



La ley de presión hidrodinámica y el aprendizaje activo

Adrián Real Bustos

Luis Hernando Barbosa, profesor del Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad Central, es licenciado en Física de la Universidad Pedagógica Nacional, magíster en Ciencias Físicas de la Universidad Nacional y doctor de Ciencias en Física Educativa del Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (Cicata) y el Instituto Politécnico Nacional de México (IPN).

En su doctorado, el profesor Barbosa desarrolló la investigación “Un modelo de aprendizaje activo de la ‘ley de presión hidrodinámica de Bernoulli con experimentos discrepantes’ en estudiantes de ingeniería”. Hablamos con él acerca de esta.

*¿Qué es la ecuación de Bernoulli?
¿Por qué es importante?*

La ecuación de Bernoulli es una regularidad, una cosa que acontece muy a menudo, bajo ciertas situaciones del fenómeno. Si uno siempre tiene las mismas condiciones, siempre sucede ese fenómeno. Entonces, ¿por qué es importante la ecuación de Bernoulli?, [...] porque con ella se pueden explicar muchas cosas, como, por ejemplo, el origen de la voz o cómo funciona un atomizador. Porque es importante que, cuando el ingeniero vaya a diseñar el edificio, tenga presente que cuando la corriente de aire pega en el frente de la edificación, puede producir baja depresión, y, si no la tiene en cuenta, se caen o dañan los frentes de los edificios.

¿Para qué sirve esta ecuación?

La ecuación sirve para explicar el tiro con chanfle de Roberto Carlos, cuando hace gol en el Mundial de Francia 98, a Francia, precisamente. También para explicar fenómenos sencillos. Por ejemplo, cuando yo tengo dos hojas verticales y en medio de ellas soplo, en vez de separarse, se juntan. Si yo tengo dos globos, cogidos del techo y los globos están cercanos y soplo en medio de ellos, por qué en lugar de abrirse, se cierran. Entonces el principio de Bernoulli resulta ser muy importante para poder explicar muchos fenómenos que tienen que ver con el movimiento de los fluidos.

¿Cómo nace la preocupación por la formación en la ley de presión hidrodinámica de Bernoulli?

El programa del curso de física abarcaba física, mecánica de la partícula y fluidos en movimiento y en reposo. Entonces, ahí aparecían cuatro temas claves de lo que uno llama mecánica de fluidos. Dos



eran de hidrostática, es decir, los fluidos en reposo: uno era el principio de Pascal y el otro era el principio de Arquímedes.

Otro tema era los fluidos en movimiento; entonces, ahí se les enseñaban a los estudiantes dos ecuaciones, una era la ecuación de continuidad y la otra la de Bernoulli. Sin embargo, ese tema era el último del curso, que se organizaba con fundamentos iniciales, luego cinemática y después dinámica, es decir, la ley de Newton, trabajo potencia y energía y, finalmente, se iba a fluidos.

Al ser el último tema del curso, por lo general, los profesores lo enseñan muy rápido, ponían la ecuación de Bernoulli en el tablero, método tradicional, le decían al estudiante las relaciones entre las variables y ya. Normalmente, por ser las últimas semanas o la última, los alumnos nunca se apropian de eso, porque cuando llegan a los cursos en los cuales sí la necesitaban, por ejemplo, el de Mecánica de Fluidos, el estudiante no tenía los elementos: tenía medio aprendido el nombre, pero no había interiorizado el concepto que subyace a la ecuación de Bernoulli.

El estudiante tiene que hacer un trabajo extra, pero no lo hace y cuando esto sucede termina pasando un curso que el sistema se lo hace aprobar, pero no termina cambiando toda su parte conceptual

Profesor, en su tesis señala la necesidad de hacer un cambio metodológico en la enseñanza de estos temas de la física. En ese sentido, ¿en qué consiste ese cambio?

Normalmente, la metodología que usamos en las universidades —incluso, en Colombia y el mundo— es un problema. Uno llega a hacer la clase magistral: eso es lo que llaman “método tradicional”. Lo que hace el profesor es exponer al frente todos los temas, pero, como se ve, no quiere decir que porque ya expuse cinemática, ya voy en dinámica, y que el estudiante haya apropiado eso. En realidad no lo ha apropiado.

El estudiante tiene que hacer un trabajo extra, pero no lo hace y cuando esto sucede termina pasando un curso que el sistema se lo hace aprobar, pero no termina cambiando toda su parte conceptual. Esto se debe a que el estudiante no ha sido activo sino pasivo. En el método tradicional, el profesor habla y el estudiante escucha. Este último se dedica a copiar solamente.

Entonces, ahí lo que hicimos fundamentalmente fue hacer un cambio en la metodología, basados en unas investigaciones que hizo Socoloff en la Universidad de Oregón (EE. UU.). Con esta, se intentó que el estudiante ahora fuera más activo en la clase; por esto, se llama *aprendizaje activo*. La investigación no está metida tanto en la pedagogía sino en la didáctica, que es una parte de la primera. Está enfocada a cambiar el método como se enseña, donde el estudiante haga más de lo que escucha; por esto, se llama *aprendizaje activo*.

Profesor Barbosa, en la Universidad de Yale usted está buscando la forma para desmentir el uso de la ley de Bernoulli, cuéntenos ¿cuál es el motivo de la polémica en torno al uso y por qué usted la defiende?

Lo que pasa es que la ley de Bernoulli se ha usado para explicar fluidos confinados, fluidos en tubos. Entonces cuando uno tiene un avión en el aire, no se tiene un fluido confinado. Pareciera que hay ciertas situaciones que la ley de Bernoulli no podría explicar, por ejemplo, el vuelo del avión. Pero eso no es tan cierto, pues el investigador que defiende eso (que no se puede explicar por ley de Bernoulli) se está olvidando de que es un movimiento muy complejo. Para arrancar y para estar en el aire, se utiliza ese principio. Luego de que alcanza una cierta velocidad y el avión puede hacer maromas, estas no tienen aplicación de Bernoulli. No obstante, si no se tiene en cuenta



el principio básico del despegue, al hacer maromas puede suceder un accidente, por no tener presente la ecuación de Bernoulli, que es principio y base de la sostenibilidad del vuelo del avión, cuando se pasan los límites entre velocidad y presión.

Su metodología para la enseñanza y el manejo de ley de Bernoulli posee unos experimentos y montajes para el aprendizaje del estudiante, ¿cómo ha innovado usted en la enseñanza?

Ahí sí hubo cosas nuevas, hubo publicaciones porque era conocimiento nuevo. Inventé un prototipo que se llama *el soplador mágico*. Es un prototipo hecho de mangueras inicialmente. Tiene tres boquillas, por una mete una esfera, por otra, sopla, y le pregunta uno a los estudiantes, antes de soplar, por cuál boquilla va a salir la esfera —que puede ser de corcho—. La mayoría se equivoca y predicen que por una boquilla determinada, pero la esfera sale por otra boquilla, eso llama la atención del estudiante, entonces yo comienzo a explicar a través de la ecuación de Bernoulli por qué sucede eso.

Otros prototipos fueron reconstruidos. El motor de Flainer, inventado por un ingeniero alemán que inventó un navío con un cilindro rotante, y, cuando interacciona el aire con este cilindro, se genera el fenómeno de Bernoulli. Cuando interacciona el aire en una parte, parece ser que la velocidad es menor y en la otra es mayor; entonces, hay diferencias de presiones y hace que se presente una fuerza que empuja el buque. En los años treinta no fue tan acogido, pero en el 2005, por el cuento de la eficiencia y la energía, se comenzaron a construir navíos usando esto, porque parece que un cilindro de estos tiene diez veces más eficiencia que una vela de La Pinta, La Niña y La Santa María.

¿Cómo midió la efectividad del aprendizaje activo?

¡Tiene tantos atributos y características que hacen que el estudiante mejore su desempeño académico! Cuando uno va y compara los dos modos de aprendizaje (cogiendo el instrumento y aplicando la metodología) el mío es más confiable, y cuando compara las respuestas más favorables, los mejores resultados de aprendizaje de los estudiantes surgen con mi metodología.

Para crearla, había cuatro grupos de estudiantes con los que practicaba. Uno era el grupo de control, con el que usaba el

método tradicional. Los otros tres eran experimentales, a los que se les aplicó la metodología, para tener una muestra representativa del conocimiento de los estudiantes. Es más eficiente el método activo porque se ve en los resultados un alto puntaje e índice de concentración, resultado de un aprendizaje más efectivo.

Finalmente, ¿cuáles han sido sus alcances con esta investigación?

Muchísimos. De esa investigación salieron cerca de diez artículos. Como formé parte de un doctorado que hice en México, eso permitió que se me reconociera, porque nunca antes un estudiante extranjero había tenido tantas publicaciones; ellos exigen por doctorado una o dos, yo tuve diez. Eso sirvió para que en el 2013 yo obtuviera una preseña que se llama Lázaro Cárdenas, que es entregada todos los años por el presidente de México. Es un logro, porque es la primera vez que un extranjero se la gana. Digamos que ese fue uno de los alcances interesantes.

Otro resultado interesante fue que unos estudiantes de un colegio de acá, del Gimnasio la Montaña de Bogotá, enviaron el prototipo que me publicaron en Brasil a Skylab, para concursar en experimentos en espacios sin gravedad. Los muchachos presentaron el experimento del soplador mágico y participaron con otros 1500 estudiantes. La organización hizo un primer filtro y seleccionó a 500. En el segundo, seleccionó a 100. En el filtro final, el grupo ocupó el puesto 19 entre los 1500 iniciales. Aunque no ganaron, me parece destacable el puesto que ocuparon. 