taramos.

Añadimos agua y medimos el volumen

Pesamos el vaso con agua

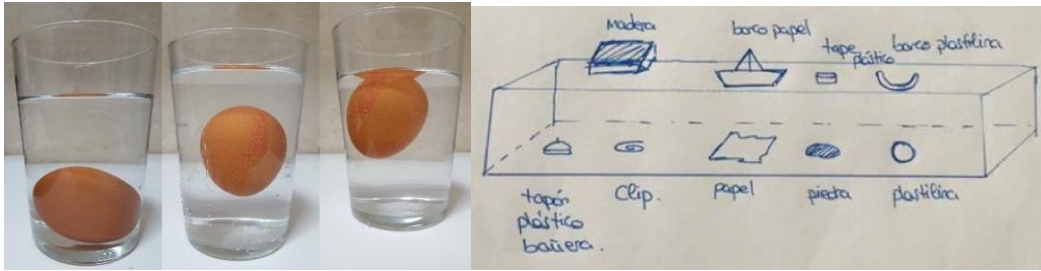
Determinamos la densidad del agua que estamos utilizando (g/ml)

#### Para continuar... jugamos con el peso y el tamaño de los objetos y materiales. Observamos, medimos y anotamos

- Pesamos en la báscula los distintos objetos que vamos a introducir posteriormente en el agua.
- Determinamos su volumen, midiendo con una probeta o calculándolo geoméricamente.
- Anotamos los resultados

<b>Objeto y material</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Volumen (ml)</b>	<b>Densidad (g/ml)</b>
Naranja con piel			
Naranja sin piel			
Canica grande			
Canica pequeña			
Huevo			
Bola de plastilina grande			
Bola de plastilina pequeña			
Limón			
<b>Fluido</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>Volumen (ml)</b>	<b>Densidad (g/ml)</b>
Agua del grifo			
Agua con sal			
Agua con azúcar			
Agua con...			

**Para finalizar... A la vista de los datos de la tabla ¿podremos predecir si flotará o se hundirá? ¿podremos conseguir “sacar a flote” objetos que se hunden o hundir objetos que flotan?**



Anota y dibuja

**Para concluir... ¿puedo afirmar que utilizar la propiedad densidad me ayuda a comprender el fenómeno de flotabilidad?**

**Pero, ... ¿siempre es así? ¿funciona de igual manera en otros fluidos como el aire? ¿y en lugares como la Estación Espacial Internacional?**

**¿Qué otras preguntas se me ocurren?**

### **7.3. ANEXO III. Contexto del centro educativo.**

La escuela concertada privada de Salesianos “Nuestra Señora del Pilar”, fue fundada en 1937, está situada en la C/María Auxiliadora, número 57, pertenece a la zona de Ciudad Jardín, limitando con el barrio de Delicias (16,92% de la población de la ciudad pertenece a este barrio) y por ello gran parte del alumnado reside en él. Debido a la heterogeneidad de la población, por lo general, no poseen costumbres o tradiciones comunes. En este barrio se encuentra el 25,1% de la población inmigrante de la ciudad. A su vez en el barrio de Delicias existen abundantes centros de enseñanza para poder cubrir con la demanda de la población.

Existe por ello una gran diversidad de familias, tanto en su estructura, dedicación de padres y madres a diferentes ocupaciones, niveles culturales, situaciones socio-económicas, grado de participación y relación con el colegio. De ello se desprenden situaciones muy diversas en los núcleos familiares en cuanto a recursos, hábitos, utilización del ocio y tiempo libre, participación en actividades, acceso y utilización de medios de comunicación, relaciones padre-hijos, valores, actitudes, creencias, expectativas sobre la formación-educación de los hijos, etc.

En el centro hay un total de 1516 alumnos, de los cuales 1099 son chicos y 417 chicas, de estos el 13,72% procede de un país diferente a España, y el 1,31% tiene Necesidades Educativas Especiales. La mayoría de los alumnos de Infantil, Primaria y ESO proviene de un entorno cercano, en cambio, Bachillerato y Formación Profesional (FP) presentan mayor diversidad.

A su vez el Claustro de Profesores está formado por 101 personas, 65 hombres y 36 mujeres. El Personal de Administración y Servicios (PAS) está formado por 24 personas, 7 hombres y 17 mujeres.

La Entidad que promueve y dirige el Centro es la Sociedad de San Francisco de Sales (Salesianos) fundada por San Juan Bosco. El director Titular de la Obra actual es Don Juan Bosco Sancho Grau. Una de las obras más conocidas es la de su sistema educativo juvenil, llamado Sistema Preventivo. Actualmente el centro cuenta con todas las etapas educativas y se va adaptando a las necesidades de los tiempos, siendo por ello un centro bilingüe CILE1.

La configuración del centro es la siguiente: Educación Infantil, 6 unidades con jornada partida; Educación Primaria, 12 unidades con jornada partida; ESO, 8 unidades; Bachillerato, 6 unidades en las modalidades de Ciencias o Humanidades y Ciencias Sociales; Ciclo Formativo de Grado Básico, 4 unidades en las modalidades de: Electricidad y electrónica (FPB02) e

Informática y comunicaciones (FPB04); Ciclo Formativo de Grado Medio, 10 unidades con las especialidades de Mecanizado (FME202), Electromecánica de vehículos automóviles (TMV202), Instalaciones de telecomunicaciones (ELE203), Instalaciones eléctricas y automáticas (ELE202) y Sistema microinformático y redes (IFC201); Ciclo Formativo de Grado Superior, 16 unidades con las especialidades de Programación de la producción en fábrica mecánica (FME304), Automoción (TMV301), Automatización y Robótica industrial (ELE303), Sistema de Telecomunicaciones e informáticos (ELE304), Sistemas Electrotécnicos y Automatizados (ELE302) y Desarrollo de Aplicaciones Multiplataforma (IFC302). Siendo los cursos de ELE303 y IFC302 tanto diurnos como vespertinos.

Además, cuenta también con un Curso de formación continuada (Homologados por el Instituto Nacional de Empleo, en colaboración con la Diputación General de Aragón, con la Confederación Regional de Empresarios de Aragón y otras entidades y Proyectos Europeos, etc.) y Actividades de Tiempo Libre (Trobada D´Amics y la escuela de tiempo libre Pirineos y las actividades pastorales de la Parroquia Nuestra Señora de Montserrat).

El centro consta de tres edificios de tres plantas cada uno, cuenta con Teatro para 760 personas, un Aula Magna con capacidad para 140 personas y un polideportivo, en los bajos del mismo se encuentran las salas polivalentes utilizadas fundamentalmente por el centro juvenil Trobada d´Amics.

La distribución de las infraestructuras consta de 3 edificios con dos y tres plantas.