



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

PROTOTIPO DE AGRUPACIÓN GRAVIMÉTRICO DE PARTÍCULAS EN MEDIOS LAMINARES ADAPTADO A LA ENSEÑANZA DE LA UNIDAD DE APRENDIZAJE DE MECÁNICA DE FLUIDOS A NIVEL LICENCIATURA

Irma Hernández Casco (ihernandezc@uamex.mx), Irma Martínez Carrillo , Carlos Juárez Toledo
Universidad Autónoma del Estado de México, UAP Tlanguistenco.

Resumen

La construcción y uso de prototipos como mecanismo para reafirmar los conocimientos teóricos logra un aprendizaje significativo y favorece el acercamiento de los estudiantes a la investigación científica, así también la aplicación de conocimientos teóricos en tecnología e innovación ha tenido un efecto positivo en la enseñanza de materias de ingeniería.

La materia de Mecánica Fluidos tradicionalmente tiene un alto índice de reprobación, y el uso de dispositivos didácticos es necesario y justificado como un mecanismo para lograr la vinculación entre los conocimientos teóricos y su conceptualización. En este artículo se muestra la adaptación de un dispositivo de



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

separación gravimétrica de partículas construido en un proyecto de investigación científica para la realización de prácticas de los diferentes temas de la unidad de aprendizaje Mecánica de fluidos.

Palabras claves

Distribución del tamaño de partícula, métodos de agrupamiento sistemas y mecánica de fluidos.

Abstract

Prototypes are the mechanism to clarify the theoretical knowledge the principal goal is the approach of students in scientific research, and the application of theoretical knowledge in technology and innovation has a positive effect on teaching course engineering.

Fluid Mechanics is a traditionally course, the use of teach devices is necessary as a mechanism for the link between theoretical knowledge and his conceptualization. This article describes the adaptation of a gravity separation device of the research project. The experiments of the different themes of the Fluid Mechanics course are showing in this paper.

I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de métodos de análisis, caracterización y tratamiento de separación de partículas son temas de interés primordial para diversas áreas de la industria manufacturera, es por ello que en atención de requerimiento de competencia profesional, se ha buscado las estrategias didácticas para impactar y



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

generar los conocimientos profesionales requeridos solucionando, mejorando o innovando las problemáticas actuales en el campo laboral.

Es por ello la importancia de la unidad de aprendizaje de mecánica de fluidos y la cual es impartida en una gran cantidad de programas curriculares de ingeniería se busquen nuevas estrategias de enseñanza aprendizaje, garantizando la generación de conocimientos de los estudiantes para su uso profesional.

Históricamente mecánica de fluidos es una materia que tradicionalmente se tiene un elevado índice de reprobación, debido quizás a que los temas son complejos y difíciles de conceptualizar, y si además tomamos en cuenta el hecho de que muchos estudiantes no han tenido contacto físico con algunos de los dispositivos, instrumentos o equipos de la materia ocasionan confusión para impartir el programa.

Algunos autores [1], [2] y [3] han encontrado que en la enseñanza de ingeniería no existe una conexión entre los conceptos y los procedimientos utilizados. Esto dificulta el entendimiento de las materias, en este sentido es necesario resaltar que el enfoque utilizado por el docente juega un papel importante para el logro de un aprendizaje significativo, entendiéndolo como una apropiación del conocimiento por parte del estudiante.

Para reforzar la actividad docente se propone entonces de la utilización de técnicas didácticas que permitan al estudiante tener un papel protagonista en la adquisición de su conocimiento estimulándolo a aplicar los conocimientos adquiridos [4], [5] y [6].

El planteamiento de experimentos ó actividades prácticas que permitan al estudiante relacionar los fenómenos naturales con los conceptos teóricos, entre las técnicas pedagógicas utilizadas para una mejor comprensión de los temas se encuentra el uso de prototipos los cuales representan situaciones reales simplificadas para una mejor conceptualización de conceptos teóricos [7] y [8].



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

En este trabajo se adaptó un prototipo construido para realizar pruebas de separación de partículas que fueron modeladas mediante el método de clusters presentado por [9] con el fin de representar los procesos de separación gravimétrica encontrados en los procesos de concentración de minerales [10] y [11].

El dispositivo fue adaptado para que los estudiantes aplicaran conocimientos de mecánica de fluidos adquiridos en aula en los temas de fluido laminar y turbulento, estática de fluidos, continuidad, balance de momento, ecuación general de energía y ecuación de Navier Stokes.

II. METODOLOGÍA

En la Figura 1, se muestra el dispositivo de separación de partículas desarrollado para la caracterización de partículas por el método de clusters, dicho dispositivo fue construido en un tubo de acrílico de 10 cm de diámetro conformado por una entrada (a) y 4 salidas (b,c,d,e) cada una de ellas equipada con un filtro para la colección de diferentes partículas con diferente peso específico y con válvulas de esfera para su posible obstrucción. Además, se implementó una apertura para alimentación de partículas (f) y un piezómetro (g), la entrada de líquido se conectó a una bomba (h) colocada 50 cm debajo de la entrada.

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

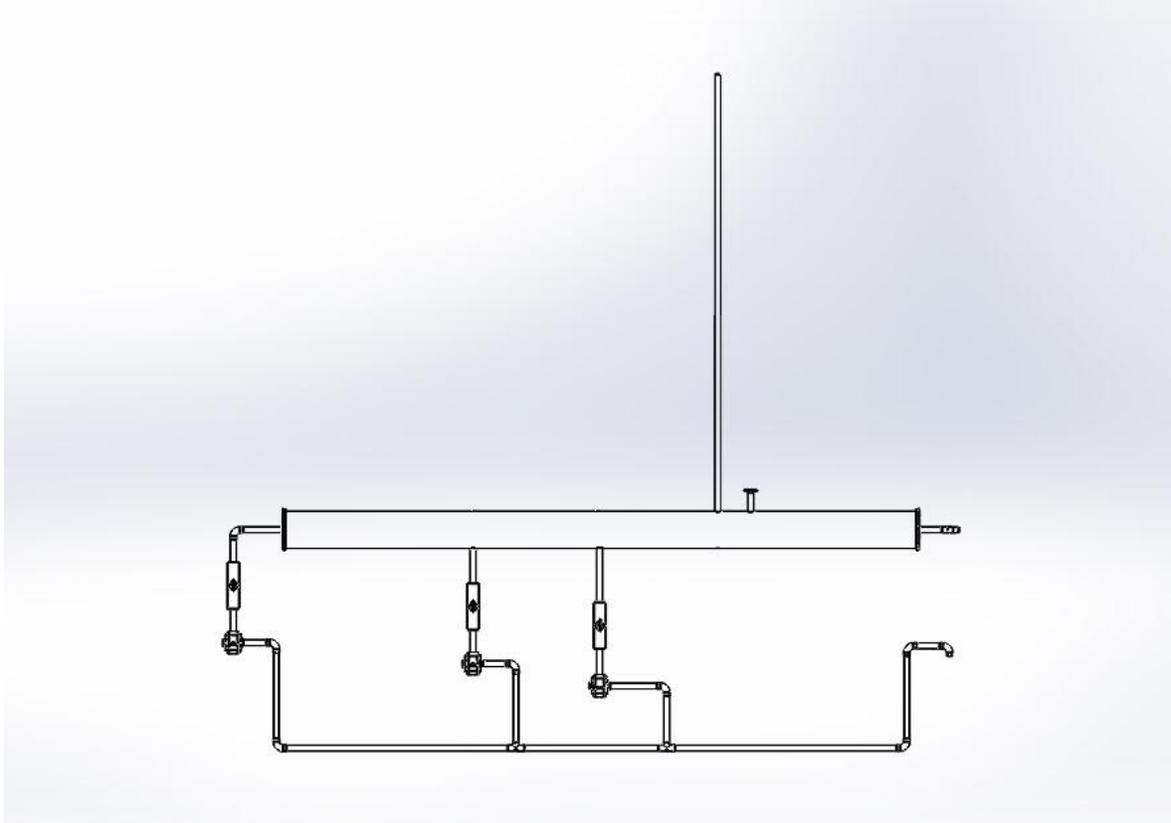


Figura 1. Prototipo para el modelado de separación de partículas por el método de Clusters.

El dispositivo mostrado fue adaptado para su utilización por estudiantes de la materia de mecánica de fluidos, los temas de la materia que se pueden estudiar son:

a) Tipos de Fluidos y piezómetro: La alimentación de partículas (f) fue equipada con una aguja de 15 cm a través de la cual se suministró tinta para la observación del movimiento de fluidos, pudiéndose determinar si se trataba de un fluido laminar o turbulento, unidimensional, bidimensional o tridimensional. Además se determinó la presión en el tubo de acrílico mediante el uso del piezómetro.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
 Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

b) Cálculo de fuerzas sobre superficies planas: Para esta sección se llenó el prototipo con agua y se cerraron todas las salidas y entradas y se le preguntó a los estudiantes si las **paredes** laterales del tubo de acrílico soportarían la misma fuerza aún tratándose de diferentes fluidos, alcohol, agua, crudo. Se resolvió la ecuación siguiente:

$$F = \gamma \bar{y} \text{sen}(\alpha) A$$

$$y_{cp} = \bar{y} + \frac{1}{\bar{y} A} \tag{1}$$

donde F es la fuerza de la superficie, γ el Peso específico del fluido, \bar{y} el centroide de la superficie, α el ángulo de inclinación de la superficie, A el Área de la superficie y y_{cp} centro de presión de la fuerza.

c) Aplicación de ecuación de continuidad: Se realizaron varias secuencias de llenado del tubo de acrílico y apertura de diferente número de salidas, calculando en cada caso los flujos en cada sección, además se consideró un caso en estado transitorio durante el vaciado del tubo para determinar la acumulación. Se resolvió la ecuación:

$$0 = \frac{d}{dt} \int \rho d\text{vol} + \int \rho \bar{V} \cdot \bar{dA} \tag{2}$$

con ρ la densidad, vol el volumen, \bar{V} : el vector velocidad y \bar{dA} el vector diferencial del área.

d) Balance de momento sobre superficies planas: Se calculó la fuerza con la que impacta el chorro de agua sobre el colector de agua. Se resolvió la ecuación:



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
 Multidisciplinario
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
 ISBN: 978-607-95635

$$\sum F_y = \frac{d}{dt} \int \rho V_y dvol + \int \rho V_y \bar{V} \bullet d\bar{A} \quad (3)$$

donde ρ es la densidad, vol el volumen, \bar{V} el vector velocidad, V_y la velocidad en dirección y y $d\bar{A}$ el vector diferencial del área.

e) Ecuación general de energía: Se calcularon las pérdidas de carga mayores y menores en el dispositivo así como la **potencia** de diferentes bombas comerciales [12] y [13]. Se resolvió la ecuación:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1}{2g} + z_1 + h_B = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2}{2g} + z_2 + h_t + h_f + h_k \quad (4)$$

con P_1, P_2 las presiones, V_1, V_2 las velocidades, z_1, z_2 las altura, h_B la carga de bomba, h_t la carga de la turbina y h_f, h_k las perdidas mayores o menores

a) Ecuación de Navier-Stokes: Se planteó la ecuación de Navier Stokes en coordenadas cilíndricas en dirección axial para conocer el perfil de velocidades del fluido dentro del tubo de acrílico, suponiendo estado estacionario, flujo laminar, unidimensional, desarrollado y con propiedades constantes.

$$r \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial v_z}{\partial r} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial r} \left(r t_{rz} \right) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} t_{\theta z} + \frac{\partial}{\partial z} t_{zz} + r g_z$$

Donde v_z es la velocidad en dirección z , r, θ son las direcciones en coordenadas cilíndricas, t_{xy} es el esfuerzo cortante en dirección y y transmitido en dirección z .



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

III. RESULTADOS

Para cada uno de los temas estudiados, los alumnos propusieron las estrategias de solución, realizaron las mediciones necesarias, e identificaron las suposiciones que permitirían simplificar los problemas permitiendo resultados cercanos a la realidad.

- 1) Tipos de fluidos: Mediante la inyección de tinta en el punto de alimentación de partículas, se realizó la visualización de un flujo turbulento, tridimensional, en desarrollo, encontrándose que el piezómetro alcanza una altura de 18 cm, lo que indica que la presión manométrica en ese punto es de 1.7 kPa. *Observaciones:* Durante la realización de esta actividad, se hizo evidente la importancia que tienen las paredes al provocar retroceso del fluido ocasionando una mayor turbulencia cerca de las paredes del tubo de acrílico.
- 2) Cálculo de fuerzas sobre superficies planas: En esta sección se calculó la fuerza que ejerce el fluido sobre las tapas laterales del tubo de acrílico, calculándose también el cambio en la magnitud de la fuerza suponiendo que se utilizaran diferentes fluidos, quedando las magnitudes como sigue. En ésta sección se hizo evidente que el punto de aplicación de la fuerza es independiente del fluido contenido en el recipiente. La fuerza ejercida sobre las superficies laterales del cilindro son 3.85 N, 2.88 N y 3.23 N para agua, petróleo crudo y lodo mineral, estando el punto de aplicación de la fuerza 1.25 cm debajo del centro geométrico de la superficie.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

- 3) Ecuación de continuidad, en esta sección se calculó la acumulación en el sistema una vez lleno y al abrir dos y tres salidas, encontrándose que la para una velocidad de entrada de $0.93 \text{ m}^3/\text{s}$, la acumulación al abrir dos y tres salidas es de $3.06 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ y de $2.82 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. En esta sección se pudieron calcular los flujos en cada rama, las velocidades promedio del fluido y se podría calcular la velocidad a la que aumenta la altura del nivel de líquido.
- 4) Balance de momento sobre superficies impactadas. En esta sección se determinó la velocidad a la cual el agua es impactada sobre la superficie del agua a la salida del sistema, correspondiendo a 0.3 m/s , por lo que la fuerza con la que el chorro impacta sobre la superficie del tanque de almacenamiento es de 0.44 N . *Observaciones:* Se consideró que el chorro es cilíndrico y que impacta la misma área que el tubo del que sale, despreciando la expansión del mismo.
- 5) Ecuación general de energía: En esta sección se calcularon las pérdidas mayores debidas al flujo del agua a través de los 3 m de tuberías de salida, además se consideraron las pérdidas debidas a 7 codos y 2 conectores en T de la instalación para calcular la carga de la bomba y con ello su potencia efectiva. *Observaciones:* Se supuso que por las dos salidas el flujo es igual.
- 6) Ecuación de Navier Stokes: Se construyó el perfil de velocidades simulado para un flujo laminar, encontrándose el perfil parabólico característico de este tipo de flujos, además se identificaron las características que podrían generar un flujo de este tipo como son un fluido con alta viscosidad y un un longitud de tubería mucho mayor.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

IV. CONCLUSIONES

El uso de dispositivos que permitan a los alumnos aplicar los conceptos teóricos aprendidos en clase son significativos además de que refuerzan el conocimiento les permite visualizar la utilidad.

En particular después de realizar varias pruebas de laboratorio con el prototipo planteado pudimos ver que el alumno se encontró motivado y satisfecho con los logros obtenidos.

El modelo usado en el artículo tiene la característica de que el alumno puede identificar los componentes fácilmente del sistema y, además de realizar las simplificaciones adecuadas para resolver problemas de mecánica de fluidos.

El sistema de control es planteado de manera análoga a los sistemas usados en instalaciones industriales logrando un aprendizaje significativo en el alumno.

Finalmente, los ejercicios propuestos con el prototipo experimental permiten al alumno manipular libremente el sistema así, como decidir la forma de resolver los problemas planteados.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

V. BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Reed and J. Case, “Factors influencing learners’ choice of Mechanical Engineering as a career”, African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education, 7: 73–83.
- [2] R. Taraban, E. E. Anderson, A. Definis, A. G. Brown, A. Weigold and M. P. Sharma, “First Steps in Understanding Engineering Students’ Growth of Conceptual and Procedural Knowledge in an Interactive Learning Context”, Journal of Engineering Education, Volume 96, Issue 1, pages 57–68, January 2007.
- [3] Timothy A. Philpot and Richard H. Hall, Animated instructional software for mechanics of materials: implementation and assessment, Wiley Periodicals, Inc., 2006, pp. 31 – 43.
- [4] R. Avendaño, W. Lancheros, O. Castiblanco, F. O. Arcos, “La enseñanza a través de los módulos experimentales”, Gándola, vol. 7, No. 1, pp. 32-49, julio 2012, ISSN 2145-4981.
- [5] O. Castiblanco, D. F. Vizcaíno Arévalo, “La experiencia del laboratorio en la enseñanza de la física”, Revista de educación en ingeniería, Bogotá, vol 3, No. 5, 2008, ISSN 1900 8260.
- [6] O. Barberá y P. Valdés, “El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: Una revisión”, Enseñanza de las ciencias, vol 14. No. 3, pp. 365-379, 1996.
- [7] Riveros Rotge y Hector G., Como mejorar mi clase de física nivel superior, Editorial Trillas, 2004.
- [8] M. A. Cervantes Solano, C. Vargas Velasco y J. Meléndez Pulido, “Alcances y perspectivas del diseño y construcción de prototipos didácticos realizados por estudiantes de ingeniería para su uso en el laboratorio de ciencias experimentales”, Presentado en el 4 foro nacional de ciencias básicas modalidad cartel.
- [9] C. Juarez, A.R. Messina, R. Castellanos and G. Espinoza, “Characterization of Multi-machine System Behavior using a Hierarchical Trajectory Cluster



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Analysis”, IEEE Transactions on Power Systems. Vol. 26, Issue 3, January 2011, Pages 972-981, ISSN 0885-8950.

- [10] J. C. Cruz Ardila,” Importancia de usar tecnología en el desarrollo de prácticas de laboratorio de física mecánica”, Revista de educación en ingeniería, Colombia, No. 11, pp. 1-11, junio 2011, ISSN 1900-8260.
- [11] J. Salcedo y F. J. Sánchez, “Método numérico generalizado de descomposición de operadores a la ecuaciones de Navier-Stokes”, Información tecnológica 2003, Vol 14. No. 5, 67-73, 2003, ISSN 0716-8756.
- [12] Robert L. Mott, Mecánica de fluidos, Pearson Educación, 2006, ISBN 9702608058.
- [13] M. C. Potter y D. C. Wiggert, Mecánica de fluidos, Cengage Learning Editores, 2002, ISBN 9706862056.
- [14] B. G. Josep María, Mecánica de fluidos: Problemas resueltos, Univ. Politéc. de Catalunya, 2011, ISBN 8476539150.