

**Diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del Principio de Arquímedes**

Presentado por:

Julián Orlando Barrera Guío

1998146041

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Licenciatura en Física

Bogotá, 2017

**Diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del Principio de Arquímedes**

Julián Orlando Barrera Guío

Trabajo de grado para obtener el título de Licenciado en Física

Director

Lic. Ignacio Alberto Monroy Cañón

Asesor

Lic. Giovanni Cardona Rodríguez

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología


Licenciatura en Física

Bogotá, 2017

## **Agradecimientos**

A mi familia, por su paciencia y apoyo incondicional.

A mi director, Alberto Monroy, a mi asesor, Giovanni Cardona, y a la Universidad Pedagógica Nacional, por apoyarme en la culminación de una etapa más de mi vida.


	• <b>FORMATO</b>
	• <b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página iv de 106

iv

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	Diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del Principio de Arquímedes
<b>Autor(es)</b>	Barrera Guio, Julián Orlando
<b>Director</b>	Ignacio Alberto Monroy Cañón
<b>Publicación</b>	Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 2017, 95 p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional
<b>Palabras Claves</b>	PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES, UNIDAD DIDÁCTICA, NEUROEDUCACIÓN, APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

<b>2. Descripción</b>
<p>Se realizó una revisión de la literatura relacionada con los aspectos pedagógicos de la enseñanza del Principio de Arquímedes, los fundamentos teóricos del mismo y los estándares básicos de competencias propuestos por el Ministerio de Educación Nacional en el área de Ciencias Naturales. A partir de esta revisión, se determinaron los requerimientos que sirvieron como base para el diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del Principio de Arquímedes, la cual fue aplicada en dos cursos de grado undécimo de una institución educativa departamental. También se adaptó una prueba diagnóstica que se utilizó como herramienta para evaluar el aprendizaje logrado con la unidad didáctica y compararlo con el obtenido a partir de la clase de tipo magistral expositivo que había sido dictada previamente por el docente titular de la institución. Por último, se procesaron y analizaron los resultados y se propusieron algunas recomendaciones.</p>

<b>3. Fuentes</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agudelo G., J. D., &amp; García G., G. (enero de 2010). Aprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión. <i>Latin-American Journal of Physics Education</i>, 4(1).</li> <li>• Alurralde, E., &amp; Salinas, J. (2007). Modelos explicativos que estructuran las ideas de los estudiantes en física: aportes, resultados e interpretaciones para el aprendizaje del empuje. <i>Actas I Jornadas Nacionales de Investigación Educativa II Jornadas Regionales VI Jornadas Institucionales</i>.</li> <li>• Aristizábal Torres, A. (2015). Avances de la neuroeducación y aportes en el proceso de enseñanza aprendizaje en la labor docente. Trabajo de Grado Especialización en Docencia Universitaria, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Educación y Humanidades, Bogotá.</li> <li>• Barral, F. M. (1990). ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? <i>Concepciones de los estudiantes. Investigación y Experiencias Didácticas</i>, 8(3), 244-250.</li> <li>• Cañal de León, P. (2014). Cerebro, memoria y aprendizaje: aportaciones de la neurobiología a la didáctica y a la práctica de la enseñanza. (U. d. Sevilla, Ed.) <i>Revista Investigación en la Escuela</i>, 84, 19-29.</li> <li>• Corredor Cárdenas, H., &amp; Reyes Alvarado, R. A. (2013). Desarrollo de las explicaciones de los estudiantes sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos. Trabajo de Grado Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Física, Bogotá.</li> </ul>

	• <b>FORMATO</b>
	• <b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>
Código: FOR020GIB	Versión: 01
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página v de 106


v

- Díaz Pérez, V., Becerra Galindo, H., & Bello Rivera, C. (2006). "Sobre los Cuerpos Flotantes" De Arquímedes: Una Mirada Experimental. Memorias XVI Encuentro de Geometría y IV de Aritmética, (págs. 351-363). Obtenido de Funes: <http://funes.uniandes.edu.co/9003/1/SobreCuerpos2006Becerra.pdf>
- Giraldo Linares, P. (enero - junio de 2016). Aprendizaje significativo y neurociencia: la conexión del siglo XXI. Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa (4).
- Lozano Leyva, M. (2005). De Arquímedes a Einstein. DeBolsillo.
- Mazzitelli, C., Maturano, C., Núñez, G., & Pereira, R. (2006). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos. Revista Eureka. Sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, 3(1), 33-50.
- Melo, L., Cardona, G., Cañada, F., & Martínez, G. (enero-marzo de 2018). Conocimiento didáctico del contenido sobre el principio de Arquímedes en un programa de formación de profesores de física en Colombia. Revista Mexicana de investigación educativa, XXIII (76).
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. (M. d. Nacional, Ed.) Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional. Recuperado en Octubre de 2017
- Morgado, B. I. (Diciembre de 2012). Claves Neurocientíficas de la enseñanza y el aprendizaje. Participación Educativa, 15-17.
- Parra S., E. (2008). Arquímedes: su vida, obras y aportes a la matemática moderna. Revista digital Matemática, Educación e Internet, 9(1). Obtenido de <http://revistas.tec.ac.cr/index.php/matematica/article/view/2040/1852>
- Rodríguez Palmero, M. L. (2004). La teoría del aprendizaje significativo. En U. P. Navarra, Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping (págs. 535-544). Pamplona, España.
- Rodríguez Sánchez, M. (2011). Metodologías docentes en el EEES: De la clase magistral al portafolio. Tendencias Pedagógicas (17), 83-103.
- Rodríguez Torres, J. (2010). De las programaciones didácticas a la unidad didáctica: incorporación de competencias básicas y la concreción de tareas. Revista Docencia e Investigación (20), 245-270. Obtenido de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/8299>
- Secretaría de Educación Pública. (2004). Manual de estilos de aprendizaje. Obtenido de Sistema de Biblioteca. Vicerrectoría Académica. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso: [http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales\\_u/Manual\\_Estilos\\_de\\_Aprendizaje\\_2004.pdf](http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales_u/Manual_Estilos_de_Aprendizaje_2004.pdf)
- Velásquez Burgos, B. M., Calle M., M. G., & Remolina De Cleves, N. (julio-diciembre de 2006). Teorías neurocientíficas del aprendizaje y su implicación en la construcción de conocimiento de los estudiantes universitarios. Tabula Rasa (5), 229-245.
- Wikipedia, La enciclopedia libre. (7 de diciembre de 2017). Principio de Arquímedes. (L. e. Wikipedia, Ed.) Recuperado en diciembre de 2017, de [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Principio\\_de\\_Arqu%C3%ADmedes&oldid=103990422](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Principio_de_Arqu%C3%ADmedes&oldid=103990422)

#### 4. Contenidos

En el capítulo 1 se presenta la introducción del documento, en el capítulo 2, el planteamiento del problema de investigación y en el capítulo 3, los objetivos del trabajo de grado.

En el capítulo 4 se presenta una revisión del marco teórico que sirvió como base para el diseño de la unidad didáctica, tanto desde el punto de vista de pedagógico, como en cuanto a la fundamentación teórica relacionada con el Principio de Arquímedes.

	• <b>FORMATO</b>	
	• <b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página vi de 106	

vi

En el capítulo 5 se presenta la metodología empleada para lograr los objetivos del trabajo de grado.

En el capítulo 6 se presentan los resultados del trabajo correspondientes a: la prueba diagnóstica aplicada a los estudiantes antes de usar la unidad didáctica, la aplicación de la unidad didáctica como tal, y, por último, la prueba diagnóstica aplicada después de usar la unidad didáctica.

En el capítulo 7 se presentan las conclusiones obtenidas a partir del análisis de los resultados y en el capítulo 8 se realizan algunas recomendaciones finales.

### 5. Metodología


Se hizo una revisión de la fundamentación teórica del Principio de Arquímedes, los estándares básicos de competencias propuestos por el Ministerio de Educación y la literatura relacionada con la enseñanza del tema. A partir de esta revisión, se definieron los requerimientos de la unidad didáctica.

Se diseñó una unidad didáctica basada en actividades y experimentos de bajo costo, para la enseñanza de los conceptos científicos de volumen, densidad, peso y empuje, la cual fue aplicada en dos cursos de grado undécimo.

Se adaptó una prueba diagnóstica para evaluar el aprendizaje obtenido, la cual se aplicó antes y después de la aplicación de la unidad didáctica.

### 6. Conclusiones

- Los resultados de la prueba diagnóstica inicial mostraron que los estudiantes no habían asimilado los conceptos científicos respecto al Principio de Arquímedes, a pesar de que ya habían visto la temática a través de una clase magistral como parte del desarrollo del currículo académico.
- Después de la aplicación de la unidad didáctica mejoraron los resultados de la prueba diagnóstica y la seguridad en las respuestas, aunque no en los porcentajes esperados. Las explicaciones de los estudiantes sobre los fenómenos observados en los experimentos de la guía de laboratorio, en muchos casos se basaron en sus conceptos previos y no se logró completamente la articulación de éstos con los conceptos científicos deseados.
- Las actividades de la guía de laboratorio relacionadas con los temas de masa, peso, volumen y densidad sirvieron para que los estudiantes adquieran los conceptos científicos pertinentes a partir de sus conceptos previos.
- Los mejores resultados de la prueba diagnóstica se obtuvieron en cuanto a la comprensión del sentido de la fuerza de empuje (pregunta 3). Esto permite concluir que los experimentos realizados para vencer el empuje (hundir la bola de balsa en el agua), fueron efectivos. Éstos están relacionados con estrategias propuestas por la neuroeducación como el aprendizaje multisensorial y la experiencia directa.
- En cuanto a la comprensión de la magnitud del empuje, las actividades no fueron suficientemente efectivas, ya que la mayoría de los estudiantes no logró comprender el empuje como un fenómeno medible y cuantificable a partir de las propiedades físicas de los elementos del sistema.
- De acuerdo con los resultados del desarrollo de la guía de laboratorio y de la prueba diagnóstica final, las actividades propuestas en la unidad didáctica para la aplicación de las ecuaciones matemáticas en problemas de aplicación del Principio de Arquímedes no fueron efectivas. Las actividades propuestas abordaron este aspecto de forma superficial, sin el tiempo suficiente y sin un espacio de refuerzo para solucionar inquietudes, corregir errores de cálculo, interpretar los resultados, etc.

	• <b>FORMATO</b>	
	• <b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página vii de 106	

vii

- La comparación de los resultados entre los dos cursos mostró que fueron un poco mejores cuando el docente hizo un acompañamiento cercano durante todo el desarrollo de la unidad didáctica: comprensión de lectura, toma de datos, explicación de conversión de unidades, desarrollo de los experimentos, etc. Es decir, se mejoró el logro de los objetivos didácticos.
- A los estudiantes les generó motivación e interés realizar los experimentos planteados, ya que les permitieron un acercamiento directo a los fenómenos físicos y se generó un espacio de discusión para plantear sus inquietudes o ideas.
- En contraposición, a los estudiantes no les generó tanto interés la solución de problemas que requerían la realización de cálculos matemáticos, sobre todo cuando debían hacer un análisis previo, en vez de la simple aplicación de una fórmula. Es decir, no se logró el objetivo didáctico planteado en cuanto a la aplicación de los conceptos en la solución de problemas de baja complejidad, mediante el uso de los algoritmos matemáticos pertinentes.
- La unidad didáctica diseñada fue una herramienta útil para el docente, porque le permitió desarrollar el tema de una manera sistemática, así como evaluar las actitudes y aptitudes de los estudiantes a quienes se aplicó, tanto de manera individual como colectiva. Sin embargo, no se lograron todos los objetivos didácticos planteados.

<b>Elaborado por:</b>	Julián Orlando Barrera Guio
<b>Revisado por:</b>	Ignacio Alberto Monroy Cañón

<b>Fecha de elaboración del Resumen:</b>	23	01	2018
--	----	----	------

## Contenido

	<b>Pág.</b>
1. Introducción.....	1
2. Planteamiento del problema .....	3
3. Objetivos .....	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos .....	5
4. Marco teórico.....	6
4.1 Estándares básicos de competencias .....	6
4.2 Principio de Arquímedes .....	8
4.3 Aspectos pedagógicos relacionados con la enseñanza del Principio de Arquímedes.....	12
5. Metodología.....	19
5.1 Requerimientos de la unidad didáctica .....	19
5.2 Diseño de la unidad didáctica .....	23
5.3 Adaptación de una prueba diagnóstica.....	31
5.4 Aplicación de la unidad didáctica .....	32
6. Resultados.....	36
6.1 Prueba diagnóstica inicial.....	36
6.2 Aplicación de la unidad didáctica .....	38
6.3 Prueba diagnóstica final .....	43
6.4 Comparación de resultados de la prueba diagnóstica inicial y final.....	45
6.5 Evaluación del logro de los objetivos didácticos.....	48



7. Conclusiones.....	52
8. Recomendaciones .....	55
9. Referencias .....	57
10. Anexos .....	60
Anexo 1: Prueba diagnóstica .....	60
Anexo 2: Guía de laboratorio .....	66
Anexo 3: Muestra de prueba diagnóstica inicial diligenciada.....	73
Anexo 4: Muestra de guía de laboratorio diligenciada .....	78
Anexo 5: Muestra de prueba diagnóstica final diligenciada .....	84
Anexo 6: Calificación de la prueba diagnóstica inicial.....	89
Anexo 7: Calificación de la prueba diagnóstica final .....	92

## Lista de tablas

Tabla 1 Competencias relacionadas con la enseñanza del Principio de Arquímedes .....	7
Tabla 2 Diferencias en la aplicación de la unidad didáctica en los dos cursos .....	35
Tabla 3 Comparación de los resultados de la guía de laboratorio, por curso .....	42
Tabla 4 Calificación promedio por estudiantes .....	45
Tabla 5 Análisis de las frecuencias de calificación de las pruebas .....	47
Tabla 6 Relación entre los objetivos didácticos y la prueba diagnóstica .....	48
Tabla 7 Porcentaje de estudiantes que contestaron correctamente .....	49

## Lista de figuras

Figura 1. Aplicación de la prueba diagnóstica inicial.....	33
Figura 2. Materiales para desarrollar la guía de laboratorio.....	33
Figura 3. Realización de la lectura de contexto histórico .....	34
Figura 4. Desarrollo de la guía de laboratorio .....	34
Figura 5. Resultados comparativos de la pregunta 1 de la prueba inicial .....	36
Figura 6. Resultados comparativos de la pregunta 2 de la prueba inicial .....	36
Figura 7. Resultados comparativos de la pregunta 3 de la prueba inicial .....	36
Figura 8. Resultados comparativos de la pregunta 4 de la prueba inicial .....	37
Figura 9. Análisis del desarrollo de la guía de laboratorio.....	41
Figura 10. Resultados comparativos de la pregunta 1 de la prueba final.....	43
Figura 11. Resultados comparativos de la pregunta 2 de la prueba final.....	44
Figura 12. Resultados comparativos de la pregunta 3 de la prueba final.....	44
Figura 13. Resultados comparativos de la pregunta 4 de la prueba final.....	44
Figura 14. Calificación promedio por estudiante.....	46
Figura 15. Histograma de frecuencias de calificación de los estudiantes .....	47
Figura 16. Porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente cada pregunta, total .....	49

## 1. Introducción

En nuestro contexto, en las aulas escolares predomina la metodología de enseñanza magistral para la enseñanza de la Física, la cual no resulta tan efectiva para lograr el aprendizaje deseado, debido a múltiples razones como la reducción de las fuentes de información a las procedentes del docente, la pasividad del alumno o el escaso seguimiento del aprendizaje, entre otras (Rodríguez Sánchez, 2011). Esto plantea el reto de cómo podemos mejorar las prácticas de enseñanza de la Física.

En este trabajo se diseña una unidad didáctica que pretende servir como herramienta a los docentes de Física para la enseñanza del Principio de Arquímedes, como una alternativa a las clases magistrales de tipo expositivo, ya que incluye una guía de laboratorio que le permite al estudiante llevar a cabo experiencias para evidenciar y entender dicho principio, a partir de los conceptos de densidad y empuje. Se seleccionó el Principio de Arquímedes como tema de la unidad didáctica, ya que éste es un buen ejemplo de cómo se trabaja en la ciencia desde el método científico, entendido como un proceso sistemático para formular hipótesis a partir de la experimentación y la medición.

En el capítulo 2 se presenta el planteamiento del problema y en el capítulo 3 los objetivos del trabajo de grado.

En el capítulo 4 se presenta una revisión del marco teórico que sirvió como base para el diseño de la unidad didáctica, tanto desde el punto de vista de pedagógico, como en cuanto a la fundamentación teórica relacionada con el Principio de Arquímedes.

En el capítulo 5 se presenta la metodología empleada para lograr los objetivos del trabajo de grado, la cual consistió en primera instancia en la definición de los requerimientos de la unidad didáctica, de acuerdo con la revisión de literatura realizada. Posteriormente, se hizo el diseño de la unidad didáctica y la adaptación y aplicación de una prueba diagnóstica para medir el aprendizaje de los estudiantes sobre el principio de Arquímedes. Por último, se hizo la aplicación de dicha unidad a dos grupos de estudiantes.

En el capítulo 6 se presentan los resultados del trabajo, para lo cual se muestran primero los de la prueba diagnóstica aplicada a los estudiantes antes de usar la unidad didáctica, luego los de la aplicación de la unidad didáctica como tal, y, por último, los de la prueba diagnóstica aplicada después de usar la unidad didáctica.

En el capítulo 7 se presentan las conclusiones obtenidas a partir del análisis de los resultados y en el capítulo 8 se realizan algunas recomendaciones finales.

## 2. Planteamiento del problema

En la mayoría de los Proyectos Educativos Institucionales (PEI) de los colegios en Colombia se incluye el Principio de Arquímedes como un tema de la asignatura de Física para los grados de educación básica media. Al realizar una revisión de los estándares básicos de competencias propuestos por el Ministerio de Educación Nacional en el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental (Ministerio de Educación Nacional, 2006), se puede notar la pertinencia de la enseñanza del Principio de Arquímedes; como parte del tema de mecánica de fluidos, ya que a partir de éste se puede explicar el comportamiento de los fluidos en situaciones cotidianas como la flotación, así como aplicaciones tecnológicas relacionadas con ésta, como el funcionamiento de un submarino. Este principio le permite al docente enseñar diferentes conceptos físicos como lo son: peso, volumen, densidad y fuerza de empuje.

En nuestro contexto cultural, la mayoría de los estudiantes han podido experimentar desde temprana edad el fenómeno de flotación a través de situaciones cotidianas. Sin embargo, cuando se les enseña el Principio de Arquímedes a través de una clase magistral, mediante la exposición del tema y la aplicación de fórmulas matemáticas, no siempre se logra el aprendizaje deseado; es decir, no se logra que los estudiantes construyan el conocimiento científico pertinente a partir de los conocimientos previos (Corredor Cardenas & Reyes Alvarado, 2013).

Esto puede atribuirse a múltiples razones asociadas con las características de las clases magistrales, como la reducción de las fuentes de información a las procedentes del docente, la

pasividad del alumno o el escaso seguimiento del aprendizaje, entre otras (Rodríguez Sánchez, 2011).

Rodríguez Palmero (2004) plantea que se pueden aprovechar los conocimientos previos como ideas de anclaje para propiciar el aprendizaje significativo, si se utilizan metodologías de enseñanza participativas que predispongan al estudiante hacia el aprendizaje. Así mismo, Mazzitelli, Maturano, Núñez, & Pereira (2006), afirman que para el éxito de la enseñanza se deben tener en cuenta tanto los factores internos (motivación y conceptos previos de los estudiantes), como los factores externos (ambiente de enseñanza, ayudas didácticas, docentes, etc.).

Las unidades didácticas son un instrumento para organizar las actividades de enseñanza en búsqueda de unos objetivos didácticos determinados, ya que permiten al docente definir el qué y el cómo se enseñará a los estudiantes determinado tema; con lo cual se logra convertir los estándares de competencias en una planificación concreta de una o varias sesiones de clase. Las actividades planteadas en las unidades didácticas se centran en los estudiantes, sus características, intereses y pre conceptos, por lo que permiten una evaluación formativa en cuanto a los procesos de enseñanza y aprendizaje. (Rodríguez Torres, 2010).

Por tal motivo surge la pregunta ¿Qué estructura y contenidos debe tener una unidad didáctica para enseñar el Principio de Arquímedes a estudiantes de básica media de instituciones educativas en Colombia, con el fin de mejorar el nivel de aprendizaje con respecto a las clases magistrales de tipo expositivo?

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

- Diseñar una unidad didáctica para enseñar el Principio de Arquímedes a estudiantes de básica media de instituciones educativas en Colombia, con el fin de mejorar el nivel de aprendizaje con respecto a las clases magistrales de tipo expositivo.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Revisar la fundamentación teórica del Principio de Arquímedes, los estándares básicos de competencias asociados y literatura académica disponible sobre la enseñanza del mismo.
- Identificar por medio de una prueba diagnóstica el nivel de aprendizaje de los estudiantes sobre el Principio de Arquímedes, como resultado de la aplicación de metodologías de enseñanza magistrales.
- Aplicar la unidad didáctica en un espacio de educación media y determinar el nivel de aprendizaje logrado, utilizando la misma prueba diagnóstica.



## 4. Marco teórico

### 4.1 Estándares básicos de competencias

La mejoría de la calidad de la educación ha sido un propósito de los entes relacionados con la misma; los estándares básicos de competencias constituyen uno de los parámetros que se deben tener en cuenta para lograr el nivel de calidad esperado en Colombia. Con base en ellos, el Ministerio de Educación Nacional (2006) establece planes de mejoramiento para las instituciones educativas, sin dejar de reconocer la autonomía escolar.

Según el Ministerio de Educación Nacional (2006), estos estándares son una guía para:

- El diseño del currículo, el plan de estudios, los proyectos escolares y el trabajo de enseñanza en el aula.
- La selección y/o producción de textos escolares y otros apoyos educativos.
- El diseño de las prácticas de evaluación.
- La definición de la formación inicial requerida por los docentes y de la cualificación de los docentes en ejercicio.

En la Tabla 1 se presenta un extracto de los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales para los grados décimo a undécimo, que se relacionan desde el punto de vista pedagógico o de contenidos, con la enseñanza del Principio de Arquímedes:

**Tabla 1**

Competencias relacionadas con la enseñanza del Principio de Arquímedes

<b>Al final de undécimo grado:</b>	<b>Explico las fuerzas entre objetos como interacciones debidas a la carga eléctrica y a la masa. Identifico aplicaciones de diferentes modelos biológicos, químicos y físicos en procesos industriales y en el desarrollo tecnológico; analizo críticamente las implicaciones de sus usos.</b>		<b>Para lograrlo:</b>
<b>... me aproximo al conocimiento como científico(a) natural</b>	<b>... manejo conocimientos propios de las ciencias naturales Entorno físico</b>	<b>Ciencia, tecnología y sociedad</b>	<b>... desarrollo compromisos personales y sociales</b>
<p>Formulo hipótesis con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos. Propongo modelos para predecir los resultados de mis experimentos y simulaciones. Registro mis resultados en forma organizada y sin alteración alguna. Utilizo las matemáticas para modelar, analizar y presentar datos y modelos en forma de ecuaciones, funciones y conversiones. Relaciono la información recopilada con los datos de mis experimentos y simulaciones. Interpreto los resultados teniendo en cuenta el orden de magnitud del error experimental. Saco conclusiones de los experimentos que realizo, aunque no obtenga los resultados esperados.</p>	<p>Explico el comportamiento de fluidos en movimiento y en reposo.</p>	<p>Explico aplicaciones tecnológicas del modelo de mecánica de fluidos.</p>	<p>Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos. Reconozco los aportes de conocimientos diferentes al científico. Cumpro mi función cuando trabajo en grupo y respeto las funciones de otras personas.</p>

Aunque el principio de Arquímedes no es mencionado específicamente en los Estándares Básicos de Competencias presentados en la Tabla 1, se considera un tema pertinente para la enseñanza de los conocimientos propios de las ciencias naturales relacionados con el

comportamiento de los fluidos y las aplicaciones tecnológicas asociadas, debido a que puede ser abordado experimentalmente de forma sencilla por estudiantes de educación media, para que construyan su propio conocimiento, al mismo tiempo que desarrollan otras competencias relacionadas con la aproximación al conocimiento como científicos naturales (formular hipótesis, predecir y registrar resultados, utilizar modelos matemáticos, interpretar resultados y sacar conclusiones).

Adicionalmente, los estándares presentados incluyen otras competencias que pueden abordarse paralelamente con la enseñanza del Principio de Arquímedes, en cuanto al desarrollo de compromisos personales y sociales, ya que se pueden plantear experiencias de laboratorio para realizar de manera grupal con el fin de trabajar dichas competencias.

## **4.2 Principio de Arquímedes**

### 4.2.1 Contexto histórico de la formulación del principio de Arquímedes

Según Parra (2008), la vida y muerte de Arquímedes es poco conocida; se han rescatado algunos escritos que dan cuenta de algunos de los aportes que realizó en el transcurso de su vida. Nació en la clase alta Siracusana en el 287 A.C. y vivió 75 años. En cuanto su padre se dio cuenta de su inteligencia lo envió a Alejandría – Egipto (la biblioteca más importante de la época) a estudiar con los sucesores de Euclides, su formación fue como matemático puro, relacionándose con Eratóstenes, a quien enviaba sus cartas. Sus trabajos, tales como el acercamiento al cálculo diferencial, al inscribir un polígono regular en un círculo para acercarse al valor de pi, el método de estimaciones para calcular los granos de arena en la tierra en el sistema de las octadas, el trabajo

en términos de las palancas, influyeron en el trabajo de Galileo, según se observa por el gran número de citas.

Murió violentamente cuando Marcelo dirigió la invasión a la ciudad de Siracusa, según Plutarco refiere así: “Hallábase éste casualmente entregado al examen de cierta figura matemática y fijos en ella su ánimo y su vista, no sintió la invasión de los Romanos ni la toma de la ciudad. Preséntesele repentinamente un soldado, dándole orden de que lo siguiese a casa de Marcelo, pero él no quiso antes de resolver el problema y llevarlo hasta la demostración; con lo que, irritado el soldado, desenvainó la espada y le dio muerte”.

La anécdota más conocida sobre el Principio de Arquímedes es la relatada por el historiador Vitruvio, acerca de la bañera, pero en realidad el principio se plantea de forma rigurosa en los libros “Sobre los cuerpos Flotantes” (Díaz Pérez, Becerra Galindo, & Bello Rivera, 2006). A continuación, se presentan los postulados y proposiciones del Libro uno:

Libro uno: sobre los cuerpos flotantes

Postulado 1.

Supongamos que un fluido es de tal carácter, que sus partes reposan de igual forma y siendo continuas, la parte que está menos empujada es conducida por la que está más empujada, y que cada una de sus partes es empujada por el fluido que está encima de ella en una dirección vertical, si el fluido está sumergido en cualquier sustancia y comprimida por algo más.

Proposición 1.

Si una superficie es cortada por un plano que pasa a través de cierto punto y si la sección es siempre una circunferencia (de un círculo) y el centro es el punto mencionado, la superficie es de una esfera.

Proposición 2.

La superficie de cualquier fluido está en reposo, si es la superficie de una esfera cuyo centro es el mismo que el de la tierra.

Proposición 3.

Los sólidos aquellos que, tamaño a tamaño, son de igual peso con el fluido, si los deja caer en el fluido, se sumergen de tal forma que no se proyectan sobre la superficie, pero no se hundan más abajo.

Proposición 4.

Un sólido más ligero que un fluido, si es colocado en éste, no estará completamente sumergido, pero parte de éste se proyectará sobre la superficie.

Proposición 5.

Cualquier sólido más ligero que un fluido, si se sumerge parte de él, el peso del solido será igual al peso del fluido desplazado.

Proposición 6.

Si un sólido es más ligero que un fluido y se sumerge fuertemente en él, el sólido será llevado hacia arriba por una fuerza igual a la diferencia entre su peso y el peso del fluido desplazado.

Proposición 7.

Cualquier sólido más pesado que un fluido y situado en él, se sumergirá hasta el fondo del fluido, y si se pesa dicho sólido dentro del fluido, resultará más ligero que su verdadero peso, por el peso del fluido desplazado.

Postulado 2.

Los cuerpos que son impulsados hacia arriba en un fluido son impulsados hacia arriba a lo largo de la perpendicular (de la superficie) que pasa a través de su centro de gravedad.

Proposición 8.

Si un sólido con la forma de un segmento de una esfera, y de una sustancia más ligera que el fluido, es colocado en éste, de tal manera que su base no toca el fluido; el sólido reposará en la posición en que su eje es perpendicular a la superficie del fluido; y si el sólido es forzado en una posición semejante que su base toca el fluido sobre un lado y luego se libera, este no permanecerá en esta posición, pero retornará a una posición simétrica.

Proposición 9.

Si un sólido con la forma de un segmento de esfera, y de una sustancia más ligera que un fluido, es colocado en éste, de tal manera que su base está completamente bajo la superficie del fluido; el sólido estará en reposo en la posición que su eje es perpendicular a la superficie del fluido. (Díaz Pérez, Becerra Galindo, & Bello Rivera, 2006, pág. 351)

A partir de estos postulados y proposiciones se establece el Principio de Arquímedes, el cual define que el empuje es igual al peso del volumen del líquido desalojado.

Adicionalmente a brindar la fundamentación teórica necesaria para lograr el objetivo del presente trabajo, dichos postulados y proposiciones sirven de guía para establecer una serie de experiencias que permitan a los estudiantes realizar observaciones similares a las que hizo Arquímedes en su momento. Por ejemplo, se pueden plantear experiencias en las que se sumerjan en un líquido, sólidos más o menos densos que él.

#### 4.2.2 Demostración del Principio de Arquímedes

A continuación se presenta la demostración matemática de dicho principio a partir de la ecuación fundamental de la hidrostática (Wikipedia, La enciclopedia libre, 2017):

Supongamos un cuerpo con un volumen  $V$  sumergido en un fluido de densidad  $\rho$ ; si tomamos pequeños elementos de área,  $dA$ , tales que tiendan a ser un punto de la superficie del cuerpo:

De acuerdo con la ecuación fundamental de la hidrostática, sobre cada elemento de área actúa una presión de valor  $P_i = P_0 + \rho gh_i$  y una fuerza asociada a ella tal que  $F_{ni} = P_i dA = P_0 dA + \rho gh_i dA$ , donde  $P_0$  es la presión atmosférica.

El resto de fuerzas que actúan sobre el cuerpo se anulan, quedando únicamente las fuerzas en dirección hacia abajo (peso) y hacia arriba (empuje).

$$F_{ni} = F_{arriba} - F_{abajo}$$

$$F_{ni} = (P_0 dA + \rho g h_{i2} dA) - (P_0 dA + \rho g h_{i1} dA) = \rho g (h_{i2} - h_{i1}) dA$$

De donde  $(h_{i2} - h_{i1}) dA$  es un pequeño volumen del cuerpo  $dv_i$ , por tanto,  $F_{ni} = \rho g dv_i$

Ahora el empuje viene a ser la fuerza neta  $F_n = \sum F_{ni}$

$E = F_n = \sum \rho g dv_i = \rho g \sum dv_i$ , en donde  $\sum dv_i = V$ , se puede deducir que  $E = \rho g V$ ,

La masa del líquido desplazado es igual a  $\rho V$ , entonces,  $E = m_{\text{líquido desplazado}} g$ .

### 4.3 Aspectos pedagógicos relacionados con la enseñanza del Principio de Arquímedes

Se realizó una revisión de literatura de algunos estudios relacionados con la enseñanza del Principio de Arquímedes o de temas relacionados, como la flotación y el empuje. A partir de esta revisión se identificaron los aspectos pedagógicos relevantes para el diseño de la unidad didáctica objeto de este trabajo:

Autores como Barral (1990), Mazzitelli, Maturano, Núñez, & Pereira (2006), Alurralde & Salinas (2007) y Corredor Cárdenas & Reyes Alvarado (2013), coinciden en afirmar que en el proceso de enseñanza de las ciencias, el docente debe lograr que los estudiantes construyan conocimiento científico a partir del conocimiento que han adquirido anteriormente (normalmente conocimiento no científico, adquirido a través de experiencias cotidianas).

Alurralde & Salinas (2007) afirman que estos conceptos previos son aceptados por los estudiantes como verdaderos, coherentes y convincentes, lo cual provoca un sesgo debido que tienen un modelo explicativo previo que genera resistencia al cambio de ideas.

Así mismo, con respecto al aprendizaje del Principio de Arquímedes, Barral (1990) encontró que los estudiantes memorizan la estructura gramatical de dicho principio, es decir, repiten que el empuje es igual al peso del volumen del líquido desalojado, pero no adquieren significado del mismo, por lo que no pueden aplicarlo para solucionar problemas propuestos o explicar situaciones reales. Mazzitelli, Maturano, Núñez, & Pereira (2006) encontraron que los estudiantes no son capaces de usar la fórmula del Principio de Arquímedes para predecir fenómenos y que muestran dificultad para entender conceptos de fuerza, en este caso, el empuje.

Otra de las observaciones realizadas por los autores es que, ante el fenómeno de flotación, los estudiantes tienden a explicarlo utilizando solamente las características observables de uno de los objetos (cuerpo sólido o líquido) y no a la interacción de los elementos del sistema. Por ejemplo, atribuyen la flotación al peso o volumen del cuerpo, pero no a la interacción entre la densidad del sólido y la del líquido.

Los autores han identificado los conceptos previos más predominantes que tienen los estudiantes sobre la flotación y el empuje, los cuales se resumen a continuación:

- Flotar es estar sobre la superficie del agua o parcialmente sumergido en ella. No se considera que flotar sea estar sumergido totalmente.
- Un cuerpo pesado no flota, se hunde, pero un cuerpo liviano si flota.



- Un cuerpo de volumen grande se hunde, pero un cuerpo de volumen pequeño flota.
- Si el fluido es muy denso, el cuerpo flota, si es poco denso no flota.
- El aire dentro de las cavidades de los cuerpos ayuda a flotar.
- Hay cuerpos que flotan totalmente, si son muy livianos como el corcho. Es decir, no quedan sumergidos parcialmente.
- El hielo se hunde totalmente.

Ante estos hallazgos, se concluye que es importante que el docente conozca las ideas previas de los estudiantes y que trabaje a partir de ellas para lograr que ellos relacionen las propiedades de los diferentes elementos del sistema con el fin de entender que es el empuje y por qué ocurre el fenómeno de la flotación, es decir, pasar del conocimiento no científico al científico.

Mazzitelli, Maturano, Núñez, & Pereira, afirman que para el éxito de la enseñanza se deben tener en cuenta dos tipos de factores:

- Factores internos: motivación y conceptos previos de los estudiantes.
- Factores externos: ambiente de enseñanza, ayudas didácticas, docentes, etc. En este punto es importante tener en cuenta que los docentes también presentan a veces las mismas dificultades que los estudiantes, en cuanto a los conceptos previos y modelos explicativos que tienen interiorizados.

Corredor Cárdenas & Reyes Alvarado (2013) afirman que en la literatura se identifican dos puntos de vista sobre el papel del docente en la enseñanza de las ciencias:

- Expositor de explicaciones científicas.

- Guía en el proceso de construcción y reconstrucción de las ideas de los estudiantes. Por lo tanto, es un agente activo y mediador en el proceso y tiene la responsabilidad de definir las herramientas adecuadas para el logro del aprendizaje.

La intención de la unidad didáctica a diseñar es que el docente esté enfocado en el segundo punto de vista mencionado.

Varios autores proponen la neuroeducación como una herramienta útil para este propósito. Por esta razón se hace a continuación una revisión de alguna literatura relacionada con este tema:

Aristizábal Torres (2015) afirma que la neurociencia es útil para identificar falencias en el proceso de aprendizaje y por lo tanto, sirve para mejorar el rol del docente y la calidad educativa. Se entiende la neurociencia como el conjunto de ciencias que estudia el sistema nervioso, así como la relación de la actividad del cerebro con la conducta y el aprendizaje. En este sentido, la neurociencia explica cuáles estímulos al cerebro producen aprendizaje.

Se entiende el aprendizaje como un proceso activo, para estructurar conocimientos y almacenarlos en la memoria, y constructivo, ya que se basa en relacionar la información almacenada en la memoria con nueva información adquirida.

A la luz de la neurociencia se entiende que hay relación entre las emociones y la cognición. Es decir, se aprende a través de la motivación.

Velásquez Burgos, Calle M., & Remolina De Cleves (2006) presentan un resumen de las teorías neurocientíficas actuales del aprendizaje:

1. Cerebro triuno: según esta teoría el cerebro está conformado por tres estructuras:
  - Neocorteza: conformada por el hemisferio izquierdo (razonamiento lógico, análisis y síntesis) y por el derecho (procesos creativos).
  - Sistema límbico: procesos emocionales.
  - Cerebro reptiliano: cerebro básico, relacionado con valores, rutinas, costumbres y hábitos.
2. Cerebro total o de los cuadrantes cerebrales de Herrmann: esta teoría divide al cerebro en cuatro cuadrantes (experto, estratega, organizador y comunicador), de acuerdo con la manera como piensa, crea, se comporta y aprende. El proceso de aprendizaje se ve influenciado por el o los cuadrantes predominantes en los que se ubiquen tanto docente como estudiantes.
3. Cerebro derecho vs. Cerebro izquierdo: todos los individuos son diferentes según el desarrollo de cada hemisferio. El docente debe buscar el desarrollo de ambos cerebros.
4. Inteligencias múltiples: esta teoría habla de 7 inteligencias, que son lingüística, lógico – matemática, corporal – kinestésica, espacial, musical, interpersonal, intrapersonal.

El objetivo de las teorías de neuroeducación es lograr un desarrollo integral del cerebro a través de los diseños curriculares, para favorecer el aprendizaje y la creación de hábitos.

Según Morgado (2012), a partir de la teoría del cerebro triuno se logra comprender mejor cómo se aprende y, sobre todo, la manera en la que se toman las decisiones:

- Cerebro límbico, asociado con el “sentir”.
- Neocorteza: asociado con el “pensar”.
- Cerebro reptiliano, asociado con el “actuar”.

Giraldo Linares (2016) sostiene que existe una relación directa entre la neuroeducación y el aprendizaje significativo o aprendizaje por interés, entendido como la adquisición de aquel conocimiento que el estudiante considera útil, es decir, que el que lo motiva a aprender un tema.

Según Rodríguez Palmero (2004), Ausbel es el primer expositor de la teoría de aprendizaje significativo. Ésta explica las condiciones y propiedades del aprendizaje y se considera una teoría de tipo psicológico, generada en un contexto escolar bajo un modelo constructivista, ya que es el propio individuo el que construye su conocimiento. La teoría de aprendizaje significativo aborda todos los elementos, factores y condiciones que garantizan la adquisición, la asimilación y la retención del contenido que se ofrece a los estudiantes, de modo que adquiera significado para él mismo.

La neuroeducación brinda respuestas sobre cómo estimular el deseo por aprender de los estudiantes. A partir las teorías de neuroeducación surgen algunas estrategias a aplicar en la docencia para esto (Secretaría de Educación Pública, 2004):

- Metáfora: útil para la presentación de temas nuevos, estimulación de conocimiento, evocación de información, clasificación e integración de información.
- Pensamiento visual: es la representación gráfica de conceptos; permite recordar información, efectuar funciones matemáticas, entre otros.
- Fantasía: útil en la resolución de problemas, promueve la imaginación, creatividad, e incrementa la motivación por aprender.
- Aprendizaje multisensorial: consiste en la estimulación de la habilidad verbal para describir sensaciones.
- Experiencia directa: estimula un involucramiento personal, fomenta el conocimiento propio y las habilidades interpersonales.

## 5. Metodología

### 5.1 Requerimientos de la unidad didáctica

Una vez realizada la revisión de literatura, se definieron una serie de requerimientos para la unidad didáctica:

#### 5.1.1. En cuanto a los estándares de competencias

Los contenidos de la unidad didáctica, y en especial de la guía de laboratorio, se definieron teniendo en cuenta que se debían trabajar las competencias que se seleccionaron de los estándares del Ministerio de Educación, relacionadas con la aproximación al conocimiento como científicos naturales y el manejo de conocimientos propios de las ciencias naturales:

- Formulación de hipótesis.
- Registro de resultados en forma organizada.
- Utilización de ecuaciones matemáticas.
- Interpretación de resultados teniendo en cuenta el orden de magnitud experimental.
- Obtención de conclusiones de los experimentos.
- Explicación del comportamiento de los fluidos en los experimentos realizados.
- Explicación de aplicaciones tecnológicas del Principio de Arquímedes (Ministerio de Educación Nacional, 2006).

También se utilizaron las siguientes estrategias para trabajar las competencias seleccionadas, relacionadas con el desarrollo de compromisos personales y sociales:

- Escuchar activamente a los compañeros: a través de lecturas grupales y trabajo en grupo en la guía de laboratorio.
- Reconocimiento de otros puntos de vista y modificación de los propios, ante argumentos más sólidos: el formulario de la guía de laboratorio se diligencia por grupos, por lo que cada grupo debe discutir y llegar a un consenso sobre la respuesta a consignar.
- Reconocer aportes de conocimientos diferentes al científico: en la etapa de comprensión de la lectura inicial y en la guía de laboratorio se incluyeron preguntas que indagan sobre los conceptos previos de los estudiantes.
- Cumplir funciones cuando se trabaja en grupo: para el desarrollo de la guía se asignan funciones dentro de cada grupo, como por ejemplo, quién diligencia el formulario.

#### 5.1.2. En cuanto a los fundamentos teóricos del Principio de Arquímedes

Se definieron los siguientes requerimientos para la unidad didáctica:

- Incluir una referencia al contexto histórico del Principio de Arquímedes para introducir el tema a los estudiantes y motivarlos. Para esto se incluyó una lectura corta escrita en un lenguaje entretenido que causara interés en los estudiantes y al mismo tiempo los contextualizara para las actividades posteriores.
- Incluir en la guía de laboratorio experimentos directamente relacionados con las proposiciones formuladas por Arquímedes para llegar a su principio. Para esto se revisaron experimentos propuestos por textos, videos de páginas web, presentaciones, etc., y se escogieron los que se consideraron que mejor exponían el fundamento del

Principio de Arquímedes. Por ejemplo, en cuanto a la Proposición 6 “Si un sólido es más ligero que un fluido y se sumerge fuertemente en él, el sólido será llevado hacia arriba por una fuerza igual a la diferencia entre su peso y el peso del fluido desplazado” (Díaz Pérez, Becerra Galindo, & Bello Rivera, 2006, pág. 356), se planteó un experimento en el que los estudiantes debían hundir una bola de balsa, venciendo la resistencia que pone el agua.

- Aplicación de la fórmula matemática para el cálculo del empuje: en la guía de laboratorio se presenta la explicación del Principio de Arquímedes mediante la presentación de la fórmula y el uso de dibujos que se relacionan con los experimentos realizados. A partir de esta explicación, se solicita la aplicación de la ecuación en algunos ejercicios sencillos asociados al trabajo experimental, para lograr una mejor comprensión de las mismas, y posteriormente a otros casos hipotéticos.

### 5.1.3. En cuanto a los aspectos pedagógicos

A partir de la revisión de literatura de los aspectos pedagógicos, se definieron los siguientes requerimientos:

- En la lectura inicial y en la guía de laboratorio se incluyeron preguntas para indagar sobre los conceptos previos de los estudiantes.
- Se aplicó una prueba diagnóstica antes de la aplicación de la unidad didáctica, para medir el nivel de conocimiento científico sobre el Principio de Arquímedes.
- En la guía de laboratorio se incluyeron experiencias que les permitieran “sentir” la fuerza de empuje, para superar la dificultad de los estudiantes en cuanto a la



comprensión de conceptos de fuerza, identificada por Mazzitelli, Maturano, Núñez, & Pereira (2006).

- La secuencia de experiencias de laboratorio planteadas en la guía se diseñó con el objetivo de superar los conceptos previos de los estudiantes en cuanto a explicar la flotación solamente a partir de una característica (el peso o el volumen). Para esto, en la guía se orienta a los estudiantes para que comparen la densidad del cuerpo sólido con la del líquido y concluyan que esta relación es la que determina si el cuerpo flota o no.
- La unidad didáctica busca propiciar un ambiente de enseñanza agradable que facilite la enseñanza del Principio de Arquímedes, aunque la institución educativa no cuente con laboratorio. Para esto, se seleccionaron materiales didácticos que, aunque sencillos, generaran interés en los estudiantes. Por ejemplo, una lectura con un dibujo jocoso, la guía de laboratorio con dibujos llamativos, el uso de materiales como plastilina y agua, que pueden ser asociados con juegos infantiles.
- La unidad didáctica debe motivar a los estudiantes a aprender el Principio de Arquímedes a través de la construcción de su propio conocimiento. Este es la principal razón por la cual se decidió que la unidad incluyera como componente principal una guía de laboratorio.
- La unidad didáctica busca que el docente actúe como guía en el proceso de construcción de las ideas de los estudiantes. Para esto, en todas las actividades planteadas los estudiantes deben participar activamente y se evita que el docente realice explicaciones magistrales, por lo que su papel es el de orientar y resolver inquietudes.
- La unidad didáctica utilizó estrategias propuestas por las teorías de la neuroeducación (Secretaría de Educación Pública, 2004): Pensamiento visual, a través del uso de

esquemas y gráficas para la explicación del Principio de Arquímedes; Fantasía, pidiendo a los estudiantes que inventen una manera para que la masa de plastilina flote; Aprendizaje multisensorial, solicitando a los estudiantes que verbalizaran lo que estaban viendo y sintiendo en las experiencias de laboratorio; Experiencia directa, ya que son los estudiantes mismos los que realizan los experimentos (no solo ven como se hacen).

- La evaluación de la aplicación de la unidad didáctica no se realizó inmediatamente se terminó, sino que se realizó al otro día, para favorecer la fijación de los conocimientos después de un período de sueño (Cañal de León, 2014).

## **5.2 Diseño de la unidad didáctica**

La unidad didáctica se diseñó teniendo en cuenta la siguiente estructura, de acuerdo con los elementos definidos por (Rodríguez Torres, 2010):

1. Descripción.
2. Contextualización.
3. Objetivos Didácticos.
4. Contenidos.
5. Actividades, estrategias y tiempos.
6. Recursos materiales.
7. Evaluación de la unidad didáctica.

La intención de la unidad didáctica es que sirva de orientación al docente para el logro de los objetivos didácticos planteados, por lo que el lenguaje utilizado fue explicativo y detallado. Se plantearon tres etapas principales para la aplicación de unidad: la primera, una lectura activa del contexto histórico del Principio de Arquímedes, para interesar a los estudiantes sobre el tema; la segunda, el desarrollo de una Guía de laboratorio (ver Anexo 2), diseñada para experimentar en torno a los conceptos físicos asociados al Principio de Arquímedes y la tercera, la aplicación posterior de una prueba diagnóstica (ver Anexo 1), para evaluar el logro de los objetivos didácticos.

La Guía de laboratorio se diseñó teniendo en cuenta las siguientes especificaciones, además de los requerimientos presentados en el numeral 5.1:

- Uso de materiales de bajo costo, fácil adquisición y seguros.
- Repaso de conceptos básicos necesarios para entender el empuje.
- Orientación paso a paso, para que inducir al encadenamiento mental de los diferentes conceptos.
- Experimentos que le permitieran al estudiante ver y sentir la fuerza de empuje y el fenómeno de flotación.
- Indagación de las ideas previas de los estudiantes sobre lo que ocurriría antes de realizar los experimentos y una vez realizados, cómo los relacionan con los conceptos físicos pertinentes.

A continuación, se presenta la unidad didáctica que se diseñó:

## UNIDAD DIDÁCTICA

### 1. Descripción

Tema: Principio de Arquímedes.  
Dirigido a: Estudiantes de básica media, grado once.  
Asignatura: Física.

### 2. Contextualización

La presente unidad didáctica está diseñada para ser aplicada en instituciones educativas de básica media, que cuenten o no con un laboratorio para realizar experimentos de física, debido a que los recursos requeridos son de fácil consecución.

Se espera que el tamaño de los cursos no supere 30 estudiantes, para no conformar más de 10 grupos a la vez, ya que se dificultaría la orientación. Los estudiantes a quienes va dirigida la unidad son adolescentes con un desarrollo cognitivo que les permite razonar, discutir y trabajar en equipo. Para el desarrollo de la unidad no se requiere el uso de herramientas especializadas ni tecnologías de la información.

Se plantea aplicar la unidad en una sola sesión de dos horas y realizar la evaluación de los resultados en la siguiente sesión de clase.

### 3. Objetivos didácticos

Al finalizar la unidad, el estudiante debe estar en capacidad de:

- a. Comprender los conceptos de densidad y empuje.
- b. Explicar cómo se calcula el volumen de cualquier cuerpo al sumergirlo en un líquido de volumen conocido.
- c. Inferir la densidad de diferentes materiales a partir de su masa y volumen.

- d. Relacionar el empuje que sufre un cuerpo sumergido en un líquido con el peso del volumen desplazado.
- e. Explicar fenómenos que observan en su entorno más próximo, a partir de los conceptos anteriores.
- f. Aplicar los conceptos en la solución de problemas de baja complejidad, mediante el uso de los algoritmos matemáticos pertinentes.

#### **4. Contenidos**

Se incluyen los siguientes temas:

- a. Contexto histórico del Principio de Arquímedes.
- b. Conceptos de masa, peso, volumen y densidad.
- c. Determinación del volumen de un cuerpo.
- d. Principio de Arquímedes (concepto de empuje).

#### **5. Actividades, estrategias y tiempos**

- a. Lectura activa del contexto histórico en torno al Principio de Arquímedes: a cada estudiante se le entrega una copia de la misma y se hace la lectura en voz alta por parte de varios estudiantes del grupo.

Tiempo estimado: 5 minutos.

Lugar: laboratorio de la institución o salón de clase en su defecto.

#### ***El Eureka de Arquímedes***

***Fuente:*** (Lozano Leyva, 2005)

*Arquímedes nació en una familia de clase alta Siracusana. Su padre Fidias era astrónomo y noble, primo del dictador Hierón II. En cuanto su padre se dio cuenta de su inteligencia, lo envió a Alejandría a estudiar con los sucesores de Euclides matemática pura, relacionándose con*

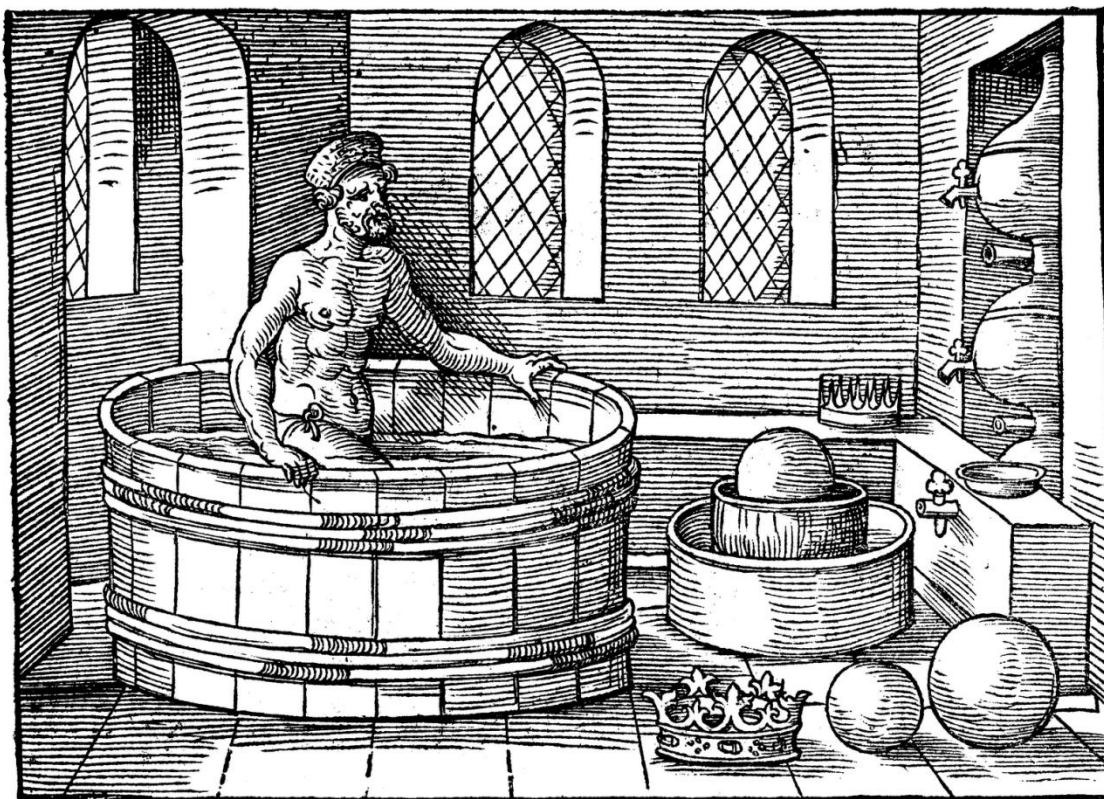
*Eratóstenes, a quien enviaba sus cartas. Se le reconoce por sus trabajos tales como el acercamiento al cálculo diferencial, al inscribir un polígono regular en un círculo para acercarse al valor de Pi, el método de estimaciones para calcular los granos de arena en la tierra en el sistema de las octadas y el trabajo de estudio de las palancas, los cuales influyeron en el trabajo de Galileo. Murió en el 212 A.C a los 75 años.*



*Pintura de Arquímedes, José de Ribera, Museo del Prado. Fuente: (Lozano Leyva, 2005)*

*Vitrubio, el arquitecto romano, dejó el relato de las circunstancias en que Arquímedes descubrió su principio de cuerpos flotantes. Se dice que la historia relatada por Vitrubio se centra en la anécdota de Hierón II, quien habiendo triunfado, quería ofrecer una corona de oro a los dioses; en su templo se puso de acuerdo con un artesano para su elaboración en oro. Este artesano entregó la corona en oro y el peso de la corona coincidía con el peso del oro entregado, pero luego se supuso que el artesano había sustituido una parte del oro por plata. El rey se sintió ofendido y encargó a su primo Arquímedes probar que el artesano lo había robado.*

*Un día Arquímedes, preocupado por este encargo, comprobó que al bañarse, al momento de hundirse en la bañera, el agua sobresalía por los bordes de ésta.*



*Arquímedes en la Bañera, Walter Ryff, 1582. Fuente: (Lozano Leyva, 2005)*

*Esta observación le permitió plantear lo siguiente:*

- *Mandó hacer dos masas del mismo peso de la corona (una de oro y otra de plata).*
- *Introdujo la masa de plata en un recipiente lleno de agua que al hundirse derramó una cantidad de agua igual a su volumen. Con esto determinó el volumen de la masa de plata.*
- *Se hizo lo mismo con la masa de oro determinando que derramó menos cantidad de agua que la plata.*

*Estas observaciones le permitieron determinar la diferencia de volúmenes entre las masas de oro y plata de igual peso. Después introdujo la corona, la cual derramó más agua que la que había hecho salir la masa de oro y menos que la de la masa de plata, determinando que la corona no era solo de oro, sino que contenía algo de plata. Así pudo calcular la cantidad de oro que sustituyó el artesano por plata.*

b. Evaluación de la comprensión de la lectura, planteando al grupo algunas preguntas abiertas como las sugeridas a continuación o similares.

Tiempo estimado: 10 minutos.

Lugar: laboratorio de la institución o salón de clase en su defecto.

Preguntas sugeridas:

- ¿Quién era Arquímedes?
- ¿Cuál es la famosa frase de Arquímedes que se menciona en la lectura? ¿Qué significa?
- ¿Hierón fue engañado?
- ¿Pesa más un kilo de algodón o un kilo de acero?
- Se tienen dos esferas iguales de oro y plata. ¿Cuál pesa más?
- Si la corona fuera de solo oro, ¿tendría más o menos volumen?
- ¿Por qué cuando estamos en el agua es tan difícil hundir un flotador?

c. Realización de experimentos: se organizarán grupos de máximo 3 estudiantes; a cada grupo se le entregará una copia de la guía de laboratorio (ver Anexo 2) y los recursos necesarios para desarrollarla.

Tiempo estimado: 1 hora y media.

Lugar: laboratorio de la institución o salón de clase en su defecto.

Orientaciones para el docente:

- Iniciar la guía con la lectura en voz alta de los conceptos previos (sección “Para tener en cuenta”), distribuida entre varios estudiantes del salón.
- Dirigir la guía punto por punto para que el desarrollo de todos los grupos sea simultáneo.
- Resolver las inquietudes y evidenciar los errores en la medida que se vayan presentando, para que los estudiantes lleguen a las conclusiones correctas.



## **6. Recursos materiales**

Para el desarrollo de la unidad se requieren los siguientes recursos:

- Copias de la lectura sobre el contexto histórico del Principio de Arquímedes.
- Copias de la guía de laboratorio.
- Materiales para desarrollar la guía de laboratorio.

## **7. Evaluación de la unidad didáctica**

Aplicación de la prueba diagnóstica (ver Anexo 1) para evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes.

### 5.3 Adaptación de una prueba diagnóstica

A partir de una prueba desarrollada por Melo, Cardona, Cañada, & Martínez (2018), se adaptó una prueba diagnóstica que permitiera medir el aprendizaje del concepto científico de empuje por parte de los estudiantes, planteando diferentes situaciones prácticas. Teniendo en cuenta que la prueba original fue desarrollada para aplicarla a estudiantes de pregrado de Física, la adaptación principal consistió en cambios de redacción para hacerla más comprensible para estudiantes de básica media, así como mejoras en los gráficos, cambio de una de las preguntas y cambio en las opciones con respecto a la seguridad o indecisión de las respuestas.

La prueba consta de 4 preguntas de selección múltiple con única respuesta (ver Anexo 1). Se definió que fuera respondida de manera anónima y se solicitó a los estudiantes que contestaran de forma sincera para cada pregunta si estaban seguros o indecisos acerca de la respuesta dada, con el fin de analizar posteriormente los resultados con mayores elementos de juicio.

Se utilizó la prueba en dos momentos diferentes: primero, antes de la aplicación de la unidad didáctica, a dos grupos de estudiantes de grado once que ya habían recibido durante el año escolar las clases magistrales correspondientes al Principio de Arquímedes, y posteriormente, después de aplicar la unidad didáctica, a estos mismos estudiantes.

No se usó un grupo de control en la aplicación de esta prueba. Sin embargo, por ser los mismos estudiantes, se utilizó como una herramienta para comparar los resultados de aprendizaje de la metodología de enseñanza magistral versus la obtenida con la unidad didáctica que se diseñó.

#### 5.4 Aplicación de la unidad didáctica

Se realizó la aplicación a estudiantes de básica media del grado Once, así:

- Colegio: Diosa Chía, ubicado en el municipio de Chía, Cundinamarca.
- Estudiantes: 62 estudiantes de grado Once, divididos en dos cursos de 31 estudiantes cada uno (identificados como 11-1 y 11-2).
- Autorización: para la realización de la actividad y la toma de fotografías se contó con la autorización del Rector, el Coordinador Académico y el Docente de Física del colegio.
- Antecedentes: se verificó con el docente titular de Física del colegio, que los estudiantes ya habían recibido los temas correspondientes al Principio de Arquímedes.
- Tiempo: Una sesión de 2 horas por cada grupo.
- Docente: Julián Barrera Guío.
- Lugar: laboratorio del colegio.

Antes de iniciar la aplicación de la unidad didáctica se le entregó a cada estudiante la prueba diagnóstica para que lo respondieran en máximo 10 minutos, como puede verse en la Figura 1. Una vez recogidos los cuestionarios, se continuó con la aplicación.



*Figura 1.* Aplicación de la prueba diagnóstica inicial

De acuerdo con lo definido en la unidad didáctica, el docente había preparado previamente los materiales requeridos por cada grupo, los cuales pueden observarse en la Figura 2.



*Figura 2.* Materiales para desarrollar la guía de laboratorio

El docente les pidió a los estudiantes organizarse en grupos de tres personas como ellos quisieran y entregó a cada uno el material correspondiente. Con esto se dio inicio a las actividades planteadas, como puede observarse en la Figura 3 y en la Figura 4.



*Figura 3.* Realización de la lectura de contexto histórico



*Figura 4.* Desarrollo de la guía de laboratorio

Se presentaron algunas diferencias en la aplicación realizada a los dos cursos, las cuales se presentan en la Tabla 2, ya que se consideran importantes para el posterior análisis de los resultados, aunque se aclara que no fueron planeadas en el diseño de la unidad didáctica, sino que fueron decididas por el docente durante la dinámica de trabajo.

**Tabla 2**

*Diferencias en la aplicación de la unidad didáctica en los dos cursos*

Aspecto	Curso 11-1	Curso 11-2
Horario de aplicación	11:45 am hasta 1:20 pm	7:15 am a 9:15 am
Método de lectura del contexto histórico	Lectura individual, mentalmente. Después se hizo una mesa redonda para verificar la comprensión de lectura.	Lectura individual, mentalmente. Sin verificación de la comprensión de lectura.
Orientación para el desarrollo de la guía	La guía se desarrolló de manera secuencial con la orientación del docente para todo el curso, para que todos los grupos avanzaran a un ritmo similar y se completaran satisfactoriamente todos los pasos. No se alcanzó a terminar porque ya era la hora de salida del colegio.	Se entregó la guía y se dio la indicación para que cada grupo siguiera las instrucciones de la misma y llamara al docente en caso de inquietudes. El avance de algunos grupos fue lento y no alcanzaron a terminarla.
Revisión de conceptos físicos previos	Antes de iniciar la parte experimental, el docente solicitó que un integrante de cada grupo leyera la definición de uno de los conceptos para todo el curso en voz alta.	Los conceptos se presentaron en el texto de la guía de laboratorio, pero la mayoría de los estudiantes no los leyeron antes de iniciar la parte experimental.

Es de destacar que al finalizar la aplicación de la prueba, muchos estudiantes manifestaron agradecimiento por la actividad realizada y expresaron que les había gustado.

## 6. Resultados

### 6.1 Prueba diagnóstica inicial

La prueba se aplicó a 60 estudiantes (30 por curso). En el Anexo 3 se presenta una muestra de la prueba diligenciada. En la Figura 5, Figura 6, Figura 7 y Figura 8 se presentan los resultados de la prueba, por curso y en total.

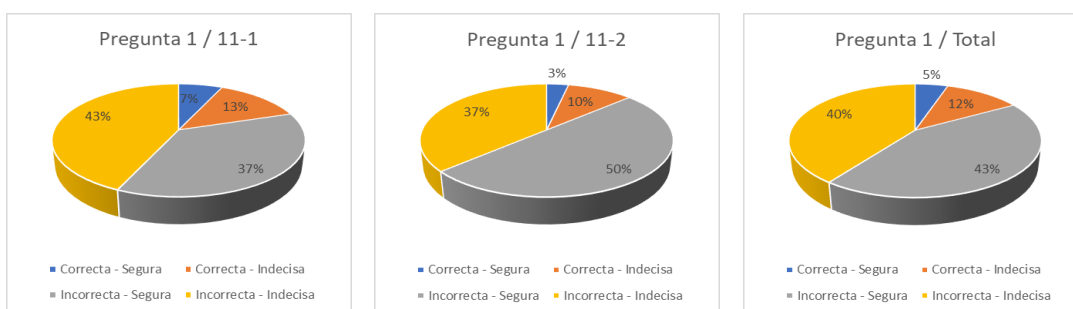


Figura 5. Resultados comparativos de la pregunta 1 de la prueba inicial

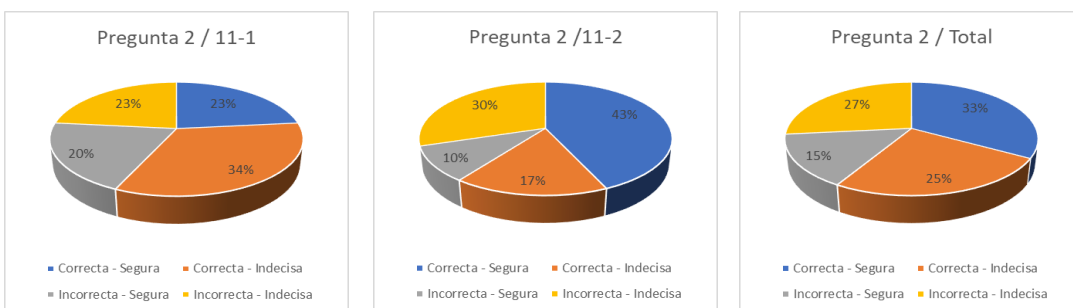


Figura 6. Resultados comparativos de la pregunta 2 de la prueba inicial

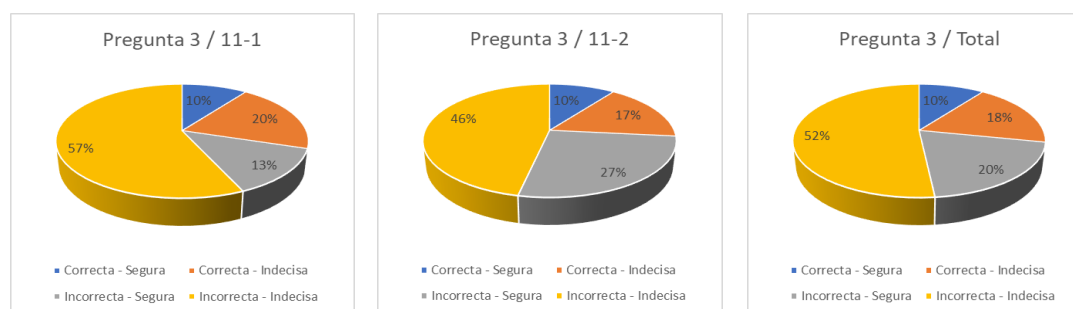


Figura 7. Resultados comparativos de la pregunta 3 de la prueba inicial

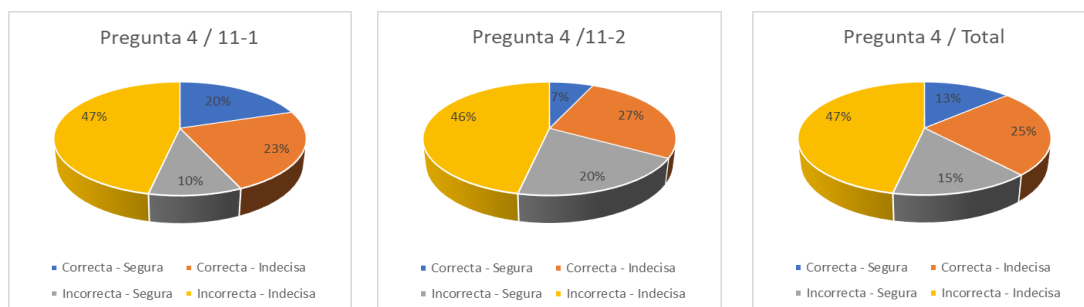


Figura 8. Resultados comparativos de la pregunta 4 de la prueba inicial

De acuerdo con estos resultados, la pregunta que tuvo mejor desempeño fue la número 2, en la cual se indagó sobre cómo se desplaza el volumen de un líquido cuando se introduce el mismo cuerpo en diferente posición. El 33% de los estudiantes respondió correctamente de forma segura y el 25% con indecisión, lo que indica que entendían que el desplazamiento de volumen es independiente de la posición en la que se introduzca el cuerpo.

La pregunta con el menor desempeño fue la número 1, en la cual se indagó sobre el efecto del empuje en una balanza digital, cuando se introduce un dedo en un vaso lleno de líquido que está sobre la balanza. En este caso, el peso mostrado por la balanza aumenta en una magnitud igual a la fuerza de reacción que ejerce el dedo para vencer el empuje del líquido. Solo un 5% de los estudiantes respondió correctamente de forma segura y un 12% con indecisión; el otro 83% respondió incorrectamente. Esto muestra que para los estudiantes no es claro que es lo que está midiendo la balanza y cuáles son las fuerzas presentes en el caso presentado.

Los resultados no muestran diferencias significativas entre los resultados de ambos cursos.



## 6.2 Aplicación de la unidad didáctica

La unidad didáctica fue aplicada por el docente a 20 grupos, 10 por cada curso. A continuación se presenta un análisis del desarrollo de la unidad didáctica, dividida en los principales contenidos tratados, los cuales a su vez tienen relación con los objetivos didácticos planteados:

- **Lectura sobre el contexto histórico del Principio de Arquímedes:** Después de la aplicación en el primer grupo (curso 11-2), se hizo evidente la necesidad de que el docente verificara la comprensión de lectura entre los estudiantes antes de continuar con el laboratorio, para permitir una mejor contextualización del tema.
- **Presentación de conceptos físicos previos:** La experiencia con el primer grupo (curso 11-2) también permitió determinar la necesidad de inducir a los estudiantes hacia una revisión detallada de los conceptos previos explicados en la guía de laboratorio, ya que no tienen el hábito de realizar una lectura cuidadosa.
- **Desarrollo de los experimentos de la guía de laboratorio:** En el Anexo 4 se presenta una muestra de la guía de laboratorio desarrollada por uno de los grupos de estudiantes. Con base en las respuestas consignadas en las 20 guías diligenciadas se establecieron seis indicadores. Para cada uno de ellos se calculó el porcentaje de respuestas correctas, así:

$$\text{Porcentaje de respuestas correctas} = \frac{\text{Número de grupos que contestaron bien}}{\text{Número de grupos totales}} \times 100$$

Indicador 1 - Cálculo del volumen de cuerpos sólidos al sumergirlos en un líquido: este indicador muestra los resultados de los puntos 1 al 7, relacionados con la forma de calcular el volumen de un cuerpo dentro de un líquido. Al analizar este indicador se identificó que varios grupos de estudiantes cometieron errores en la medición del volumen desplazado, por lo que solo el 60% (12 de los 20 grupos) logró llegar a la conclusión deseada; es decir, que el volumen desplazado correspondía al volumen del sólido.

Indicador 2 - Concepto de densidad: este indicador muestra los resultados del punto 8 en el cual se les pide hallar los resultados de la densidad de objetos de distintos materiales. El 80% de los grupos calcularon correctamente la densidad de los materiales suministrados, con la ayuda de la fórmula dada en la guía. Aunque este es un concepto previo que se esperaba que los estudiantes manejaran, el 20% se equivocó en el cálculo.

Indicador 3 - Identificación de la fuerza de empuje: este indicador muestra los resultados de los puntos 9 y 10 en los cuales se realiza una experiencia que les permite determinar la fuerza de empuje cuando se intenta hundir un material menos denso que el agua. El 45% de los grupos expresaron haber experimentado la fuerza de empuje cuando sumergieron un cuerpo menos denso que el agua en el vaso; otro 35% asoció la experiencia con la diferencia de densidad entre el cuerpo y el agua, pero no expresó haber sentido la fuerza de empuje, lo cual confirma lo encontrado por Alurralde & Salinas (2007) en cuanto al sesgo que provocan los conceptos previos y por Mazzitelli, Maturano, Núñez, & Pereira (2006), en cuanto a la dificultad para comprender conceptos de fuerza.

Indicador 4 - Relación densidad – empuje: este indicador muestra los resultados de los puntos 11 a 17 en los cuales se orienta a los estudiantes para que encuentren la relación entre la densidad y el empuje. El 85% de los grupos asociaron la flotación con el mayor volumen logrado al cambiar la forma de la plastilina de un prisma macizo a una canoa. Sin embargo, solo el 35% expresa claramente que este cambio de volumen se traduce en una menor densidad, que permite que el cuerpo flote al lograr que sea menor que la del agua. Nuevamente se confirma la influencia de los conceptos previos (conocimiento no científico) en las explicaciones que dan los estudiantes.

Indicador 5 - Aplicación matemática del Principio de Arquímedes: este indicador muestra los resultados de los puntos 18 a 21 en los cuales se les pide hallar los resultados de peso, empuje y empuje mínimo para un objeto determinado (canoa de plastilina). Solo el 20% de los grupos logró aplicar correctamente la fórmula del Principio de Arquímedes para calcular la magnitud del empuje en Newtons. Se hizo evidente que la mayoría de los estudiantes no realizan correctamente conversión de unidades, lo que dificultó aún más la aplicación de las fórmulas. También se observó que aunque muchos estudiantes identificaron el empuje como una fuerza, no asimilaron correctamente la dirección de ésta como una fuerza opuesta al peso.

Indicador 6 - Extensión de conceptos a otras situaciones: este indicador muestra los resultados de los puntos 22 y 23 en los cuales se les pide a los estudiantes aplicar el concepto de empuje en dos situaciones distintas a las experimentadas en la guía de laboratorio. Solo el 10% de los grupos logró extender correctamente el concepto del Principio de Arquímedes a situaciones diferentes a las experimentadas durante el desarrollo de la guía. Estos estudiantes lograron determinar correctamente el volumen necesario para flotar en una piscina, así como explicar físicamente la

historia de la corona de Hierón, que se les contó en la primera parte de la aplicación de la unidad didáctica.

También se calculó el porcentaje de participación de los estudiantes en el desarrollo de las preguntas de la guía, así:

$$\text{Porcentaje de participación} = \frac{\text{Número de grupos que contestaron las preguntas}}{\text{Número de grupos totales}} \times 100$$

En la Figura 9 se presenta la comparación entre el porcentaje de resultados satisfactorios y el porcentaje de participación en la resolución de las preguntas de la guía de laboratorio.

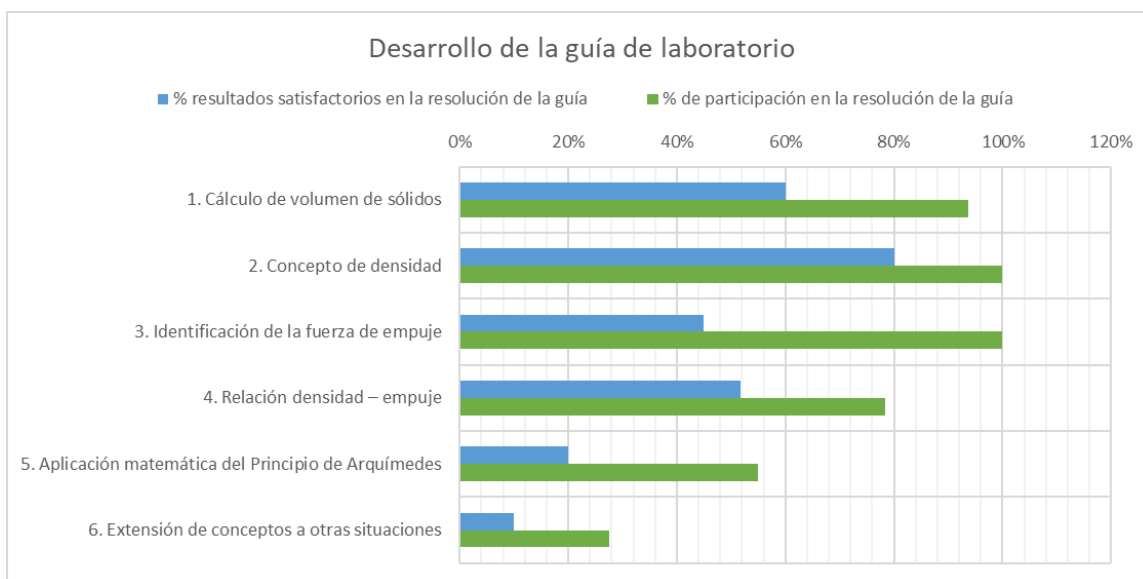


Figura 9. Análisis del desarrollo de la guía de laboratorio

Se identifica que en los puntos 1 a 17 la participación en la resolución de la guía fue mayor al 75 %, mientras que en los puntos 18 a 22 la participación disminuyó hasta llegar a menos del 30%. Esto se debió a la dificultad que mostraron los estudiantes para analizar y aplicar cálculos

matemáticos de carácter aplicativo, además de factores externos como los horarios de aplicación y la conformación de los grupos.

Se observa que en la mayoría de los indicadores el porcentaje de resultados satisfactorios está directamente relacionado con la participación.

Como se mencionó en el capítulo 5 de metodología, se presentaron algunas diferencias en la aplicación de la unidad didáctica en los dos cursos, en especial en cuanto a la orientación y el seguimiento que hizo el docente, que fue mayor en el segundo curso (11-1). En la Tabla 3 se presentan los resultados de los indicadores planteados para medir el desarrollo de la guía de laboratorio, por cada curso.

**Tabla 3**

*Comparación de los resultados de la guía de laboratorio, por curso*

Indicador	% de resultados satisfactorios en la resolución de la guía		% de participación en la resolución de la guía	
	11-1	11-2	11-1	11-2
1. Cálculo de volumen de sólidos	60%	60%	93%	95%
2. Concepto de densidad	80%	80%	100%	100%
3. Identificación de la fuerza de empuje	60%	30%	100%	100%
4. Relación densidad – empuje	57%	47%	77%	80%
5. Aplicación matemática del Principio de Arquímedes	35%	20%	35%	30%
6. Extensión de conceptos a otras situaciones	15%	5%	30%	25%

No se observan diferencias en los resultados de los dos cursos en cuanto al cálculo del volumen de sólidos y al concepto de densidad. Sin embargo, los resultados fueron un poco mejores en el curso 11-1 en los experimentos relacionados con la identificación de la fuerza de empuje, la aplicación de fórmulas y la extensión de conceptos a otras situaciones. Esto puede explicarse porque el docente acompañó a los estudiantes mediante preguntas orientadoras y la respuesta a inquietudes, que les permitieran observar los fenómenos esperados. Por ejemplo, orientarlos acerca de cómo lograr que la masa de plastilina flotara, dándole la forma de una canoa de cierto volumen.

Sin embargo, en ambos cursos se muestra el mismo comportamiento en cuanto a la disminución de los resultados en la medida que se avanza en el desarrollo de la guía, al igual que la participación.

### 6.3 Prueba diagnóstica final

La prueba se aplicó a 61 estudiantes (30 de 11-1 y 31 de 11-2). En el Anexo 5 se presenta una muestra de la prueba diligenciada. Los resultados por curso de la prueba diagnóstica realizada después de aplicar la unidad didáctica se presentan en la Figura 10, Figura 11, Figura 12 y Figura 13.

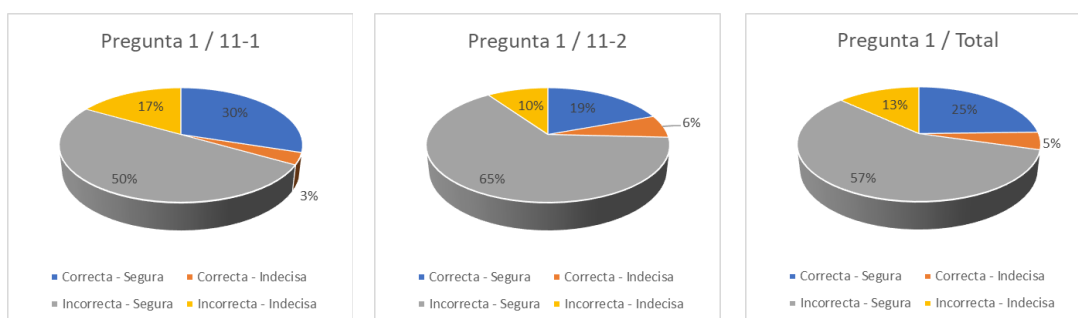


Figura 10. Resultados comparativos de la pregunta 1 de la prueba final

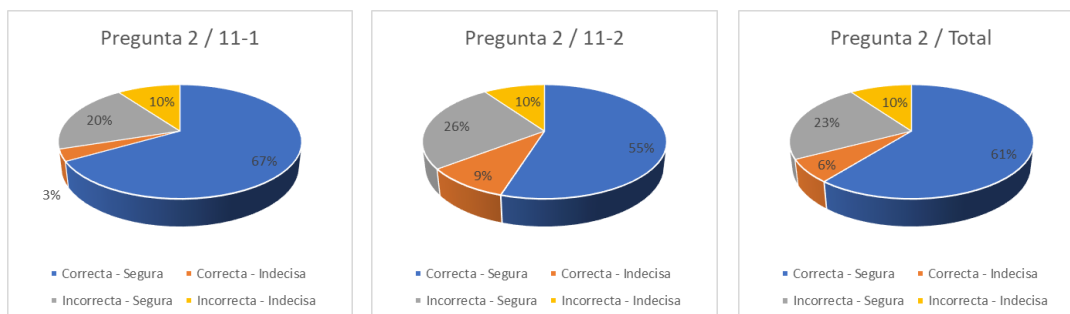


Figura 11. Resultados comparativos de la pregunta 2 de la prueba final

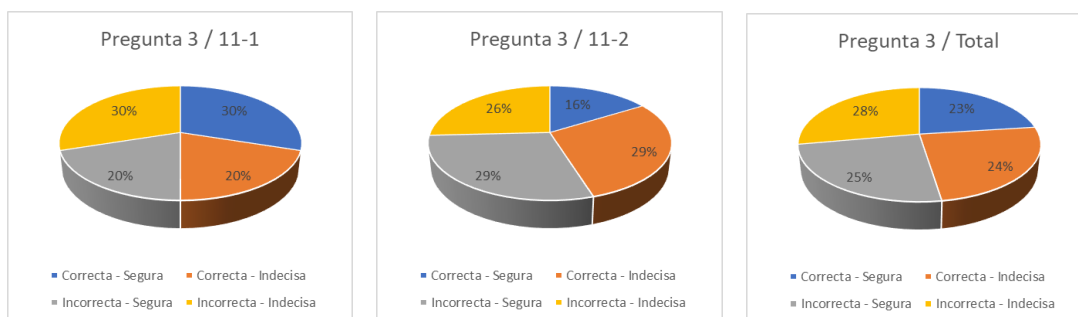


Figura 12. Resultados comparativos de la pregunta 3 de la prueba final

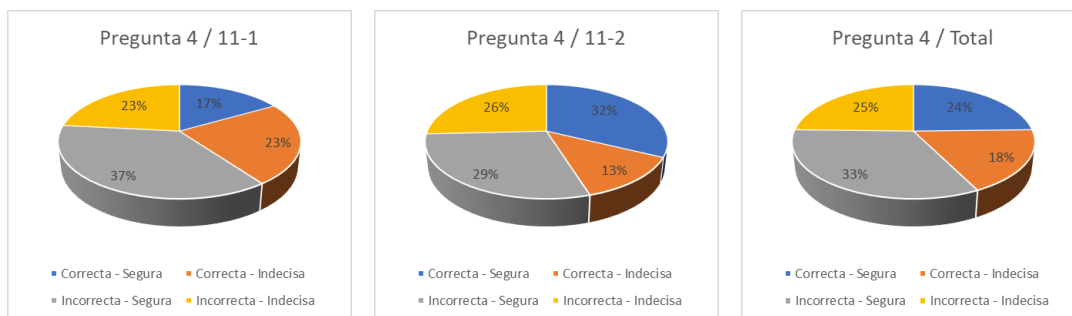


Figura 13. Resultados comparativos de la pregunta 4 de la prueba final

Nuevamente, los resultados de la pregunta 2 fueron los más altos y los de la pregunta 1 fueron más bajos. Sin embargo, hay una mejoría en todas las preguntas con respecto a los resultados de la prueba inicial.

Los resultados de las preguntas 1 a 3 del curso 11-1 (el cual tuvo más orientación del docente), fueron ligeramente superiores que los del curso 11-2 y se amplió la brecha a favor de 11-1 con respecto a los resultados de la prueba diagnóstica inicial.

#### 6.4 Comparación de resultados de la prueba diagnóstica inicial y final

Para ambas pruebas se realizó una calificación por estudiante, con la siguiente valoración:

- Cada pregunta contestada correctamente de forma segura se calificó con 25%.
- Cada pregunta contestada correctamente, pero con indecisión, se calificó con 12,5%. Se valoró con la mitad de la calificación, porque se interpreta que al estudiante le quedaron dudas en los conceptos y por lo tanto, este resultado es menos satisfactorio en términos de la comprensión deseada.
- Cada pregunta contestada incorrectamente, se calificó con 0%.

El detalle de estas calificaciones puede verse en el Anexo 6 y en el Anexo 7. A partir de los promedios se compararon los resultados de las dos pruebas, cuyos resultados se presentan en la Tabla 4 y en la Figura 14:

**Tabla 4**

*Calificación promedio por estudiantes*

Curso	Calificación promedio por estudiante		Diferencia
	Prueba inicial	Prueba final	
<b>11-1</b>	26,3%	42,1%	15.8%
<b>11-2</b>	24,6%	37,9%	13.3%
<b>Total</b>	25,4%	40,0%	14.5%



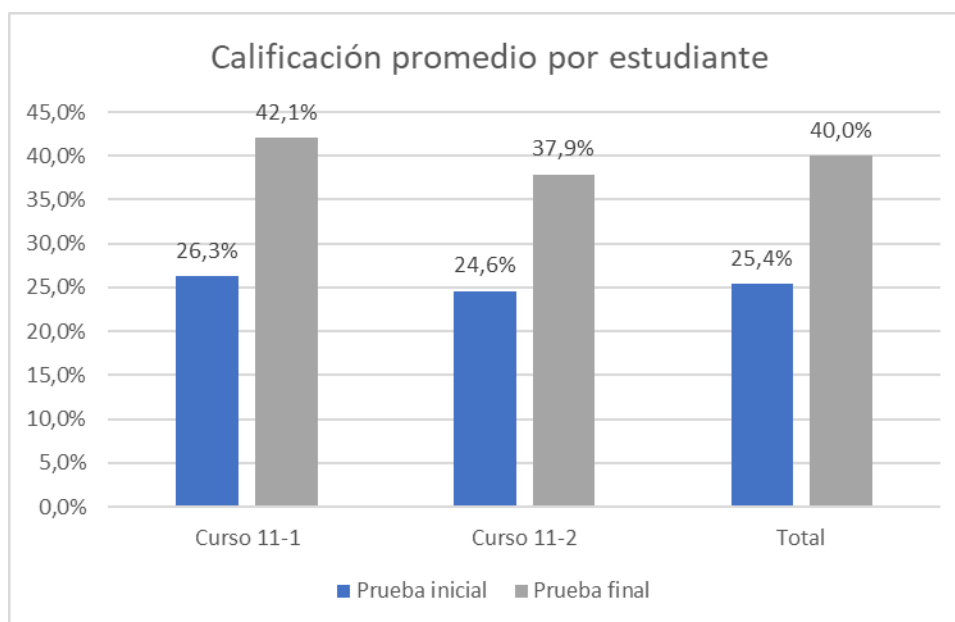


Figura 14. Calificación promedio por estudiante

Se evidencia una mejora en los resultados después de la aplicación de la unidad didáctica. Sin embargo, ésta no fue tan significativa como se esperaba porque persiste un alto porcentaje de estudiantes que no logra un resultado satisfactorio. Nuevamente se observa que el resultado fue ligeramente mejor para el curso 11-1.

Esto mismo puede verificarse al realizar el análisis estadístico de frecuencias presentado en la Tabla 5. Para la realización de este análisis estadístico se establecieron nueve clases que corresponden a las nueve posibles calificaciones que podía obtener un estudiante de acuerdo con la explicación dada anteriormente. La frecuencia corresponde al número de estudiantes que obtuvo dicha calificación y el porcentaje acumulado es el porcentaje de estudiantes que obtuvo un resultado igual o menor al de la clase correspondiente.

Tabla 5

Análisis de las frecuencias de calificación de las pruebas

Clase (calificación de la prueba)	Prueba inicial		Prueba final	
	Frecuencia (# estudiantes)	% acumulado	Frecuencia (# estudiantes)	% acumulado
0,0%	8	13,33%	7	11,48%
12,5%	15	38,33%	3	16,39%
25,0%	14	61,67%	16	42,62%
37,5%	15	86,67%	12	62,30%
50,0%	6	96,67%	8	75,41%
62,5%	2	100,00%	3	80,33%
75,0%	0	100,00%	9	95,08%
87,5%	0	100,00%	1	96,72%
100,0%	0	100,00%	2	100,00%

El histograma presentado en la Figura 19 es una representación gráfica del análisis estadístico de frecuencias.

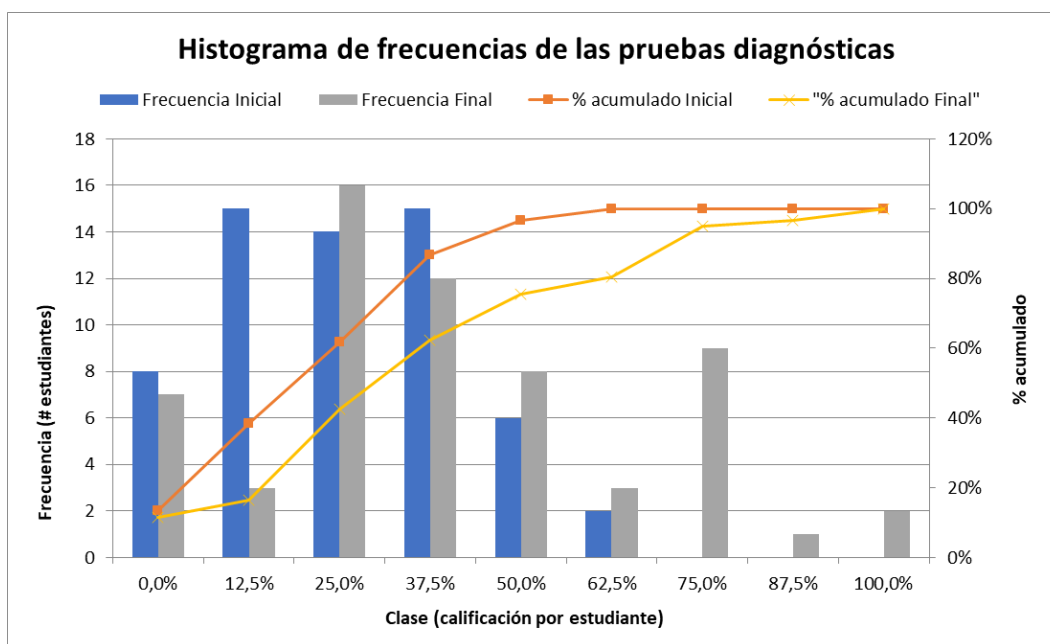


Figura 15. Histograma de frecuencias de calificación de los estudiantes

Este histograma muestra que hubo un desplazamiento de los resultados hacia valores más altos, después de la aplicación de la unidad didáctica. De hecho, aparecen resultados para las tres clases

más altas (75%, 87,5% y 100%), que no tuvieron representación en la prueba inicial. En la prueba final dos estudiantes obtuvieron 100% de calificación, mientras que en la prueba inicial, la máxima calificación fue 62,5%.

### 6.5 Evaluación del logro de los objetivos didácticos

En la Tabla 6 se presenta la relación entre las preguntas de la prueba diagnóstica y los objetivos didácticos de la unidad diseñada. Esta relación es útil para determinar en qué medida se lograron los objetivos y para formular posteriormente conclusiones y recomendaciones que permitan mejorar la unidad.

**Tabla 6**

*Relación entre los objetivos didácticos y la prueba diagnóstica*

<b>Objetivo didáctico de la unidad</b>	<b>Pregunta relacionada en la prueba diagnóstica</b>
Comprender los conceptos de densidad y empuje. Explicar cómo se calcula el volumen de cualquier cuerpo al sumergirlo en un líquido de volumen conocido.	Pregunta 2, en la cual se indaga sobre cómo se desplaza el volumen de un líquido cuando se introduce el mismo cuerpo en diferente posición
Inferir la densidad de diferentes materiales a partir de su masa y volumen.	
Relacionar el empuje que sufre un cuerpo sumergido en un líquido con el peso del volumen desplazado.	Pregunta 1, en la cual se indaga sobre el efecto del empuje en una balanza digital, cuando se introduce un dedo en un vaso lleno de líquido que está sobre la balanza.
Explicar fenómenos que observan en su entorno más próximo, a partir de los conceptos anteriores.	Pregunta 3, en la cual se indaga cómo se afecta la compresión de un resorte que tiene un bloque encima, cuando se introduce en un líquido.
Aplicar los conceptos en la solución de problemas de baja complejidad, mediante el uso de los algoritmos matemáticos pertinentes.	Pregunta 4, en la cual se pide calcular el peso que debe añadirse en los compartimientos de un submarino para sumergirlo.

Con el fin de analizar los resultados, se calculó el porcentaje de estudiantes que respondió correctamente cada pregunta (tanto seguros como indecisos). Los resultados pueden verse en la Tabla 7 y en la Figura 16:

**Tabla 7**

*Porcentaje de estudiantes que contestaron correctamente*

	Prueba inicial	Prueba final	% aumento	Prueba inicial	Prueba final	% aumento
<b>Curso</b>	<b>Pregunta 1</b>			<b>Pregunta 2</b>		
<b>11-1</b>	20,0%	33,3%	13,3%	56,7%	70,0%	13,3%
<b>11-2</b>	13,3%	25,8%	12,5%	60,0%	64,5%	4,5%
<b>Total</b>	16,7%	29,5%	12,8%	58,3%	67,2%	8,9%
<b>Curso</b>	<b>Pregunta 3</b>			<b>Pregunta 4</b>		
<b>11-1</b>	30,0%	50,0%	20,0%	43,3%	40,0%	-3,3%
<b>11-2</b>	26,7%	45,2%	18,5%	33,3%	45,2%	11,8%
<b>Total</b>	28,3%	47,5%	19,2%	38,3%	42,6%	4,3%

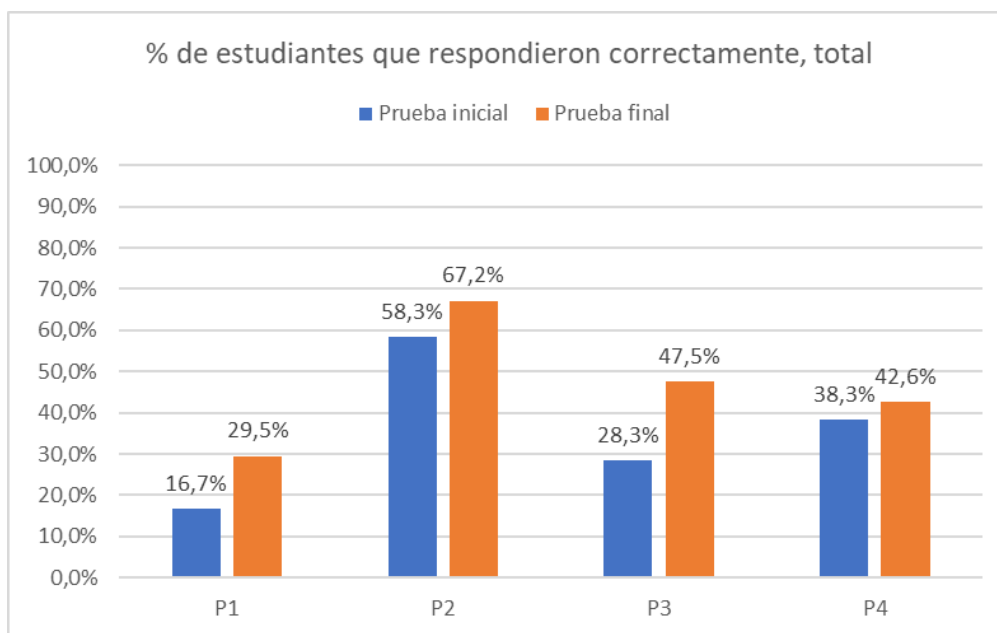


Figura 16. Porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente cada pregunta, total

Se observa que en todos los casos hubo un aumento del porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente las preguntas de la prueba diagnóstica después de la aplicación de la unidad didáctica, excepto para la pregunta 4 en el curso 11-1.

La pregunta que mejoró más fue la número 3 (19,2% más estudiantes la respondieron correctamente), en la cual se indaga cómo se afecta la compresión de un resorte que tiene un bloque encima, cuando se introduce en un líquido. Esta pregunta está relacionada con el objetivo didáctico “Explicar fenómenos que observan en su entorno más próximo, a partir de los conceptos anteriores”. La compresión de un resorte es un fenómeno bastante conocido; sin embargo, para los estudiantes era menos claro antes de la aplicación de la unidad didáctica, como se afectaría dicha compresión, si se sumergían el resorte y el bloque en un líquido. Esta pregunta permite inferir que los estudiantes que la respondieron correctamente aprendieron cuál es el sentido de la fuerza de empuje.

Los resultados de la pregunta 2 mejoraron en promedio 8,9%, siendo la que tenía los mejores resultados iniciales. Si se tiene en cuenta que esta pregunta está relacionada con los conceptos de volumen, masa y peso, esto lleva a pensar que la unidad didáctica permitió en estas temáticas, la transición de los conceptos previos que tenían los estudiantes hacia los conceptos científicos. Por ejemplo, pudieron entender el concepto de volumen, más allá de la simple aplicación de una fórmula dada, así como las diferencias de densidad de los diferentes materiales.

La pregunta 1 siempre presentó los resultados más bajos, por lo que se concluye que es difícil de comprender. Ésta pregunta pretendía medir el objetivo “Relacionar el empuje que sufre un

cuerpo sumergido en un líquido con el peso del volumen desplazado” y su mejoría es del 12,8%. Al revisar el contenido de la unidad didáctica y en especial de la guía de laboratorio, se observa que es necesario incluir o modificar algunas actividades, si se quiere lograr este objetivo.

La pregunta 4 tuvo un comportamiento disímil entre los dos cursos, pero en promedio fue la que menos mejoró (4,3%). Ya que está relacionada con el objetivo “Aplicar los conceptos en la solución de problemas de baja complejidad, mediante el uso de los algoritmos matemáticos pertinentes”, se hace evidente nuevamente, como ocurrió durante la aplicación de la unidad didáctica, que los estudiantes tienen dificultades para usar dichos algoritmos. El tiempo disponible en la unidad didáctica para practicar los cálculos matemáticos es corto y puede requerir un refuerzo posterior, lo que hace pensar que la unidad didáctica podría abarcar más de una sesión, para buscar el logro de este último objetivo.

## 7. Conclusiones

- Se diseñó una unidad didáctica para la enseñanza del principio de Arquímedes teniendo como base el uso de herramientas experimentales y de laboratorio.
- Se implementó la unidad didáctica en un espacio de educación media, donde se evidenció un proceso de enseñanza y aprendizaje del principio de Arquímedes de una manera participativa por parte de los estudiantes, el cual se diferenció de una metodología de tipo magistral expositivo.
- Se aplicó una prueba diagnóstica antes y después de la implementación de la unidad didáctica, la cual se basó en la publicación de Melo, Cardona, Cañada, & Martínez (2018).
- Los resultados de la prueba diagnóstica inicial mostraron que los estudiantes no habían asimilado los conceptos científicos respecto al Principio de Arquímedes, a pesar de que ya habían visto la temática a través de una clase magistral como parte del desarrollo del currículo académico.
- Se realizó un análisis estadístico de los resultados de la aplicación de la prueba diagnóstica, relacionados con la implementación de la unidad didáctica, reflejado en la Figura 15. Histograma de frecuencias de calificación de los estudiantes.
- Después de la aplicación de la unidad didáctica mejoraron los resultados de la prueba diagnóstica y la seguridad en las respuestas, aunque no en los porcentajes esperados. Las explicaciones de los estudiantes sobre los fenómenos observados en los experimentos de la guía de laboratorio, en muchos casos se basaron en sus conceptos previos y no se logró completamente la articulación de éstos con los conceptos científicos deseados.
- Las actividades de la guía de laboratorio relacionadas con los temas de masa, peso, volumen y densidad sirvieron para que los estudiantes adquieran los conceptos científicos pertinentes a partir de sus conceptos previos.

- Los mejores resultados de la prueba diagnóstica se obtuvieron en cuanto a la comprensión del sentido de la fuerza de empuje (pregunta 3). Esto permite concluir que los experimentos realizados para vencer el empuje (hundir la bola de balsa en el agua), fueron efectivos. Éstos están relacionados con estrategias propuestas por la neuroeducación como el aprendizaje multisensorial y la experiencia directa.

- En cuanto a la comprensión de la magnitud del empuje, las actividades no fueron suficientemente efectivas, ya que la mayoría de los estudiantes no logró comprender el empuje como un fenómeno medible y cuantificable a partir de las propiedades físicas de los elementos del sistema. La restricción del diseño de la guía en cuanto a que no se requirieran elementos de laboratorio especializados, impuso una dificultad para trabajar experimentos relacionados con la medición de la fuerza (por ejemplo, el uso de una balanza para medir el peso y replicar la situación de la pregunta 1 de la prueba diagnóstica).

- De acuerdo con los resultados del desarrollo de la guía de laboratorio y de la prueba diagnóstica final, las actividades propuestas en la unidad didáctica para la aplicación de las ecuaciones matemáticas en problemas de aplicación del Principio de Arquímedes no fueron efectivas. Las actividades propuestas abordaron este aspecto de forma superficial, sin el tiempo suficiente y sin un espacio de refuerzo para solucionar inquietudes, corregir errores de cálculo, interpretar los resultados, etc.

- La comparación de los resultados entre los dos cursos mostró que fueron un poco mejores cuando el docente hizo un acompañamiento cercano durante todo el desarrollo de la unidad didáctica: comprensión de lectura, toma de datos, explicación de conversión de unidades, desarrollo de los experimentos, etc. Es decir, se mejoró el logro de los objetivos didácticos.



- A los estudiantes les generó motivación e interés realizar los experimentos planteados, ya que les permitieron un acercamiento directo a los fenómenos físicos y se generó un espacio de discusión para plantear sus inquietudes o ideas. Este resultado concuerda con lo encontrado en estudios como los de Agudelo G. & García G. (2010), quien plantea el uso de prácticas de laboratorio para mejorar el aprendizaje de conceptos de física, no como un refuerzo de la explicación magistral de un tema, sino como la estrategia de enseñanza en sí misma.

- En contraposición, a los estudiantes no les generó tanto interés la solución de problemas que requerían la realización de cálculos matemáticos, sobre todo cuando debían hacer un análisis previo, en vez de la simple aplicación de una fórmula. Es decir, no se logró el objetivo didáctico planteado en cuanto a la aplicación de los conceptos en la solución de problemas de baja complejidad, mediante el uso de los algoritmos matemáticos pertinentes.

- La unidad didáctica diseñada fue una herramienta útil para el docente, porque le permitió desarrollar el tema de una manera sistemática, así como evaluar las actitudes y aptitudes de los estudiantes a quienes se aplicó, tanto de manera individual como colectiva. Sin embargo, no se lograron todos los objetivos didácticos planteados.

## 8. Recomendaciones

- Se recomienda rediseñar la prueba diagnóstica para lograr una evaluación uno a uno de todos los objetivos de la unidad didáctica.
- Se recomienda ampliar el número de sesiones de la unidad didáctica, para incluir otras actividades que permitan concluir el proceso de enseñanza aprendizaje del tema, a través de la discusión de lo observado durante los experimentos, la retroalimentación de las conclusiones encontradas, el refuerzo de la aplicación matemática del Principio de Arquímedes y la profundización de los conceptos, para el logro de todos los objetivos didácticos. Estas actividades deben dirigirse al aprovechamiento de las fortalezas y la superación de las debilidades que se encontraron durante el desarrollo de las actividades realizadas en la primera sesión.
- Se recomienda hacer una selección de los experimentos de la guía de laboratorio, para dar mayor énfasis al fenómeno de flotación y al empuje, y un poco menos al cálculo del volumen de los cuerpos. Esto para lograr una mejor articulación de los conceptos previos con los conceptos científicos del Principio de Arquímedes.
- Además, tener en cuenta en la planeación de las sesiones, que aunque en general los bloques estándar de clase se establecen para dos horas, generalmente se pierde tiempo en el inicio y final de la clase por diferentes motivos.
- Igualmente se recomienda tener en cuenta, que aunque la unidad didáctica está dirigida a estudiantes de último año de educación media, muchos requieren orientación y/o refuerzo de conceptos en cuanto a conversión de unidades. Así mismo, el docente deberá hacer esfuerzos adicionales para el logro de los objetivos, cuando las competencias en lecto escritura no sean las adecuadas.

- Para el desarrollo de la unidad didáctica, se recomienda que la conformación de los grupos no se haga al azar sino teniendo en cuenta las habilidades y motivación de los estudiantes, con el fin de lograr un equilibrio y un trabajo en equipo que permita a todos los integrantes el logro de los objetivos didácticos.
- Se recomienda que en lo posible la aplicación de la unidad didáctica se realice en las primeras horas de clase, debido a que en ese momento los estudiantes no tienen tantos distractores o motivaciones distintas, como por ejemplo, salir a un receso o regresar a su casa.
- Es importante que los docentes no se restrinjan a la exposición magistral de las temáticas de Física que se establecen en los lineamientos curriculares, sino que apliquen metodologías de enseñanza que incluyan experimentos, en lo posible sencillos, que no requieran siquiera que el colegio cuente con un laboratorio.

## 9. Referencias

- Agudelo G., J. D., & García G., G. (enero de 2010). Aprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(1).
- Alurralde, E., & Salinas, J. (2007). Modelos explicativos que estructuran las ideas de los estudiantes en física: aportes, resultados e interpretaciones para el aprendizaje del empuje. *Actas I Jornadas Nacionales de Investigación Educativa II Jornadas Regionales VI Jornadas Institucionales*.
- Aristizabal Torres, A. (2015). *Avances de la neuroeducación y aportes en el proceso de enseñanza aprendizaje en la labor docente*. Trabajo de Grado Especialización en Docencia Universitaria, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Educación y Humanidades, Bogotá.
- Barral, F. M. (1990). ¿Cómo flotan los cuerpos que flotan? Concepciones de los estudiantes. *Investigación y Experiencias Didácticas*, 8(3), 244-250.
- Cañal de León, P. (2014). Cerebro, memoria y aprendizaje: aportaciones de la neurobiología a la didáctica y a la práctica de la enseñanza. (U. d. Sevilla, Ed.) *Revista Investigación en la Escuela*, 84, 19-29.
- Corredor Cardenas, H., & Reyes Alvarado, R. A. (2013). *Desarrollo de las explicaciones de los estudiantes sobre el fenómeno de la flotación de los cuerpos*. Trabajo de Grado Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Física, Bogotá.
- Díaz Pérez, V., Becerra Galindo, H., & Bello Rivera, C. (2006). "Sobre los Cuerpos Flotantes" De Arquímedes: Una Mirada Experimental. *Memorias XVI Encuentro de Geometría y IV de*

- Aritmética*, (págs. 351-363). Obtenido de Funes:  
<http://funes.uniandes.edu.co/9003/1/SobreCuerpos2006Becerra.pdf>
- Giraldo Linares, P. (enero - junio de 2016). Aprendizaje significativo y neurociencia: la conexión del siglo XXI. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*(4).
- Lozano Leyva, M. (2005). De Arquímedes a Einstein. DeBolsillo.
- Mazzitelli, C., Maturano, C., Nuñez, G., & Pereira, R. (2006). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos. *Revista Eureka. Sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 3(1), 33-50.
- Melo, L., Cardona, G., Cañada, F., & Martínez, G. (enero-marzo de 2018). Conocimiento didáctico del contenido sobre el principio de Arquímedes en un programa de formación de profesores de física en Colombia. *Revista Mexicana de investigación educativa*, XXIII(76).
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. (M. d. Nacional, Ed.) Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional. Recuperado el Octubre de 2017
- Morgado, B. I. (Diciembre de 2012). Claves Neurocientíficas de la enseñanza y el aprendizaje. *Participación Educativa*, 15-17.
- Parra S., E. (2008). Arquímedes: su vida, obras y aportes a la matemática moderna. *Revista digital Matemática, Educación e Internet*, 9(1). Obtenido de  
<http://revistas.tec.ac.cr/index.php/matematica/article/view/2040/1852>
- Rodríguez Palmero, M. L. (2004). La teoría del aprendizaje significativo. En U. P. Navarra, *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proc. of the First Int. Conference on Concept Mapping* (págs. 535-544). Pamplona, España.

Rodríguez Sánchez, M. (2011). Metodologías docentes en el EEES: De la clase magistral al portafolio. *Tendencias Pedagógicas*(17), 83-103.

Rodríguez Torres, J. (2010). De las programaciones didácticas a la unidad didáctica: incorporación de competencias básicas y la concreción de tareas. *Revista Docencia e Investigación*(20), 245-270. Obtenido de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/8299>

Secretaría de Educación Pública. (2004). *Manual de estilos de aprendizaje*. Obtenido de Sistema de Biblioteca. Vicerrectoría Académica. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso: [http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales\\_u/Manual\\_Estilos\\_de\\_Aprendizaje\\_2004.pdf](http://biblioteca.ucv.cl/site/colecciones/manuales_u/Manual_Estilos_de_Aprendizaje_2004.pdf)

Velásquez Burgos, B. M., Calle M., M. G., & Remolina De Cleves, N. (julio-diciembre de 2006). Teorías neurocientíficas del aprendizaje y su implicación en la construcción de conocimiento de los estudiantes universitarios. *Tabula Rasa*(5), 229-245.

Wikipedia, La enciclopedia libre. (7 de diciembre de 2017). *Principio de Arquímedes*. (L. e. Wikipedia, Ed.) Recuperado en diciembre de 2017, de [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Principio\\_de\\_Arqu%C3%ADmedes&oldid=103990422](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Principio_de_Arqu%C3%ADmedes&oldid=103990422)

## **10. Anexos**

### **Anexo 1: Prueba diagnóstica**

## PRUEBA DIAGNÓSTICA

El cuestionario que le presentamos a continuación y que agradecemos que nos responda, está elaborado con la finalidad de analizar algunas ideas frecuentes en el campo de la hidrostática. Le recordamos que las respuestas son totalmente anónimas, por lo que le agradecemos que sea sincero/a. Todas las preguntas de este cuestionario, van seguidas por cuatro respuestas posibles. Señale la respuesta que considere correcta. En caso de que ninguna de las opciones se ajuste a lo que usted considera, plantee su propia solución. También marque el grado de seguridad de su respuesta; para ello hemos dispuesto dos opciones: *seguro/a*, *indeciso/a*.



1. Se coloca un vaso de agua sobre una balanza y se anota la medida. Luego se introduce un dedo en el vaso, sumergiéndolo en el agua sin tocar las paredes como se muestra en la Figura 1, se observa que la lectura de la balanza aumenta. Esto es:



Figura 1

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) Debido al peso del dedo.
<input type="checkbox"/>	B) Debido a que la densidad del dedo es mayor que la del agua.
<input type="checkbox"/>	C) Debido al empuje que ejerce el agua sobre el dedo.
<input type="checkbox"/>	D) Debido a que sube el nivel del agua, a más volumen de agua más peso.

**OTRA:**

---



---



---



---

**Indique si la respuesta elegida ha sido:**

Segura/o  Indecisa/o

2. En el vaso del punto anterior (**Figura 1**) dos bloques metálicos exactamente iguales (A y B) se sumergen en agua como se muestra en la figura 2. Podemos afirmar que:

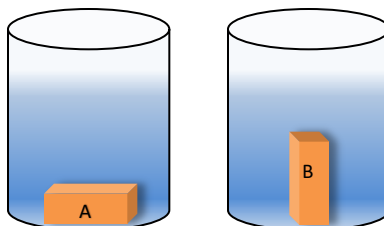


Figura 2

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) Ambos bloques desplazan igual volumen de agua puesto que tienen la misma densidad.
<input type="checkbox"/>	B) El bloque A desplaza un volumen mayor de agua puesto que la presión es mayor en su base.
<input type="checkbox"/>	C) El bloque B desplaza un volumen mayor de agua puesto que la presión es menor en su base.
<input type="checkbox"/>	D) El bloque A desplaza un mayor volumen de agua, puesto que ocupa más superficie en el fondo.

**OTRA:**

---



---



---



---

**Indique si la respuesta elegida ha sido:**

Segura/o  Indecisa/o

3. Un resorte está unido al fondo de un gran recipiente vacío, con el eje del resorte orientado verticalmente. Un bloque de 2 kg se fija a la parte superior del resorte y lo comprime una distancia  $x$ . A continuación el recipiente se llena de agua hasta el borde (ver Figura 3). Se puede afirmar que al llenar el recipiente:

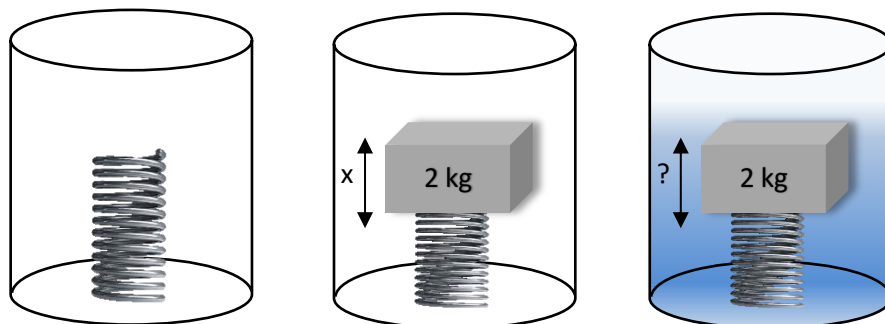


Figura 3

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) La elongación del resorte dependerá de la diferencia de densidad entre el agua y el bloque.
<input type="checkbox"/>	B) El resorte se comprimirá una longitud mayor que $x$ debido a la masa de agua sobre el bloque.
<input type="checkbox"/>	C) El resorte se comprimirá una distancia menor que $x$ debido a que todos los objetos dentro del agua pesan menos que en el aire.
<input type="checkbox"/>	D) El resorte se comprimirá una distancia menor que $x$ debido al empuje que realiza el agua sobre el bloque.

**OTRA:**

---



---



---



---

**Indique si la respuesta elegida ha sido:**

Segura/o  Indecisa/o

4. Los submarinos tienen unos compartimientos especiales aislados del resto de la embarcación, que se pueden llenar de agua o de aire, según se quiera que se sumerja o flote. Un submarino tiene una masa de 9000 kg y un volumen de 10 m<sup>3</sup>. Asumiendo que la densidad del mar es de 1000 kg/m<sup>3</sup>, ¿qué masa de agua debe añadirse en los compartimientos para sumergir el submarino?

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) No se debe añadir agua porque ya está sumergido por el peso.
<input type="checkbox"/>	B) Se deben añadir 1000 kg de agua.
<input type="checkbox"/>	C) Se deben añadir 100 kg de agua.
<input type="checkbox"/>	D) Se deben añadir 8000 kg de agua.

**OTRA:**

---



---



---



---



---

**Indique si la respuesta elegida ha sido:**

Segura/o  Indecisa/o

**Gracias por su colaboración**

**Anexo 2: Guía de laboratorio**

## GUÍA DE LABORATORIO

**Colegio:** \_\_\_\_\_

**Curso:** \_\_\_\_\_

**Integrantes:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Orientaciones iniciales:

- Designar un integrante del grupo que se encargará de diligenciar la guía.
- Tener disponible una calculadora y una regla.
- Verificar que el grupo cuente con los siguientes elementos que les entregará el docente:
- Un vaso plástico desechable.
- Una jeringa de 10 mililitros.
- Un marcador de tinta imborrable.
- Un prisma de plastilina.
- Una bola de cristal.
- Una piedra.
- Una bola de balsa.

### Para tener en cuenta:

- **Masa (m):** es la medida de la cantidad de materia que contiene un cuerpo; también se puede considerar como medida de la inercia de un objeto. La unidad utilizada para medir la masa en el Sistema Internacional es el kilogramo (kg).
- **Volumen (V):** es una medida del espacio que ocupa un cuerpo. La unidad utilizada para medir el volumen en el Sistema Internacional es el metro cúbico ( $m^3$ ). El volumen de una figura geométrica se calcula como el área de la base por su altura.
- **Peso (W):** es la fuerza que se ejerce sobre un cuerpo debido a la gravedad. La unidad utilizada para medir el peso en el Sistema Internacional es el Newton (N). Se calcula como la masa multiplicada por la constante de aceleración de la gravedad ( $W = m * g$ ).
- **Constante de aceleración de la gravedad (g):** es un valor promedio de la aceleración causada por la gravedad medido en diferentes sitios de La Tierra. El valor es  $9,81 \text{ m/s}^2$ .
- **Densidad (r):** es una medida de la cantidad de materia contenida en un espacio dado; es la cantidad de masa por unidad de volumen ( $r = m / V$ ). La unidad utilizada para medir la densidad en el Sistema Internacional es kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ) aunque es más común usar gramo por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ).

- **Densidades de algunos materiales:**

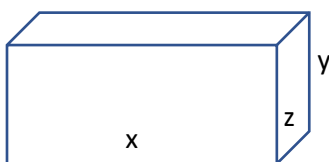
Material	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
<b>Sólidos</b>	
Oro	19,30
Plomo	11,30
Plata	10,50
Aluminio	2,70
Madera de balsa	0,12
<b>Líquidos</b>	
Mercurio	13,60
Glicerina	1,26
Leche	1,03
Agua	1,00

- **Conversiones básicas:**

1 cm <sup>3</sup>	1 mL
1 m <sup>3</sup>	1000 L
1000 g	1 kg
1000 kg/m <sup>3</sup>	1 g/cm <sup>3</sup>
1 Newton	1 kg*m/s <sup>2</sup>

**Procedimiento:**

1. Utilizando una regla, determinar el volumen del prisma de plastilina suministrado. Apuntar el valor:



x (cm) = \_\_\_\_\_ y (cm) = \_\_\_\_\_ z (cm) = \_\_\_\_\_

V del prisma (cm<sup>3</sup>) = \_\_\_\_\_

2. Llenar un vaso con 100 mL de agua y marcar el nivel del líquido con un marcador.
3. Sumergir el prisma de plastilina en el vaso de agua. Observar qué ocurre.
4. Marcar el nuevo nivel de agua con el marcador.
5. Con la jeringa, sacar el volumen de agua necesario para que se llegue al nivel original de los 100 mL. Medir el volumen de agua retirado y apuntar el volumen:

V del agua retirada (cm<sup>3</sup>) = \_\_\_\_\_

6. Comparar el volumen del prisma con el del agua retirada. ¿A qué conclusión pueden llegar?

---

---

---

7. Con base en la conclusión anterior, calcule el volumen de la bola de cristal y de la piedra suministradas:

V de la bola de cristal ( $\text{cm}^3$ ) = \_\_\_\_\_

V de la piedra ( $\text{cm}^3$ ) = \_\_\_\_\_

8. Si la masa del prisma es 14 gramos y la masa de la bola de cristal es 20 gramos, calcule la densidad de cada uno.

$\rho$  prisma de plastilina ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) = \_\_\_\_\_

$\rho$  bola de cristal ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) = \_\_\_\_\_

9. Volver a llenar el vaso hasta la marca de los 100 mL e introducir la bola de balsa. Observar qué ocurre y discutir por qué. Apuntar:

---

---

---

10. Intentar hundir la bola de balsa con los dedos. Apuntar qué ocurre:

---

---

---

11. Revisar en la tabla de densidades cuál es la densidad de la bola de balsa y compararla con la de la plastilina y la de la bola de cristal. Discutir si la densidad tiene que ver con qué un cuerpo flote o se hunda. Apuntar las conclusiones:

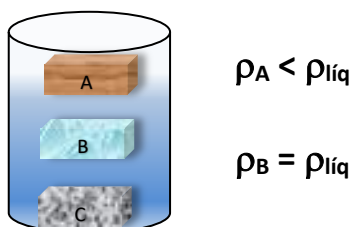
---

---

---



12. Dependiendo de su densidad, un cuerpo flotará o se hundirá en un líquido, así:



Discutir si es posible lograr que la misma masa de plastilina del prisma flote en el vaso y cómo se haría. Apuntar las conclusiones:

---



---



---

13. Formar con la masa de plastilina entregada una canoa e introducirla en el vaso lleno con los 100 mL de agua. Observar qué ocurre y apuntar:

---



---



---

14. Medir el volumen desplazado por la canoa utilizando la jeringa.

V del líquido desplazado ( $\text{cm}^3$ ) = \_\_\_\_\_

15. Discutir y apuntar por qué razón la canoa flota si la misma masa de plastilina antes se hundía:

---



---



---

16. Comparar el volumen que desplazó el prisma con el volumen desplazado por la canoa. ¿Cuál es mayor?

---

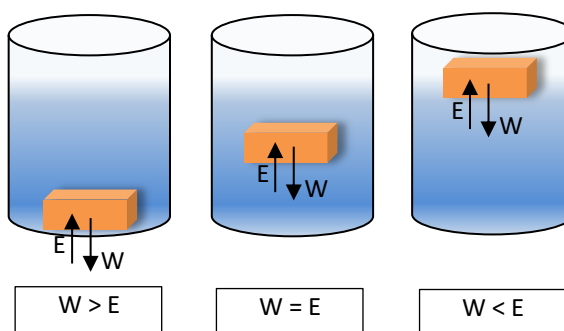


---



---

17. El empuje (E) es la fuerza vertical y hacia arriba que ejerce un fluido hacia un cuerpo, total o parcialmente sumergido en éste. Si el empuje es mayor que el peso (W) del cuerpo, éste flotará; de lo contrario se hundirá.



De acuerdo con la explicación anterior, discutir y apuntar en cuál caso el empuje es mayor: ¿Cuándo se sumergió el prisma o cuando se sumergió la canoa? ¿El peso cambió entre un caso y otro?:

---



---



---

18. Calcular el peso de la plastilina, teniendo en cuenta que la masa es 14 gramos.

Peso  $W$  (Newton) = \_\_\_\_\_

19. ¿Cuál es el empuje mínimo que debe ejercer el líquido sobre la masa de plastilina para que ésta flote?

Empuje mínimo (Newton) = \_\_\_\_\_

20. De acuerdo con el Principio de Arquímedes, el empuje es igual al peso del líquido desplazado por el cuerpo. En términos matemáticos se expresa de la siguiente manera:

*Empuje ( $E$ ) = Peso del líquido desplazado ( $W_{liq}$ )*

*Empuje ( $E$ ) = Masa del líquido desplazado ( $m_{liq}$ ) \*  $g$*

*Empuje ( $E$ ) = Volumen del líquido desplazado ( $m_{liq}$ ) \* Densidad del líquido ( $\rho_{liq}$ ) \*  $g$*

Calcular cuál es el empuje que sufrió la canoa y apuntar.

Empuje sobre la canoa (Newton) = \_\_\_\_\_

21. Discutir qué ocurriría si el líquido del experimento no fuera agua sino glicerina. ¿El empuje sería mayor o menor? ¿La canoa flotaría más o menos? Apuntar.

---



---



---

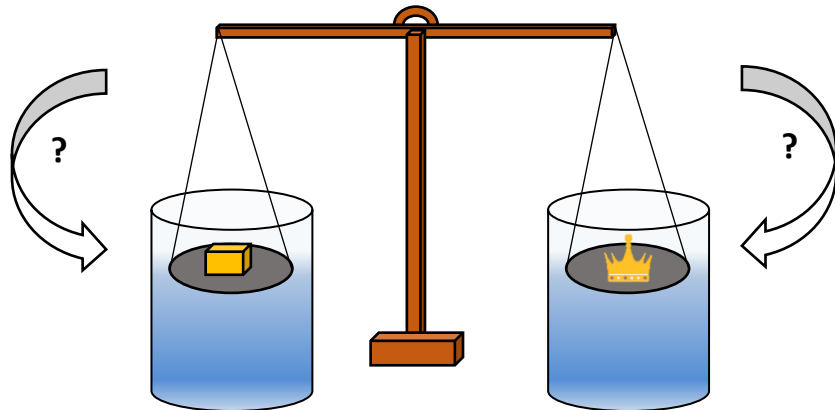
22. Calcular el volumen mínimo que cada integrante del grupo debe desplazar para flotar en una piscina. Apuntar:

Volumen a desplazar Integrante 1 ( $m^3$ ) = \_\_\_\_\_

Volumen a desplazar Integrante 2 ( $m^3$ ) = \_\_\_\_\_

Volumen a desplazar Integrante 3 ( $m^3$ ) = \_\_\_\_\_

23. Pregunta final: Si se tiene una balanza como la de la figura, en la cual los platos están sumergidos en agua, ¿qué ocurriría si se pesa en un lado la corona de Hierón II y en el otro, una cantidad de oro igual a la que le entregaron al artesano para fabricar la corona?



---

---

---

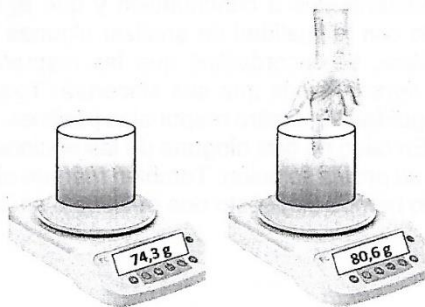
---

### Anexo 3: Muestra de prueba diagnóstica inicial diligenciada

#### PRUEBA DIAGNÓSTICA

El cuestionario que le presentamos a continuación y que agradecemos que nos responda, está elaborado con la finalidad de analizar algunas ideas frecuentes en el campo de la hidrostática. Le recordamos que las respuestas son totalmente anónimas, por lo que le agradecemos que sea sincero/a. Todas las preguntas de este cuestionario, van seguidas por cuatro respuestas posibles. Señale la respuesta que considere correcta. En caso de que ninguna de las opciones se ajuste a lo que usted considera, plantee su propia solución. También marque el grado de seguridad de su respuesta; para ello hemos dispuesto dos opciones: *seguro/a*, *indeciso/a*.

1. Se coloca un vaso de agua sobre una balanza y se anota la medida. Luego se introduce un dedo en el vaso, sumergiéndolo en el agua sin tocar las paredes como se muestra en la Figura 1, se observa que la lectura de la balanza



aumenta. Esto es:

Figura 1

Marque con una X	Respuesta
<input checked="" type="checkbox"/>	A) Debido al peso del dedo.
<input type="checkbox"/>	B) Debido a que la densidad del dedo es mayor que la del agua.
<input type="checkbox"/>	C) Debido al empuje que ejerce el agua sobre el dedo.
<input type="checkbox"/>	D) Debido a que sube el nivel del agua, a más volumen de agua más peso.

OTRA:

---



---



---



---



---

Indique si la respuesta elegida ha sido:

Segura/o  Indecisa/o

2. En el vaso del punto anterior (**Figura 1**) dos bloques metálicos exactamente iguales (A y B) se sumergen en agua como se muestra en la figura 2. Podemos afirmar que:

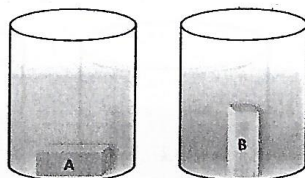


Figura 2

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) Ambos bloques desplazan igual volumen de agua puesto que tienen la misma densidad.
<input checked="" type="checkbox"/>	B) El bloque A desplaza un volumen mayor de agua puesto que la presión es mayor en su base.
<input type="checkbox"/>	C) El bloque B desplaza un volumen mayor de agua puesto que la presión es menor en su base.
<input type="checkbox"/>	D) El bloque A desplaza un mayor volumen de agua, puesto que ocupa más superficie en el fondo.

OTRA:

---



---



---



---



---

Indique si la respuesta elegida ha sido:

Segura/o  Indecisa/o

3. Un resorte está unido al fondo de un gran recipiente vacío, con el eje del resorte orientado verticalmente. Un bloque de 2 kg se fija a la parte superior del resorte y lo comprime una distancia  $x$ . A continuación el recipiente se llena de agua hasta el borde (ver Figura 3). Se puede afirmar que al llenar el recipiente:

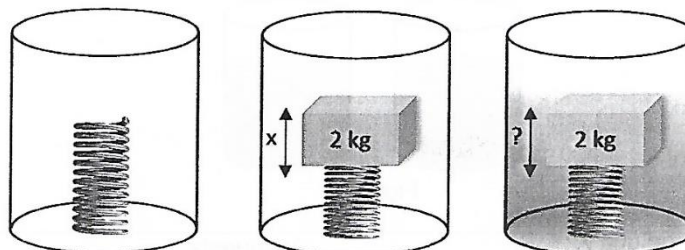


Figura 3

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) La elongación del resorte dependerá de la diferencia de densidad entre el agua y el bloque.
<input type="checkbox"/>	B) El resorte se comprimirá una longitud mayor que $x$ debido a la masa de agua sobre el bloque.
<input type="checkbox"/>	C) El resorte se comprimirá una distancia menor que $x$ debido a que todos los objetos dentro del agua pesan menos que en el aire.
<input checked="" type="checkbox"/>	D) El resorte se comprimirá una distancia menor que $x$ debido al empuje que realiza el agua sobre el bloque.

OTRA:

---



---



---



---



---

Indique si la respuesta elegida ha sido:

Segura/o  Indecisa/o

4. Los submarinos tienen unos compartimientos especiales aislados del resto de la embarcación, que se pueden llenar de agua o de aire, según se quiera que se sumerja o flote. Un submarino tiene una masa de 9000 kg y un volumen de 10 m<sup>3</sup>. Asumiendo que la densidad del mar es de 1000 kg/m<sup>3</sup>, ¿qué masa de agua debe añadirse en los compartimientos para sumergir el submarino?

Figura 4

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) No se debe añadir agua porque ya está sumergido por el peso.
<input type="checkbox"/>	B) Se deben añadir 1000 kg de agua.
<input checked="" type="checkbox"/>	C) Se deben añadir 100 kg de agua.
<input type="checkbox"/>	D) Se deben añadir 8000 kg de agua.

**OTRA:**

---



---



---



---



---

**Indique si la respuesta elegida ha sido:**

Segura/o  Indecisa/o

**Gracias por su colaboración.**



## Anexo 4: Muestra de guía de laboratorio diligenciada

### GUÍA DE LABORATORIO

Colegio: Diosa Chía

Curso: 1101

Integrantes: Karen Martínez  
Cristofer Rojas  
Yuliany Rodríguez S

#### Orientaciones iniciales:

- Designar un integrante del grupo que se encargará de diligenciar la guía.
- Tener disponible una calculadora y una regla.
- Verificar que el grupo cuente con los siguientes elementos que les entregará el profesor:
  - Un vaso plástico desechable.
  - Una jeringa de 10 mililitros.
  - Un marcador de tinta imborrable.
  - Un prisma de plastilina.
  - Una bola de cristal.
  - Una piedra.
  - Una bola de balsa.

#### Para tener en cuenta:

- **Masa (m):** es la medida de la cantidad de materia que contiene un cuerpo; también se puede considerar como medida de la inercia de un objeto. La unidad utilizada para medir la masa en el Sistema Internacional es el kilogramo (kg).
- **Volumen (V):** es una medida del espacio que ocupa un cuerpo. La unidad utilizada para medir el volumen en el Sistema Internacional es el metro cúbico ( $m^3$ ). El volumen de una figura geométrica se calcula como el área de la base por su altura.
- **Peso (W):** es la fuerza que se ejerce sobre un cuerpo debido a la gravedad. La unidad utilizada para medir el peso en el Sistema Internacional es el Newton (N). Se calcula como la masa multiplicada por la constante de aceleración de la gravedad ( $W = m \cdot g$ ).
- **Constante de aceleración de la gravedad (g):** es un valor promedio de la aceleración causada por la gravedad medido en diferentes sitios de La Tierra. El valor es  $9,81 \text{ m/s}^2$ .
- **Densidad ( $\rho$ ):** es una medida de la cantidad de materia contenida en un espacio dado; es la cantidad de masa por unidad de volumen ( $\rho = m / V$ ). La unidad utilizada para medir la densidad en el Sistema Internacional es kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ) aunque es más común usar gramo por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ).

- Densidades de algunos materiales:

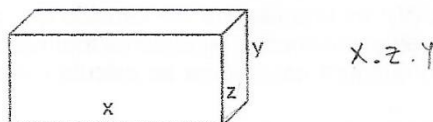
Material	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
<b>Sólidos</b>	
Oro	19,30
Plomo	11,30
Plata	10,50
Aluminio	2,70
Madera de balso	0,12
<b>Líquidos</b>	
Mercurio	13,60
Glicerina	1,26
Leche	1,03
Agua	1,00

- Conversiones básicas:

1 cm <sup>3</sup>	1 mL
1 m <sup>3</sup>	1000 L
1000 g	1 kg
1000 kg/m <sup>3</sup>	1 g/cm <sup>3</sup>
1 Newton	1 kg*m/s <sup>2</sup>

#### Procedimiento:

- Utilizando una regla, determinar el volumen del prisma de plastilina suministrado. Apuntar el valor:



$$x \text{ (cm)} = \underline{4} \quad y \text{ (cm)} = \underline{2} \quad z \text{ (cm)} = \underline{1}$$

$$V \text{ del prisma (cm}^3\text{)} = \underline{8 \text{ cm}^3}$$

- Llenar un vaso con 100 mL de agua y marcar el nivel del líquido con un marcador.
- Sumergir el prisma de plastilina en el vaso de agua. Observar qué ocurre.
- Marcar el nuevo nivel de agua con el marcador.
- Con la jeringa, sacar el volumen de agua necesario para que se llegue al nivel original de los 100 mL. Medir el volumen de agua retirado y apuntar el volumen:

$$V \text{ del agua retirada (cm}^3\text{)} = \underline{-10 \text{ cm}^3}$$

6. Comparar el volumen del prisma con el del agua retirada. ¿A qué conclusión pueden llegar?

Que es aproximadamente el mismo volumen.

7. Con base en la conclusión anterior, calcule el volumen de la bola de cristal y de la piedra suministradas:

V de la bola de cristal ( $\text{cm}^3$ ) = 7

V de la piedra ( $\text{cm}^3$ ) = 5

8. Si la masa del prisma es 14 gramos y la masa de la bola de cristal es 20 gramos, calcule la densidad de cada uno.

$\rho$  prisma de plastilina ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) =  $1.7 \text{ g}/\text{cm}^3$

$\rho$  bola de cristal ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) =  $2.8 \text{ g}/\text{cm}^3$

$$\rho = \frac{14}{8} = 1.7 \quad \rho = \frac{20}{7} = 2.8$$

0.2.

9. Volver a llenar el vaso hasta la marca de los 100 mL e introducir la bola de balsa. Observar qué ocurre y discutir por qué. Apuntar:

la bola de balsa no se sumerge, queda flotando

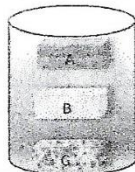
10. Intentar hundir la bola de balsa con los dedos. Apuntar qué ocurre:

se resiste, y al hacer presión con los dedos aumenta el volumen.

11. Revisar en la tabla de densidades cuál es la densidad de la bola de balsa y compararla con la de la plastilina y la de la bola de cristal. Discutir si la densidad tiene que ver con qué un cuerpo flote o se hunda. Apuntar las conclusiones:

Si, porque hay materiales más ligeros que el agua y no se sumergen

12. Dependiendo de su densidad, un cuerpo flotará o se hundirá en un líquido, así:



$$\rho_A < \rho_{\text{liq}}$$

$$\rho_B = \rho_{\text{liq}}$$

$$\rho_C > \rho_{\text{liq}}$$

Discutir si es posible lograr que la misma masa de plastilina del prisma flote en el vaso y cómo se haría. Apuntar las conclusiones:

Si, formando un espacio que almacene agua.

13. Formar con la masa de plastilina entregada una canoa e introducirla en el vaso lleno con los 100 mL de agua. Observar qué ocurre y apuntar:

flota, ya que al cambiar la forma se introduce aire y esto evita que se unda.

14. Medir el volumen desplazado por la canoa utilizando la jeringa.

V del líquido desplazado ( $\text{cm}^3$ ) = 20  $\text{cm}^3$

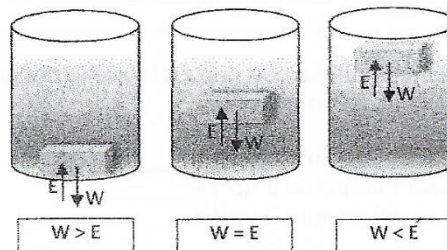
15. Discutir y apuntar por qué razón la canoa flota si la misma masa de plastilina antes se hundía:

porque se introduce aire y su densidad cambia.

16. Comparar el volumen que desplazó el prisma con el volumen desplazado por la canoa. ¿Cuál es mayor?

El volumen de la canoa es mayor, porque se desplaza mayor cantidad de agua.

17. El empuje (E) es la fuerza vertical y hacia arriba que ejerce un fluido hacia un cuerpo, total o parcialmente sumergido en éste. Si el empuje es mayor que el peso (W) del cuerpo, éste flotará; de lo contrario se hundirá.



De acuerdo con la explicación anterior, discutir y apuntar en cuál caso el empuje es mayor: ¿Cuándo se sumergió el prisma o cuando se sumergió la canoa? ¿El peso cambió entre un caso y otro?:

Cuando se sumergió la canoa  
no, el peso no cambia.

18. Calcular el peso de la plastilina, teniendo en cuenta que la masa es 14 gramos.

Peso W (Newton) = 0.1372 N.

$$\frac{0.014}{\times 9.8}$$

0.014

19. ¿Cuál es el empuje mínimo que debe ejercer el líquido sobre la masa de plastilina para que ésta flote?

Empuje mínimo (Newton) = \_\_\_\_\_

20. De acuerdo con el Principio de Arquímedes, el empuje es igual al peso del líquido desplazado por el cuerpo. En términos matemáticos se expresa de la siguiente manera:

*Empuje (E) = Peso del líquido desplazado ( $W_{liq}$ )*

*Empuje (E) = Masa del líquido desplazado ( $m_{liq}$ ) \* g*

*Empuje (E) = Volumen del líquido desplazado ( $m_{liq}$ ) \* Densidad del líquido ( $\rho_{liq}$ ) \* g*

Calcular cuál es el empuje que sufrió la canoa y apuntar.

Empuje sobre la canoa (Newton) = 19.6

21. Discutir qué ocurriría si el líquido del experimento no fuera agua sino glicerina.  
¿El empuje sería mayor o menor? ¿La canoa flotaría más o menos? Apuntar.

Flotaría más ya que la glicerina tiene mayor densidad, el empuje sería menor

---



---

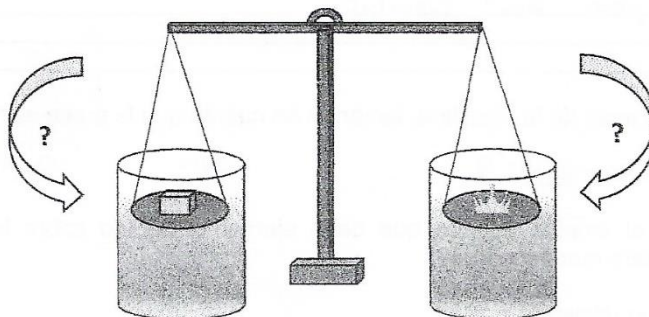
22. Calcular el volumen mínimo que cada integrante del grupo debe desplazar para flotar en una piscina. Apuntar:

Volumen a desplazar Integrante 1 ( $m^3$ ) = \_\_\_\_\_

Volumen a desplazar Integrante 2 ( $m^3$ ) = \_\_\_\_\_

Volumen a desplazar Integrante 3 ( $m^3$ ) = \_\_\_\_\_

23. Pregunta final: Si se tiene una balanza como la de la figura, en la cual los platos están sumergidos en agua, ¿qué ocurriría si se pesa en un lado la corona de Hierón II y en el otro, una cantidad de oro igual a la que le entregaron al artesano para fabricar la corona?




---



---



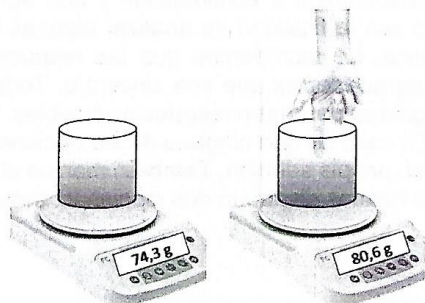
---

## Anexo 5: Muestra de prueba diagnóstica final diligenciada

### PRUEBA DIAGNÓSTICA

El cuestionario que le presentamos a continuación y que agradecemos que nos responda, está elaborado con la finalidad de analizar algunas ideas frecuentes en el campo de la hidrostática. Le recordamos que las respuestas son totalmente anónimas, por lo que le agradecemos que sea sincero/a. Todas las preguntas de este cuestionario, van seguidas por cuatro respuestas posibles. Señale la respuesta que considere correcta. En caso de que ninguna de las opciones se ajuste a lo que usted considera, plantee su propia solución. También marque el grado de seguridad de su respuesta; para ello hemos dispuesto dos opciones: *seguro/a*, *indeciso/a*.

1. Se coloca un vaso de agua sobre una balanza y se anota la medida. Luego se introduce un dedo en el vaso, sumergiéndolo en el agua sin tocar las paredes como se muestra en la Figura 1, se observa que la lectura de la balanza



aumenta. Esto es:

Figura 1

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) Debido al peso del dedo.
<input type="checkbox"/>	B) Debido a que la densidad del dedo es mayor que la del agua.
<input type="checkbox"/>	C) Debido al empuje que ejerce el agua sobre el dedo.
<input checked="" type="checkbox"/>	D) Debido a que sube el nivel del agua, a más volumen de agua más peso.

OTRA:

---



---



---



---



---

Indique si la respuesta elegida ha sido:

Segura/o  Indecisa/o



2. En el vaso del punto anterior (**Figura 1**) dos bloques metálicos exactamente iguales (A y B) se sumergen en agua como se muestra en la figura 2. Podemos afirmar que:

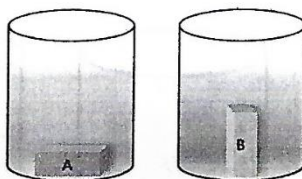


Figura 2

Marque con una X	Respuesta
<input checked="" type="checkbox"/>	A) Ambos bloques desplazan igual volumen de agua puesto que tienen la misma densidad.
<input type="checkbox"/>	B) El bloque A desplaza un volumen mayor de agua puesto que la presión es mayor en su base.
<input type="checkbox"/>	C) El bloque B desplaza un volumen mayor de agua puesto que la presión es menor en su base.
<input type="checkbox"/>	D) El bloque A desplaza un mayor volumen de agua, puesto que ocupa más superficie en el fondo.

**OTRA:**

---



---



---



---



---

**Indique si la respuesta elegida ha sido:**

Segura/o  Indecisa/o

3. Un resorte está unido al fondo de un gran recipiente vacío, con el eje del resorte orientado verticalmente. Un bloque de 2 kg se fija a la parte superior del resorte y lo comprime una distancia  $x$ . A continuación el recipiente se llena de agua hasta el borde (ver Figura 3). Se puede afirmar que al llenar el recipiente:

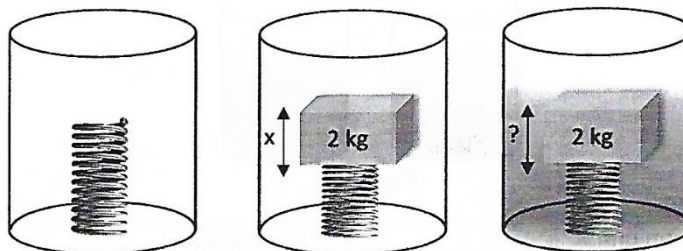


Figura 3

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) La elongación del resorte dependerá de la diferencia de densidad entre el agua y el bloque.
<input type="checkbox"/>	B) El resorte se comprimirá una longitud mayor que $x$ debido a la masa de agua sobre el bloque.
<input checked="" type="checkbox"/>	C) El resorte se comprimirá una distancia menor que $x$ debido a que todos los objetos dentro del agua pesan menos que en el aire.
<input type="checkbox"/>	D) El resorte se comprimirá una distancia menor que $x$ debido al empuje que realiza el agua sobre el bloque.

OTRA:

---



---



---



---



---

Indique si la respuesta elegida ha sido:

Segura/o  Indecisa/o

4. Los submarinos tienen unos compartimientos especiales aislados del resto de la embarcación, que se pueden llenar de agua o de aire, según se quiera que se sumerja o flote. Un submarino tiene una masa de 9000 kg y un volumen de 10 m<sup>3</sup>. Asumiendo que la densidad del mar es de 1000 kg/m<sup>3</sup>, ¿qué masa de agua debe añadirse en los compartimientos para sumergir el submarino?

Figura 4

Marque con una X	Respuesta
<input type="checkbox"/>	A) No se debe añadir agua porque ya está sumergido por el peso.
<input type="checkbox"/>	B) Se deben añadir 1000 kg de agua.
<input type="checkbox"/>	C) Se deben añadir 100 kg de agua.
<input checked="" type="checkbox"/>	D) Se deben añadir 8000 kg de agua.

**OTRA:**

---



---



---



---



---

**Indique si la respuesta elegida ha sido:**

Segura/o  Indecisa/o

**Gracias por su colaboración.**

### Anexo 6: Calificación de la prueba diagnóstica inicial

**Fecha:** 19/10/2017  
**Colegio:** I.E.D. Diosa Chía  
**Tiempo de aplicación:** 10 minutos

Estudiante	Curso	Pregunta 1 Respuesta: C			Pregunta 2 Respuesta: A			Pregunta 3 Respuesta: D			Pregunta 4 Respuesta: B			Calificación promedio por estudiante				
		Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Correcta - Segura	Correcta - Indecisa	Incorrecta - Segura	Incorrecta - Indecisa	Total (%)
Estudiante 1	11-1	C	S	Correcta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	B	S	Correcta - Segura	2	1	1	0	62,5
Estudiante 2	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 3	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	I	Correcta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	1	2	12,5
Estudiante 4	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	B	S	Correcta - Segura	2	0	1	1	50,0
Estudiante 5	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	I	Correcta - Indecisa	C	S	Incorrecta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	2	1	12,5
Estudiante 6	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	0	2	37,5
Estudiante 7	11-1	B	S	Incorrecta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	D	S	Incorrecta - Segura	0	0	3	1	0,0
Estudiante 8	11-1	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 9	11-1	B	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	B	S	Correcta - Segura	2	0	1	1	50,0
Estudiante 10	11-1	B	I	Incorrecta - Indecisa	D	S	Incorrecta - Segura	D	S	Correcta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	1	0	2	1	25,0
Estudiante 11	11-1	C	S	Correcta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	2	0	37,5
Estudiante 12	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 13	11-1	B	S	Incorrecta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	B	S	Correcta - Segura	1	1	2	0	37,5
Estudiante 14	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	D	I	Incorrecta - Indecisa	0	2	0	2	25,0
Estudiante 15	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	C	S	Incorrecta - Segura	1	1	2	0	37,5
Estudiante 16	11-1	C	I	Correcta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Incorrecta - Indecisa	0	2	0	2	25,0
Estudiante 17	11-1	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	0	0	3	25,0

Estudiante	Curso	Pregunta 1 Respuesta: C			Pregunta 2 Respuesta: A			Pregunta 3 Respuesta: D			Pregunta 4 Respuesta: B			Calificación promedio por estudiante				
		Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Correcta - Segura	Correcta - Indecisa	Incorrecta - Segura	Incorrecta - Indecisa	Total (%)
Estudiante 18	11-1	C	I	Correcta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	2	0	2	25,0
Estudiante 19	11-1	B	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	0	0	4	0,0
Estudiante 20	11-1	A	S	Incorrecta - Segura	D	I	Incorrecta - Indecisa	D	S	Correcta - Segura	B	S	Correcta - Segura	2	0	1	1	50,0
Estudiante 21	11-1	A	S	Incorrecta - Segura	A	I	Correcta - Indecisa	D	S	Correcta - Segura	B	S	Correcta - Segura	2	1	1	0	62,5
Estudiante 22	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	0	2	2	0,0
Estudiante 23	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 24	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 25	11-1	C	I	Correcta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	2	0	2	25,0
Estudiante 26	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 27	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 28	11-1	C	I	Correcta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	0	3	0	1	37,5
Estudiante 29	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Incorrecta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	0	1	3	0,0
Estudiante 30	11-1	A	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 1	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	S	Incorrecta - Segura	B	I	Correcta - Indecisa	0	1	2	1	12,5
Estudiante 2	11-2	C	I	Correcta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	1	1	2	0	37,5
Estudiante 3	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	0	1	1	2	12,5
Estudiante 4	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 5	11-2	C	I	Correcta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 6	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	0	0	3	25,0
Estudiante 7	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 8	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	2	0	2	0	50,0
Estudiante 9	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	1	1	37,5

Estudiante	Curso	Pregunta 1 Respuesta: C			Pregunta 2 Respuesta: A			Pregunta 3 Respuesta: D			Pregunta 4 Respuesta: B			Calificación promedio por estudiante				
		Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Correcta - Segura	Correcta - Indecisa	Incorrecta - Segura	Incorrecta - Indecisa	Total (%)
Estudiante 10	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	A	I	Correcta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	1	2	12,5
Estudiante 11	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	I	Correcta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	0	2	1	1	25,0
Estudiante 12	11-2	A	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	D	I	Incorrecta - Indecisa	1	0	2	1	25,0
Estudiante 13	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	D	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	0	1	2	25,0
Estudiante 14	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 15	11-2	B	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	B	S	Correcta - Segura	2	0	0	2	50,0
Estudiante 16	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	0	2	1	25,0
Estudiante 17	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	D	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	0	1	3	0,0
Estudiante 18	11-2	C	I	Correcta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 19	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	0	3	0	1	37,5
Estudiante 20	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	A	S	Incorrecta - Segura	0	2	1	1	25,0
Estudiante 21	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 22	11-2	B	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Incorrecta - Segura	1	0	1	2	25,0
Estudiante 23	11-2	B	I	Incorrecta - Indecisa	C	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	D	I	Incorrecta - Indecisa	0	0	2	2	0,0
Estudiante 24	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	D	S	Correcta - Segura	B	S	Correcta - Segura	2	0	2	0	50,0
Estudiante 25	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	0	0	4	0	0,0
Estudiante 26	11-2	C	S	Correcta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	C	S	Incorrecta - Segura	1	1	1	1	37,5
Estudiante 27	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 28	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	1	0	2	37,5
Estudiante 29	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	0	1	2	25,0
Estudiante 30	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	S	Incorrecta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	0	1	3	0,0

### Anexo 7: Calificación de la prueba diagnóstica final

**Fecha:** 20/10/2017

**Colegio:** I.E.D. Diosa Chía

**Tiempo de aplicación:** 10 minutos

Estudiante	Curso	Pregunta 1 Respuesta: C			Pregunta 2 Respuesta: A			Pregunta 3 Respuesta: D			Pregunta 4 Respuesta: B			Calificación promedio por estudiante				
		Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Correcta - Segura	Correcta - Indecisa	Incorrecta - Segura	Incorrecta - Indecisa	Total (%)
Estudiante 1	11-1	B	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	B	S	Correcta - Segura	2	0	1	1	50,0
Estudiante 2	11-1	B	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	2	0	2	0	50,0
Estudiante 3	11-1	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	B	I	Correcta - Indecisa	3	1	0	0	87,5
Estudiante 4	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	B	I	Correcta - Indecisa	0	1	1	2	12,5
Estudiante 5	11-1	C	S	Correcta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	2	0	1	50,0
Estudiante 6	11-1	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	D	S	Incorrecta - Segura	2	1	1	0	62,5
Estudiante 7	11-1	B	I	Incorrecta - Indecisa	D	S	Incorrecta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	0	1	3	0,0
Estudiante 8	11-1	B	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Incorrecta - Segura	1	0	2	1	25,0
Estudiante 9	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	0	1	2	25,0
Estudiante 10	11-1	C	S	Correcta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	B	S	Correcta - Segura	2	0	2	0	50,0
Estudiante 11	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 12	11-1	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	B	S	Correcta - Segura	3	0	0	1	75,0
Estudiante 13	11-1	A	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	2	0	2	0	50,0
Estudiante 14	11-1	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	B	S	Correcta - Segura	4	0	0	0	100,0

Estudiante	Curso	Pregunta 1 Respuesta: C			Pregunta 2 Respuesta: A			Pregunta 3 Respuesta: D			Pregunta 4 Respuesta: B			Calificación promedio por estudiante				
		Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Correcta - Segura	Correcta - Indecisa	Incorrecta - Segura	Incorrecta - Indecisa	Total (%)
Estudiante 15	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	1	0	3	0	25,0
Estudiante 16	11-1	A	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 17	11-1	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	2	0	1	1	50,0
Estudiante 18	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	0	3	1	0,0
Estudiante 19	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 20	11-1	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	3	0	1	0	75,0
Estudiante 21	11-1	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	3	0	1	0	75,0
Estudiante 22	11-1	C	I	Correcta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	D	S	Incorrecta - Segura	1	1	1	1	37,5
Estudiante 23	11-1	B	S	Incorrecta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	D	S	Correcta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	1	0	3	0	25,0
Estudiante 24	11-1	A	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	1	0	3	0	25,0
Estudiante 25	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	B	S	Correcta - Segura	1	1	2	0	37,5
Estudiante 26	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	0	2	2	0	25,0
Estudiante 27	11-1	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	2	1	0	50,0
Estudiante 28	11-1	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	2	0	0	2	50,0
Estudiante 29	11-1	C	S	Correcta - Segura	A	I	Correcta - Indecisa	B	S	Incorrecta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 30	11-1	B	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	0	0	4	0,0
Estudiante 1	11-2	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	C	S	Incorrecta - Segura	2	1	1	0	62,5
Estudiante 2	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	0	0	4	0	0,0
Estudiante 3	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	D	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	1	2	12,5
Estudiante 4	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	0	0	4	0	0,0
Estudiante 5	11-2	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	B	S	Correcta - Segura	3	0	1	0	75,0



Estudiante	Curso	Pregunta 1 Respuesta: C			Pregunta 2 Respuesta: A			Pregunta 3 Respuesta: D			Pregunta 4 Respuesta: B			Calificación promedio por estudiante				
		Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Correcta - Segura	Correcta - Indecisa	Incorrecta - Segura	Incorrecta - Indecisa	Total (%)
Estudiante 6	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	D	S	Incorrecta - Segura	1	0	2	1	25,0
Estudiante 7	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	B	S	Correcta - Segura	1	0	2	1	25,0
Estudiante 8	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	B	S	Correcta - Segura	1	0	3	0	25,0
Estudiante 9	11-2	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	3	0	0	1	75,0
Estudiante 10	11-2	C	I	Correcta - Indecisa	A	I	Correcta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	3	0	1	37,5
Estudiante 11	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	0	0	4	0	0,0
Estudiante 12	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	0	0	4	0	0,0
Estudiante 13	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	B	S	Correcta - Segura	3	0	1	0	75,0
Estudiante 14	11-2	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	B	S	Correcta - Segura	3	0	1	0	75,0
Estudiante 15	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 16	11-2	C	I	Correcta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	3	0	0	62,5
Estudiante 17	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	I	Correcta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	2	1	1	25,0
Estudiante 18	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	1	0	3	12,5
Estudiante 19	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	A	I	Correcta - Indecisa	D	I	Correcta - Indecisa	C	I	Incorrecta - Indecisa	0	2	1	1	25,0
Estudiante 20	11-2	C	S	Correcta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	0	2	37,5
Estudiante 21	11-2	D	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	C	S	Incorrecta - Segura	1	1	1	1	37,5
Estudiante 22	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	B	I	Correcta - Indecisa	1	1	1	1	37,5
Estudiante 23	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	0	1	2	25,0
Estudiante 24	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	D	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	B	S	Correcta - Segura	1	0	3	0	25,0
Estudiante 25	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	B	S	Correcta - Segura	3	0	1	0	75,0
Estudiante 26	11-2	B	I	Incorrecta - Indecisa	A	S	Correcta - Segura	A	S	Incorrecta - Segura	C	S	Incorrecta - Segura	1	0	2	1	25,0

Estudiante	Curso	Pregunta 1 Respuesta: C			Pregunta 2 Respuesta: A			Pregunta 3 Respuesta: D			Pregunta 4 Respuesta: B			Calificación promedio por estudiante				
		Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Respuesta	Seguridad	Calificación	Correcta - Segura	Correcta - Indecisa	Incorrecta - Segura	Incorrecta - Indecisa	Total (%)
Estudiante 27	11-2	B	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	A	I	Incorrecta - Indecisa	A	I	Incorrecta - Indecisa	1	0	1	2	25,0
Estudiante 28	11-2	A	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	B	S	Correcta - Segura	3	0	1	0	75,0
Estudiante 29	11-2	C	S	Correcta - Segura	A	S	Correcta - Segura	D	S	Correcta - Segura	B	S	Correcta - Segura	4	0	0	0	100,0
Estudiante 30	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	B	S	Incorrecta - Segura	D	I	Correcta - Indecisa	B	S	Correcta - Segura	1	1	2	0	37,5
Estudiante 31	11-2	D	S	Incorrecta - Segura	A	S	Correcta - Segura	C	I	Incorrecta - Indecisa	D	S	Incorrecta - Segura	1	0	2	1	25,0