

## Aula invertida como estrategia didáctica para propiciar el aprendizaje conceptual de la Mecánica de Fluidos de Física General en el nivel superior

### Flipped classroom as a didactic strategy to promote conceptual learning of Fluid Mechanics of General Physics at higher education

G. PERDOMO-GARCÍA<sup>1</sup> | A. GALO-ROLDÁN<sup>2</sup>

*Recibido: 31 de enero de 2020 / Aceptado: 4 de junio de 2020*

El propósito del presente artículo es presentar los resultados que sustentan la efectividad del aula invertida en la movilización de conocimiento para el aprendizaje de conceptos de mecánica de fluidos de los estudiantes de Física en el nivel superior. Razón por la que se determina la evolución que experimentan las ideas previas de los estudiantes sobre conceptos relacionados con la mecánica de fluidos, el nivel de aprendizaje de conceptos adquirido por estos educandos después de abordar la unidad mecánica de fluidos mediante la estrategia didáctica de aula invertida, así como el grado de aprobación de los alumnos con respecto al desarrollo y aplicación de esta metodología didáctica. Se precisa la evolución y el nivel aprendizaje de conceptos con el factor de concentración de Bao y la ganancia normalizada de Hake. Encontrando una efectividad media de esta metodología, representada por un valor de 0.59 de ganancia normalizada de Hake.

The main purpose of this article is to present the results that support the effectiveness of the flipped classroom in the mobilization of knowledge for the learning of fluid mechanics concepts of Physics students at the higher level. Reason why it is determined the evolution experienced by students' previous ideas on concepts related to fluid mechanics, the level of learning of concepts acquired by these students after addressing the fluid mechanics unit through the inverted classroom teaching strategy of, as well as the degree of approval of the students regarding the development and application of this teaching methodology. The evolution and learning level of concepts are presiced with the Bao concentration factor and Hake's normalized gain. Finding way a mean effectiveness of this methodology, represented by a value of 0.59 of Hake's normalized gain.

#### PALABRAS CLAVES

Aula invertida, aprendizaje conceptual, evolución o cambio conceptual, Mecánica de fluidos

#### KEYWORDS

Flipped classroom, conceptual learning, conceptual evolution or change, Fluid Mechanics

<sup>1</sup>Instituto Irene Angélica Olivera. Orocuina, Choluteca (Honduras). email: grevilperdomo4@gmail.com

<sup>2</sup>Escuela de Física, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de Honduras email: alejandrogalaroldan@gmail.com

\* Esta obra está bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial 4.0 Internacional 

\* This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. 

## I | INTRODUCCIÓN

La hidrostática y la hidrodinámica aportan conceptos claves para el desarrollo de conocimiento de mayor jerarquía que permiten comprender y explicar una amplia variedad de fenómenos naturales, pero la comprensión de estos conceptos, no ha sido una tarea fácil incluso para los hombres de ciencia que se dedicaron a comprender la naturaleza y comportamiento de los fluidos, lo que trae como consecuencia la adquisición de ideas alternativas sobre dichos principios, después de la enseñanza de esta temática. Como ejemplo, investigadores han puesto de manifiesto que las consecuencias del principio de Arquímedes y Pascal, la relación entre las variables presión estática y rapidez del flujo expresada por la ecuación de Bernoulli no son aprendidas con facilidad por los estudiantes (Barral (1990); Barbosa (2013)).

Al considerar el motivo de la existencia de las dificultades para la comprensión de dichos conceptos, (Mazzitelli, Maturano, Núñez, y Pereira (2017)), argumentan que la razón relacionada con el empuje, considerado como concepto clave para entender la flotación es que es una fuerza y generalmente los estudiantes tienen dificultades con este concepto.

Barbosa comenta que el estudiante piensa que si un flujo se mueve rápidamente, tiene más presión que cuando se movía lentamente. En este caso el modelo cognitivo del estudiante que lo hace pensar así está asociado con la creencia de que la fuerza es lo mismo que velocidad y similar a la presión. De igual manera el conceptuar que una menor área de un tubo de corriente implica mayor presión por el hecho de observar que el fluido aumentó su rapidez Barbosa (2013).

Estas simples concepciones sobre presión y profundidad; flotación; presión y velocidad, que adquieren algunos estudiantes durante su proceso de aprendizaje de conceptos las mantienen o las adoptan como su postura final y no se convencen por las demostraciones de sus compañeros, de que estas son erróneas (Corona, Slisko, y Meléndez (2007)).

Esta persistencia de aferrarse a los conceptos equívocos, plantea la necesidad de buscar nuevas alternativas de enseñanza y aplicarlas en este campo. La propuesta consiste en utilizar el modelo de aula invertida para verificar su efectividad en la movilización de conocimientos. Para tal fin se hace uso del enfoque cuantitativo con alcance descriptivo y un diseño cuasi experimental.

## II | REFERENTES TEÓRICOS

### 1 | Aula invertida

A pesar de ser la educación una ciencia no madura según Thomas Kuhn, ha desarrollado varios paradigmas. Uno de ellos ha tratado de darle al estudiante un rol activo dentro del proceso de enseñanza aprendizaje. Este paradigma es el constructivismo (T. (1962)).

Entonces, al ser el aula invertida un patrón didáctico atractivo y novedoso que le da vuelta al modelo tradicional de enseñanza al lograr la motivación del estudiante para que asuma un papel activo dentro del proceso de aprendizaje, es pertinente afirmar que este modelo didáctico se apoya en el paradigma constructivista.

Por lo tanto, los fundamentos del aula invertida están en los diferentes argumentos de base psicológica

sobre el aprendizaje centrado en el estudiante, como son las conocidas teorías de Piaget, Vygotsky, Bruner y Ausubel.

### **1.1 | Antecedentes**

Son varios los métodos con otros nombres y modelos parecidos, los que han dado origen a lo que Aaron Sams y Jon Bergmann llamaron Flipped Classroom (FC) en el año 2007. Baker en su notoria conferencia de Florida publicada en el año 2000 instituyó el modelo de la Flipped Learning (FL) que llevaba empleando desde 1995 (Baker (2000)).

En los años 90, Eric Mazur, físico en la Universidad de Harvard, había empezado a usar un método parecido al que llamó “Peer Instruction” (Instrucción entre pares), (Johnson y Renner (2012)). Poco más o menos a la vez que Baker; Lague, Platt y Treglia (Baker (2000)) diseñaron e instauraron un modelo parecido que llamaron “The Inverted Classroom”.

Strayer inició estudiando los efectos de la “Classroom flip” en 2001 con sus alumnos de matemáticas y estadística, en una clase tradicional y otra con el modelo FL. Sus estudios resaltaban la innovación y cooperación que percibía su estudiantado con el nuevo modelo y la importancia de la coordinación de las actividades fuera y dentro de clase (Strayer (2007)).

Bajo la misma dinámica Day y Foley realizaron un estudio con alumnos de postgrado. Sus conclusiones decían que la metodología FL incrementaba los logros de los estudiantes resultando con mejores calificaciones en todas las tareas y exámenes al finalizar el curso. El estudio lo concluían haciendo referencia a que no encontraban razones para pensar que sus resultados no pudieran ser similares en otros contextos y en otros niveles educativos (Day y Foley (2006)).

Pero definitivamente, los autores que han popularizado el concepto, han sido los profesores Aaron Sams y Jonathan Bergmann del instituto Woodland Park de Colorado (EEUU). Quienes en 2008, iniciaron grabando vídeos de sus clases de química para aquellos estudiantes que no habían podido asistir de manera presencial y los pusieron a disposición en Internet mediante vodcast. Sus alumnos podían ver estos vídeos antes de clase realizaban experimentos y prácticas durante las clases presenciales, donde los profesores paseaban por el aula viendo los progresos de su alumnado y resolviendo las dudas que surgían (Bergmann y Sams (2009)).

Por último, la enorme contribución multimedia a este modelo didáctico y otros, la ha puesto la KhanAcademy con un repositorio online de más de 4300 vídeos y lecciones de matemáticas, biología, química, física, finanzas o historia, que permite aprender de manera autónoma y donde podemos ver nuestro propio progreso o el de nuestros estudiantes (Tucker (2012)).

Desde ese momento hasta nuestros días, son muchos los profesionales que de manera permanente o esporádica han aplicado este modelo en sus clases y actualmente, The Flipped Learning Network, cuenta con unos 12000 profesionales de todas las áreas y niveles que aplican la metodología FL en sus clases y que comparten sus experiencias en la red.

No obstante, aunque el fenómeno está cobrando cada vez un mayor interés y su estudio comienza a sistematizarse desde algunos grupos de investigación consolidados y proyectos abiertos a la participa-

ción, como el desarrollado por Javier Tourón y Alicia Díez (Universidad de Navarra), Raúl Santiago (Universidad de La Rioja) y Hugo Vázquez (Colegio Menesiano Madrid), la literatura en el campo de la enseñanza de la física universitaria en Honduras no reporta estudios que analicen la eficacia del método de aula invertida en la comprensión conceptual de la mecánica de fluidos (Tourón y Santiago (2015)).

## 1.2 | Definición del término aula invertida

Aula invertida es definida por Bergmann y Sams (como se citó en Tourón y Santiago) como un sistema que invierte el método tradicional de enseñanza, llevando la instrucción directa fuera de la clase y utilizando el tiempo de la misma para facilitar y potenciar otros procesos de adquisición y práctica de conocimientos dentro del aula (Tourón y Santiago (2015)).

La Flipped Learning Network (FLN) publicó una nueva definición del término cuya traducción sería: La enseñanza inversa es un enfoque pedagógico en el que la instrucción directa se desplaza del espacio del aprendizaje en grupo al espacio del aprendizaje individual, como resultado de ello, el espacio del grupo se transforma en un ambiente de aprendizaje dinámico e interactivo, en el que el educador guía a los estudiantes mientras éstos aplican los conceptos y se implican creativamente en la materia. (Network (2014))

Por un lado, vemos cómo el término evoluciona, y la definición del modelo pasa de ser Flipped Classroom (aula invertida) a convertirse en Flipped Learning (enseñanza invertida o inversa) debido a la intencionalidad intrínseca del modelo metodológico.

No basta con que el estudiantado vea videos, realice determinadas lecturas o resuelva determinados problemas o cuestionarios en casa (Flipped Classroom), si el tiempo de clase no se emplea de la manera adecuada y con la intencionalidad que promueve el modelo (Flipped Learning). Es decir, es posible implantar un modelo de FC sin llegar a producirse la Flipped Learning (FL).

## 1.3 | Metodologías utilizadas con aula invertida para el aprendizaje de conceptos

Como se ha mencionado anteriormente, el aula invertida o modelo invertido de aprendizaje, pretende invertir los momentos y roles de la enseñanza tradicional, donde la explicación magistral, pueda ser atendida en horas extra-clase por el estudiante mediante herramientas multimedia; de manera que las tareas, puedan ser ejecutadas en el aula a través de métodos interactivos de trabajo colaborativo, aprendizaje basado en problemas (ABP) y realización de proyectos (Martínez, Esquivel, y Martínez (2015)).

A manera de ejemplo, metodologías de trabajo colaborativo que pueden ser utilizados en aula invertida y que han recibido validaciones de estrella, plata, bronce y basado en la investigación por la PhysPort (portal de Física Educativa) por su eficacia en el aprendizaje de conceptos son: *peer instruction* y simulaciones PhET, entre otras.

## 2 | Aprendizaje conceptual, ideas previas y evolución conceptual

Para establecer una definición de aprendizaje conceptual, para los efectos de este trabajo, es preciso tomar en consideración la importancia que, dentro de las teorías de Ausubel y del esquema, se concede a la movilización de ideas generales de gran estabilidad a las que hay que conectar la información que

se presenta al alumno. De ahí que los conceptos científicos se pueden introducir relacionándolos con otros más generales. La presión manométrica, por ejemplo, se aborda con relación al concepto más general de presión.

Por tanto, el aprendizaje de conceptos científicos resulta de la interacción entre las ideas que ya posee el estudiante y la información científica que se le presenta. Así el estudiante activa esquemas que le permiten asimilar la información para lograr la comprensión de los conceptos científicos, es decir, alcanzar un aprendizaje significativo de dichos conceptos. Por lo que es vital prestar considerable cuidado a las ideas previas.

Pero, ¿por qué proporcionar mucha atención a las ideas previas para el aprendizaje de conceptos? La investigación relacionada con las ideas previas data de los años setenta y ha puesto ampliamente de realce su importancia en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Por ser consideradas como un mecanismo de adaptación al medio es indispensable tomarlas en cuenta en cualquier ámbito del conocimiento (Bello (2004)).

Durante el proceso de aprendizaje del estudiante estas ideas intuitivas se resisten a ser transformadas, pero esto no significa que no se puedan modificar; son de carácter implícito, puesto que los alumnos las emplean sin que sean conscientes de los esquemas y teorías que utilizan; tienden a estar ligadas al contexto bajo el cual se presenta cierto fenómeno. Además, si los estudiantes encuentran información que contradiga sus esquemas representacionales, les es difícil aceptarla, porque les parece errónea.

Entonces la ignoran, la rechazan, no creen en ella, la reinterpretan a la luz de sus propios esquemas representacionales, o bien, llegan a aceptarla haciendo sólo pequeños cambios en sus concepciones, es decir a conceptos más cercanos a los aceptados por la comunidad científica. A esta transformación se le ha denominado cambio conceptual, desde los años 80 (Mulford y Robinson (2002)).

Según Barón el cambio conceptual comprende la posesión del conocimiento y la regulación del mismo, es decir, su establecimiento, flexibilización y monitoreo constante en forma de planes encaminados a objetivos específicos y sistemáticos. Para lograr tal modificación de los conceptos se debe contar tanto con la maduración biológica como con la experiencia; siendo influenciado el proceso por la práctica, la enseñanza directa, la habituación y el contexto (Barón-Bichernall (2009)).

### **3 | Algunas investigaciones realizadas sobre ideas preconcebidas de los estudiantes en mecánica de fluidos**

A continuación se presentan y describen brevemente algunos de los estudios realizados sobre las ideas previas o preconcepciones de los estudiantes en mecánica de fluidos y los resultados obtenidos.

#### **3.1 | Construcción de conceptos físicos en estudiantes. La influencia del contexto**

Flores C. y Gallegos Cázares, realizaron un estudio donde se establece la influencia del contexto físico en la construcción de las nociones de presión y flotación en los estudiantes del bachillerato, y se muestra cómo en conceptos comunes a dos contextos: líquidos y gases, los estudiantes elaboran representaciones con características distintas. Se muestra, además, que el desarrollo histórico de esos conceptos fue determinado también por esta dependencia del contexto físico (Flores y Cázares (1999)).

En sus conclusiones afirman que en el desarrollo histórico, el contexto físico es un factor importante puesto que permite orientar la representación de las nociones y los problemas fenomenológicos y, así, contribuir a la construcción y precisión de los conceptos. En el momento en que los conceptos físicos van más allá de esta dependencia del contexto físico, es entonces cuando son aplicables a gran generalidad de situaciones.

El concepto de presión analizado es una clara muestra de que si el punto de partida son nociones tan alejadas como el "horror vacuiz algunas más cercanas como el peso del aire, se llega a la formulación de un concepto generalizable en toda circunstancia. Los resultados muestran que si en el contexto interviene el aire, éste es el factor dominante y los estudiantes centran sus explicaciones en las propiedades que le atribuyen. Entre las más importantes está la de ser, el aire, un agente causal, es decir, el aire ejerce acción de empujar o jalar y las direcciones en que esto ocurre estarán determinadas por las condiciones del fenómeno observado.

Es notorio que a pesar de encontrarse en el último año del bachillerato, los alumnos analizados aún no consideran el aire como una sustancia con masa (aunque a preguntas expresas sí lo hacen), lo que les lleva a no tomar en cuenta el peso del aire en sus explicaciones y, por consiguiente, a la presión atmosférica, que fue uno de los pasos importantes hacia fines de la Edad Media para demostrar la existencia del vacío.

La concepción que presentan los alumnos de que el aire empuja podría dar indicios de una idea incipiente sobre presión interna, pero cuando también se le asocia la acción de jalar y establecen direccionalidad a esa acción, esta consideración se torna difusa. Cuando la problemática se centra en el agua, toda la acción se identifica como empujar. Esto les lleva a acercarse a la idea de presión interna. Sin embargo, cabe hacer notar que para los alumnos la presión sigue representando una fuerza con sus atributos vectoriales.

Por ello, no aciertan a interpretar la presión como una entidad abstracta que requiere elaborar la consideración, también abstracta, de una unidad de fluido. Tampoco se tiene presencia en las ideas de los estudiantes de una interpretación molecular que les llevaría, de manera más directa, a interpretar la presión como una acción de las moléculas, en la cual el concepto de fuerza, tan difuso en sus ideas, tendría cabida para explicar la naturaleza de la presión. Con las ideas de los alumnos sobre la presión como fuerza, puede notarse la distancia, que se va haciendo más grande conforme el proceso histórico transcurre, entre el desarrollo de los conceptos físicos y el de construcción de nociones físicas de los estudiantes.

La flotación presenta un panorama distinto donde es claro el reconocimiento de una fuerza o empuje del líquido, o bien una relación entre las densidades del objeto y el líquido (aunque sea considerada de forma inversa). Este caso no se presenta para el aire, puesto que a pesar de que dicen que el aire empuja, esto no está asociado a un fenómeno de flotación, a menos que se trate de gases.

Aquí, como en el caso histórico, parece haber una representación física inducida de manera directa por la experiencia, en cuanto al tipo de interacción requerida para la flotación, en especial la condición de equilibrio. Sin embargo, mientras que en el proceso histórico esta noción de equilibrio es utilizada para formular de manera precisa las relaciones de la flotación y se pasa a la consideración de casos más complejos, en los estudiantes no se lleva más allá y se introducen otros factores a los que se atribuye la flotación de manera poco consistente y confusa.

Así la forma, el volumen, la superficie de contacto y, principalmente, el peso, aparecen como los factores determinantes de la flotación para los alumnos. Esta diversidad no relacionada de factores impide a los alumnos la construcción de una representación funcional única de la flotación. Por otro lado, es importante señalar que no hay vinculación entre el concepto de presión y la flotación tanto en líquidos como en gases. Eso muestra la disociación conceptual que tienen los estudiantes, probablemente debida a la acción escolar.

### **3.2 | Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos**

Mazzitelli, C., Maturano, C., Núñez, G., y Pereira, R. realizan un trabajo en el cual analizan las dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos de EGB 3 (edad promedio 14 años), relacionadas con la flotación de los cuerpos. Éste es un estudio exploratorio que se complementa con una indagación realizada a docentes del mismo nivel educativo, en la cual comprueban que muchos de los problemas detectados en los estudiantes también se presentan en los docentes (Mazzitelli y cols. (2017)).

Los resultados obtenidos confirman los encontrados para las teorías previas de los sujetos en un estudio muy exhaustivo realizado por Baillo y Carretero (1997) en los siguientes aspectos (los resultados obtenidos para estudiantes de edad comparable a la de la muestra utilizada en este estudio):

- El peso se considera como factor esencial en la explicación del fenómeno con escasísima intervención de la relación peso-volumen, en las teorías de los sujetos.
- El volumen (en la mayoría de los casos) no forma parte de los conceptos con los que construyen sus teorías sobre la flotación.
- Sólo los sujetos de mayor edad relacionan el peso y el volumen del objeto (utilizando o no el concepto de densidad) o entre esta relación y la correspondiente en el caso del agua.

### **3.3 | Haciendo ciencia en el aula: Los efectos en la habilidad de falsear diferentes hipótesis sobre la flotación y en las respuestas a la pregunta “¿por qué flotan las cosas?”**

Corona, A., Slisko, J., & Meléndez, J. G. diseñaron una actividad de aula donde estudiantes de secundaria personalmente y grupalmente, tenían que considerar la veracidad de diferentes afirmaciones sobre las causas de la flotación de los cuerpos (por ejemplo, los cuerpos flotan porque pesan poco). A partir de los resultados derivados al formular la pre y la post-hipótesis sobre la flotación de los cuerpos, así, también, de las constataciones realizadas en clase, demostraron que la enseñanza activa de las ciencias produce un significativo desarrollo de la habilidad de evaluar y verificar experimentalmente la veracidad de una hipótesis. También se observó un cambio conceptual en las propias concepciones de los estudiantes sobre la flotación (Corona y cols. (2007)).

Con respecto a los cambios en el aprendizaje conceptual de la flotación, los resultados apuntaron en dos direcciones:

- Por un lado, varios estudiantes son capaces de eliminar sus simples concepciones iniciales (el cuerpo flota por pesar poco o por ser hueco) sin la intervención del maestro.

- Pero, por otro lado, también hay estudiantes que no se convencen por las demostraciones de sus compañeros de que simples concepciones sobre flotación son erróneas y, en consecuencia, las mantienen o las adoptan como su postura final.

Además, se examinaron los textos consultados por docentes y alumnos, encontrando algunas coincidencias con los inconvenientes hallados.

### 3.4 | Errores conceptuales de estudiantes de ingeniería sobre la ecuación de Bernoulli

Recktenwald, Edwards, Howe y Faulkner (2009) realizaron un experimento donde utilizaron un dispositivo que consta de un tubo delgado conectado inmediatamente a otro más grueso por el que se hace pasar un flujo de aire. El objetivo de este ejercicio fue mostrar que la ecuación de Bernoulli es inadecuada para la descripción fenomenológica del flujo a través de dicho sistema bajo ciertas condiciones, en contra de lo que muchos de los alumnos pensaban sobre la supuesta aplicación general de la ecuación de Bernoulli.

### 3.5 | Dificultades conceptuales para la comprensión de la ecuación de Bernoulli

Vega Calderón, Gallegos Cázares, y Flores Camacho, (2017) Realizaron una investigación sobre ideas previas de estudiantes del bachillerato acerca de algunos fenómenos que se explican, cualitativamente, mediante la ecuación de Bernoulli como aproximación. Para ello, a la muestra estudiada de 54 estudiantes (28 mujeres y 26 varones, alrededor de los 18 años) de la Escuela Nacional Preparatoria Plantel 8 Miguel E. Schulz, de la Universidad Nacional Autónoma de México, se le aplicó un cuestionario en el cual se plantearon cuatro casos concernientes a la Dinámica de Fluidos.

Para evaluar las respuestas de los alumnos se construyó un criterio de evaluación, conformado por cinco categorías de clasificación, con el que se delimitaron las explicaciones dentro de las cuales se identificaron sus ideas previas.

Se encontró que estas ideas intuitivas sobre la relación entre las variables presión estática y rapidez del flujo son contrarias a la expresada por la ecuación de Bernoulli.

Para identificar algunas dificultades conceptuales que interfieren en la comprensión de la ecuación de Bernoulli, fue necesario analizar las ideas de los estudiantes acerca del vínculo que hay entre presión estática y rapidez del flujo. Entre las ideas desveladas están:

- El concepto presión tiende a ser tratado como el de fuerza. Asumen que la presión tiene características vectoriales como la fuerza, al suponer que la primera tiene un sentido privilegiado: hacia abajo.
- Pensar que la única presión en el flujo es la estática ( $p$ ).
- La concepción que hay entre presión y espacio. Por ejemplo, fue evidente el empleo de esta idea, al suponer que la presión es mayor en la constricción del conducto (en el cuello del tubo de Venturi, o en la forma cónica que adopta el recipiente inclinado) y que, en consecuencia, la rapidez del flujo es mayor, lo que influye directamente en la comprensión de la ecuación de Bernoulli.

En resumen Vega Calderón, plantean las siguientes sugerencias (Vega-Calderón, Gallegos-Cázares, y Flores-Camacho (2017)):

- A los alumnos les sería más significativo el aprendizaje de la ecuación de Bernoulli si se logra comprender que cada término de esta ecuación representa cierta presión en el flujo que se mide de manera diferente con respecto a la dirección de éste. Posiblemente se evitarían algunas de las ideas previas mostradas por los alumnos, como por ejemplo pensar que la única presión en el flujo es la estática ( $p$ ), la cual a veces ni siquiera es reconocida como tal a causa, posiblemente, del propio desconocimiento de ello por parte de profesores y textos.
- Evitar afirmaciones como conforme la rapidez de flujo aumente, la presión se reducirá, ya que esto puede conducir a malinterpretar fenómenos donde haya flujos no confinados, los cuales no se justifican apropiadamente con la ecuación de Bernoulli, sino considerando otros factores que intervienen en la reducción de la presión estática en esos contextos, como el efecto Coanda (Anderson y Eberhardt, 2001).

### III | METODOLOGÍA

Este Trabajo se desarrolló desde un enfoque cuantitativo. Buscando determinar en qué medida el aula invertida, favorece el aprendizaje conceptual de mecánica de fluidos de estudiantes de educación superior. Se considera que para medir el nivel de conceptualización alcanzado por los estudiantes, así como el grado de aprobación y apreciación de éstos con respecto a la implementación y organización del aula invertida, es favorable el uso de métodos estadísticos.

Esta investigación es de tipo descriptivo, debido a que se recolectaron datos antes y después de la implementación de la estrategia de aula invertida, midiendo de manera independiente las variables con las que se tiene relación, es decir, aprendizaje de conceptos de la mecánica de fluidos y el método didáctico de aula invertida.

El diseño utilizado para realizar dicha investigación es el Cuasi-experimental, debido que no existió ningún control riguroso de las variables. De acuerdo con Hernández, Fernández y Bautista este diseño no reúne los requisitos de un experimento puro, por lo tanto, no tiene validez interna, pero realizan un control mínimo de variables (Sampieri, Collado, y Lucio (2014)).

Así mismo, para el presente estudio la población está conformada por la comunidad estudiantil de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), sede Ciudad Universitaria (C.U.), ubicada en Tegucigalpa Municipio del Distrito Central, que cursan la clase de Física General para Estudiantes de Ciencias e Ingeniería, en el Primer Periodo Académico 2019 de la modalidad presencial.

Debido a la naturaleza de los cuasi-experimentos, la muestra que se seleccionó es no probabilística o dirigida, bajo el método de muestreo intencional o de conveniencia. Se tomó como muestra una sección de 29 estudiantes de la clase de Física General la cual conformó el grupo experimental.

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos son los siguientes:

- a) Pre test, denominado test de mecánica de fluidos (TMF), que se aplicó antes de emplear la estrategia didáctica, para identificar las preconcepciones que tenían los estudiantes sobre la mecánica de fluidos.
- b) Post test (TMF), el cual contenía las mismas preguntas de la preprueba, se aplicó luego de cursar los temas, para estimar el nivel de aprendizaje conceptual de la mecánica de fluidos que adquirieron

los estudiantes de Física General, así como la evolución que experimentaron las ideas previas de estos alumnos.

El test (TMF ver archivo) fue reelaborado a partir de dos tests de selección múltiple con única respuesta, contruidos para medir el aprendizaje conceptual así como identificar ideas alternativas de los estudiantes sobre conceptos relacionados con la presión hidrostática, el principio de Arquímedes en el contexto de la flotación y la presión hidrodinámica de Bernoulli. Uno de estos, denominado test de ley de presión hidrodinámica de Bernoulli (TLPBH), fue diseñado por Barbosa (2013). El otro denotado como test del principio de Arquímedes (TPA) fue diseñando por Melo, Sánchez, Cañada, y Martínez, (Melo, Sánchez, Cañada, y Martínez (2016)).

c) Encuesta (ver archivo), la cual, según Grande y Abascal, es una “técnica primaria de obtención de información sobre la base de un conjunto objetivo, coherente y articulado de preguntas, que garantiza que la información proporcionada por la muestra [...], puede ser analizada mediante métodos cuantitativos y los resultados podrán ser extrapolados” (pág. 243). Se aplicó a estudiantes para documentar la opinión que poseen sobre la organización y desarrollo de la metodología de aula invertida (Grande y Abascal (2005)).

Para el análisis de la información se utilizó una hoja de cálculo para procesar datos. Primero, se generó una matriz general de la totalidad de las respuestas por estudiante del pre test; segundo, se fueron agrupando dichas respuestas, graficando cada ítem para describir a cada. Utilizando el factor de concentración de Bao se determinó el nivel de aprendizaje de conceptos así como el modelo de razonamiento que poseen los estudiantes antes y después de la implementación de la estrategia didáctica. Entonces la evolución del aprendizaje se precisó con:

#### a) Factor de concentración de Bao

Bao y Redisch (Bao y Redish (2001)) sobre un análisis cuantitativo de la forma cómo se distribuyen las respuestas de los estudiantes frente a un test de escogencia múltiple con única respuesta (MCSR), construyeron una medida que da información de esa distribución de respuestas. Definen un factor  $C$ , denominado factor de concentración, como una función de las respuestas de los estudiantes que toman valor en un intervalo de cero a uno  $[0,1]$ , y está dado por

$$C = \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{m}-1} \left( \frac{\sum_{i=1}^n n_i^2}{N} - \frac{1}{\sqrt{m}} \right) \quad (1)$$

donde  $m$  representa el número de elecciones para una pregunta en particular,  $N$  corresponde al número de estudiantes,  $n_i$  es el número de estudiantes que han elegido la respuesta  $i$  de la pregunta. Los promedios de porcentajes de respuestas correctas para cada pregunta muestran la dominancia de la cantidad de modelos conceptuales de esa población.  $C = 0$  corresponde a una selección al azar de respuestas;  $C = 1$  indica que todos los estudiantes seleccionan la misma respuesta.

Si  $C > 0,5$  implica una alta concentración ya que más del de 60% de los estudiantes han seleccionado la misma respuesta. Si  $C$  está entre 0.2 y 0.5 indica que la población posee dos modelos de pensamiento para seleccionar; un valor menor de 0.2 precisa una distribución de por lo menos tres modelos del estudiante o de tendencia al azar. Bao codifica y organiza esta información, de acuerdo con la tabla 1.

Basados en estos regímenes se puede establecer un nivel de codificación para identificar posibles

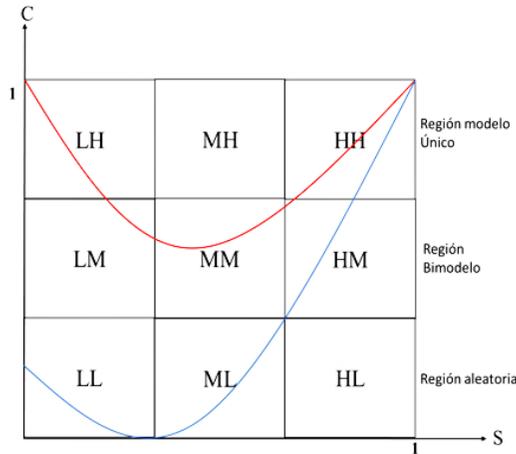


Figura 1: Esquema de Bao por Zonas para identificar el nivel de razonamiento de estudiantes a un test de escogencia múltiple con única respuesta. Bao y Redish (Bao y Redish (2001)).

modelos de pensamiento del estudiante en el aprendizaje de alguna temática de la física. Un resultado de esta codificación es que se puede construir un gráfico (figura 1) de concentración (C) en función del puntaje promedio (S) para cada pregunta y en tal caso ver la evolución del grupo desde un estado inicial (pretest) hasta un estado final, después de la instrucción (postest).

#### b) La ganancia de Hake

Es un estadístico que da cuenta de la evolución del aprendizaje de una población de estudiantes y evita el problema de comparar entre estudiantes que inician un curso mejor preparados que otros. Además, permite determinar si una metodología de enseñanza es efectiva respecto del conocimiento inicial del estudiante (motivo por el que se hizo uso de este estadístico en el presente trabajo). Se define como la razón del aumento de una prueba preliminar (pre) y una prueba final (pos) respecto del máximo aumento posible (Hake (1998)),

$$g = \frac{\langle \text{punteaje}_{\text{pos}} \rangle - \langle \text{punteaje}_{\text{pre}} \rangle}{100 - \langle \text{punteaje}_{\text{pre}} \rangle} \quad (2)$$

Hake concluye en sus investigaciones, que para grupos de estudiantes en los que la instrucción aplicada es del tipo tradicional, la ganancia toma valores menores al 0.3. Para los casos de una instrucción de tipo muy activa con estudiantes trabajando en pares, con tutorías presentes e interactuando docente-estudiante, la ganancia es mayor al 0.3. Por lo que se deduce que una ganancia normalizada, siempre mayor a 0.3 se identifica con una enseñanza que promueve el aprendizaje activo (Tabla 2).

## IV | RESULTADOS

De acuerdo con la ecuación (1), se ha calculado el índice de concentración de Bao para el grupo de 29 estudiantes y se ha analizado los datos con los esquemas de modelado de tres niveles descritos en la tabla 5 y figura 8. La figura 2 y la tabla 3 describen como se concentran las respuestas de la población intervenida en función del puntaje promedio para los 10 ítems del test TMF antes de la aplicación de la

Puntaje(s)	Nivel	Concentración (c)	Nivel
0.0-0.4	Bajo (L)	0.0-0.2	Bajo (L)
0.4-0.7	Medio (M)	0.2-0.5	Medio (M)
0.7-1.0	Alto (H)	0.5-1.0	Alto (H)

Tabla 1: Codificación de concentración propuesta por Bao. Fuente: Bao y Redish (2001: 5).

Ganancia normalizada	Rango
Alta	$0.7 < g \leq 1$
Media	$0.3 < g \leq 0.7$
Baja	$g \leq 0.3$

Tabla 2: Niveles de ganancia normalizada de Hake.

estrategia didáctica de aula invertida y después de la instrucción con la misma (pretest/postest). Cerca de cinco de las diez preguntas van desde la zona de azar (de no saber nada), tal como se muestra en la tabla 3 y figura 2, a la zona de aprendizaje con modelos de pensamiento correcto, propio del consenso de la comunidad científica. Las interrogantes 2, 5 y 9 son las que mejor evolucionan. De la zona de azar el ítem 2 y las interrogantes 5 y 9 de la región de un único modelo erróneo alcanzan la zona de aprendizaje con un solo modelo cognitivo correcto.

Las preguntas: 3 de la zona de azar, 6 de la región bimodelo (ambos incorrectos), que realmente la elección de las dos respuestas incorrectas por la mayoría de estos estudiantes obedece a la presencia de un solo modelo incorrecto; 7, 8 y 10 de la zona de un modelo incorrecto único, evolucionaron a la zona de aprendizaje con dos modelos uno correcto y el otro no. Las preguntas 1 y 4 evolucionaron de la zona bimodelo (uno correcto y otro incorrecto) a la región de un modelo correcto único.

Con los valores del puntaje adquirido por los estudiantes para cada pregunta del pre y postest mostrados en la Tabla 3, se construye la tabla 4, donde se clasifica las respuestas a estas preguntas en categorías y se determina el nivel de aprendizaje conceptual que ha adquirido el estudiante de acuerdo al criterio propuesto por Bao en la tabla 1 para clasificar el puntaje. En las preguntas 1, 2, 4, 5 y 9 el nivel de aprendizaje alcanzado por los estudiantes es alto; en las interrogantes 3, 6, 7, 8 y 10 es medio.

De un nivel bajo de aprendizaje conceptual 8 de estas 10 preguntas con tipos de respuesta LL, LM y LH se desplazan hacia puntuaciones y concentraciones medias y altas, es decir nivel de aprendizaje medio (indicando que un número significativo de estudiantes aún tiene un modelo incorrecto) y alto. En dos de estas preguntas, donde al inicio es visualizado un nivel de aprendizaje medio, los estudiantes de la muestra alcanzan un nivel de aprendizaje alto.

Evidenciando de esta manera que el nivel de aprendizaje de conceptos de mecánica de fluidos antes de la implementación del método de aula invertida es diferente al nivel alcanzado después de dicha aplicación. Situación que es demostrada con el valor promedio obtenido con el estadístico de Bao para ambos momentos e ilustrada en la figura 2, donde se ve un vector de cambio grande hacia la dirección de un puntaje más alto con una mayor concentración, indicando así que los estudiantes en su mayoría prefieren los modelos correctos.

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Pretest	S	0.48	0.38	0.1	0.62	0.24	0.07	0.14	0.10	0.03	0.21
	C	0.24	0.14	0.08	0.33	0.53	0.24	0.55	0.54	0.56	0.51
		MM	LL	LL	MM	LH	LM	LH	LH	LH	LH
Postest	S	0.76	0.72	0.59	0.93	0.79	0.59	0.55	0.59	0.72	0.62
	C	0.56	0.53	0.29	0.87	0.62	0.36	0.35	0.34	0.55	0.42
		HH	HH	MM	HH	HH	MM	MM	MM	HH	MM

Tabla 3: Puntaje y valores de concentración para las 10 preguntas del TMF con datos previos y posteriores a la aplicación del método aula invertida.

Nivel de aprendizaje	Bajo				Medio		Alto	
	LL	LM	LH	ML	MM	MH	HH	
Pretest								5
								7
			2,3	6	8	1,4		
								9
								10
Preguntas								
Postest								3
								6
								7
								8
							10	
							9	

Tabla 4: Nivel de aprendizaje y categoría de los tipos de respuesta de pre y post instrucción del estudiante.

Basados en la ecuación (2) se calcula la ganancia normalizada de Hake en función del promedio del pretest, como se precisa en la tabla 5, con datos recogidos con el test de TMF. En este caso, el valor de 0.59 de ganancia que se obtuvo cae dentro del rango medio esperado.

Resultado que está en consonancia con la evolución de aprendizaje predicha por el valor calculado para el factor de concentración de Bao cuando los estudiantes pasan de una zona de bajo aprendizaje conceptual con preferencia nula por algún modelo cognitivo a una zona de aprendizaje medio con dos modelos de pensamiento uno correcto y el otro incorrecto.

Esta coincidencia de resultados obtenida con ambas pruebas estadísticas se puede interpretar como que la metodología empleada de aula invertida tiene una efectividad media para lograr que la población intervenida logre su aprendizaje de conceptos. Es decir, no se puede asegurar que ciertamente remueva preconcepciones, pero tampoco cae en los rangos de baja efectividad, como reporta Hake respecto de la metodología tradicional.

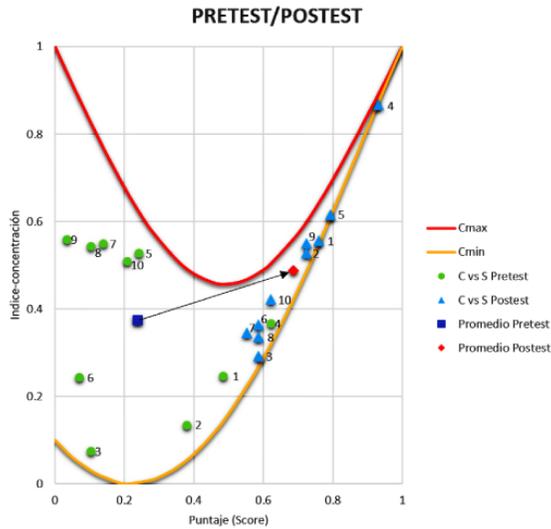


Figura 2: Índice de Concentración de Bao en Función del Puntaje Promedio para las 10 Preguntas pretest/postest del test Mecánica de Fluidos.

Medidas estadísticas	Valor
Promedio del pretest	0.24
Desviación estándar	0.20
Promedio del postest	0.69
Desviación estándar	0.12
Ganancia normalizada de Hake	0.59
Desviación estándar	0.11

Tabla 5: Datos estadísticos sobre la población de 29 estudiantes.

Las respuestas de los estudiantes a ciertos ítems de la encuesta, que evidencia su grado de aprobación con respecto a la organización y desarrollo del aula invertida para abordar la unidad mecánica de fluidos de Física General, son descritas mediante los gráficos de las Figuras 3, 4, 5, 6.

## V | CONCLUSIONES

Luego de aplicada la estrategia didáctica para abordar la temática referente a la mecánica de fluidos se concluye que:

- El conocimiento de los estudiantes sobre conceptos de la mecánica de fluidos evolucionó desde un estado nulo es decir que estos alumnos respondieron a cada propuesta de manera aleatoria u obediendo a más de dos modelos de pensamiento, a un estado de aprendizaje medio o sea donde una proporción de los estudiantes responde de forma acertada y otra cantidad significativa posee un modelo

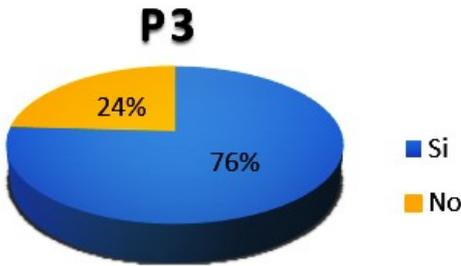


Figura 3: Simpatía de los estudiantes a recibir las lecciones a través de video tutoriales.

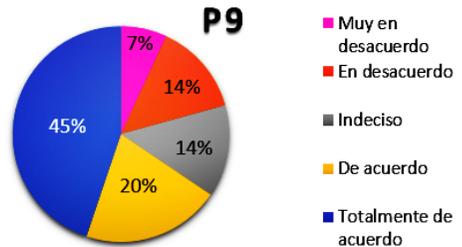


Figura 4: Reacciones a la interrogante referente a si las simulaciones Phet contribuyeron a alcanzar un aprendizaje significativo de conceptos.

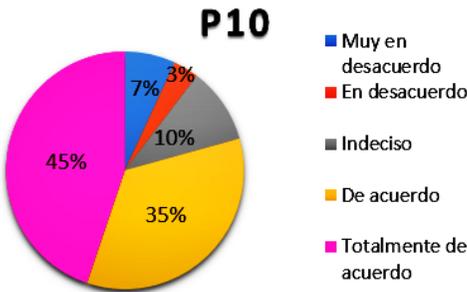


Figura 5: Posicionamientos con respecto a si la actividad de discusión entre pares facilitó el aprendizaje de los estudiantes.

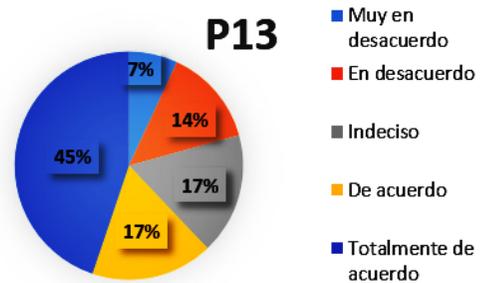


Figura 6: Simpatía de los estudiantes ante la idea de desarrollar el contenido de otras asignaturas utilizando aula invertida.

de pensamiento incorrecto.

- El aprendizaje obtenido por los estudiantes del grupo experimental luego de ser aplicada la estrategia didáctica de aula invertida, se posiciona en los niveles medio y alto, es decir que un significativo número de alumnos responde a situaciones fenomenológicas específicas referentes a mecánica de fluidos de acuerdo a modelos de pensamiento correctos, propios del consenso de la comunidad científica.

- Los estudiantes del grupo experimental en su mayoría afirma haberles gustado recibir lecciones a través de video-tutoriales e indican que el uso de simulaciones Phet les ayudó en la construcción de conceptos. Además aseveran que dicho proceso de aprendizaje conceptual fue facilitado por las actividades de discusión en grupo y que el desarrollo de la clase presencial fue excelente, por tal razón califican esta metodología como dinámica, innovadora, atractiva y les gustaría que se empleara en el desarrollo de los temas en otras clases. Por lo tanto se afirma que la organización y desarrollo de este modelo didáctico tuvo un alto grado de aprobación y apreciación por parte de estos alumnos.

## I REFERENCIAS

- Anderson, D., y Eberhardt, S. (2001). *Understanding flight*. McGraw-Hill.
- Baker, J. W. (2000). The “classroom flip”: Using web course management tools to become the guide by the side. *11th International Conference on College Teaching and Learning*, 9-17.
- Bao, L., y Redish, E. F. (2001). Concentration analysis: a quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics*(69), 45-53.
- Barbosa, L. H. (2013). Construcción, validación y calibración de un instrumento de medida del aprendizaje: Test de ley de Bernoulli. *Revista Educación En Ingeniería*(8), 24-37.
- Barral, F. M. (1990). ¿cómo flotan los cuerpos que flotan? concepciones de los estudiantes. *Enseñanza de las ciencias*(8), 244-250.
- Barón-Bichernall, L. F. (2009). Introducción al cambio conceptual. *Revista Iberoamericana de Psicología*(2), 75-83.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*(15), 210-217.
- Bergmann, J., y Sams, A. (2009). Remixing chemistry class: Two Colorado teachers make vodcasts of their lectures to free up class time for hands-on activities. *Learning & Leading With Technology*(36), 22-27.
- Corona, A., Slisko, J., y Meléndez, J. (2007). Haciendo ciencia en el aula: Los efectos en la habilidad de falsear diferentes hipótesis sobre la flotación y en las respuestas a la pregunta “¿por qué le flotan las cosas?”. *Learning & Leading With Technology*(1), 44-50.
- Day, J., y Foley, J. (2006). Evaluating web lectures: A case study from HCI. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 195-200.
- Flores, C., y Cázares, L. G. (1999). Construcción de conceptos físicos en estudiantes. la influencia del contexto. *Perfiles Educativos*(86).
- Grande, I., y Abascal, E. (2005). *Análisis de encuestas*. ESIC EDITORIAL.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*(66), 64-74.
- Johnson, L., y Renner, J. (2012). Effect of the flipped classroom model on a secondary computer applications course: student and teacher perceptions, questions and student achievement. *Tesis Doctoral, University of Louisville, Louisville*.
- Martínez, W., Esquivel, I., y Martínez, J. (2015). Aula invertida o modelo invertido de aprendizaje: origen, sustento e implicaciones.
- Mazzitelli, C., Maturano, C., Núñez, G., y Pereira, R. (2017). Identificación de dificultades conceptuales y procedimentales de alumnos y docentes de EGB sobre la flotación de los cuerpos. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*(3), 33-50.
- Melo, L., Sánchez, R., Cañada, F., y Martínez, G. (2016). Dificultades del aprendizaje sobre el principio de Arquímedes en el contexto de la flotación. *Brasileira de Ensino de Física*(38), e4401-1-e4401-20.
- Mulford, D., y Robinson, W. (2002). An inventory for alternate conceptions among first semester general chemistry students. *Journal of Chemical Education*(79), 739-744.
- Network, F. L. (2014). Definition of flipped learning.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., y Lucio, P. B. (2014). *Metodología de investigación*. McGraw-Hill.
- Strayer, J. (2007). The effects of the classroom flip on the learning environment: A comparison of learning activity in a traditional classroom and a flip classroom that used an intelligent tutoring system. *Tesis de doctorado, The Ohio State University, Columbus*.
- T., K. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tourón, J., y Santiago, R. (2015). El modelo flipped learning y el desarrollo del talento en la escuela. *Revista de Educación*(368), 196-231.
- Tucker, B. (2012). The flipped classroom. *Education Next*(12), 82-83.
- Vega-Calderón, F., Gallegos-Cázares, L., y Flores-Camacho, F. (2017). Dificultades conceptuales para la comprensión de la ecuación de Bernoulli. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*(14), 339-352.