



Evaluando dinámica de fluidos vinculando un proceso

Fabiola Escobar Moreno,¹ Mario Humberto Ramírez Díaz² y Juan Carlos Ruiz Mendoza³

Recepción: 2019-09-24

Aceptación: 2020-09-09

Resumen

Se presenta una alternativa para valorar la resolución de un problema contextualizado de la industria química sobre dinámica de fluidos, específicamente ecuación de Bernoulli. El objetivo fue diseñar un instrumento basado en una escala de desempeño alineada a lo que requiere la industria química de los profesionales de la ingeniería química. El enfoque fue cualitativo y fue una pesquisa no experimental con diseño transeccional exploratorio. Producto de una indagación de campo y la aplicación de la metodología *Dipcing* (diseño de programas de estudio de las ciencias básicas de física, química y matemáticas en carreras de ingeniería); así se materializó un instrumento guía para la valoración de los productos de aprendizaje de los estudiantes universitarios, como caso específico realizado en la ESIQIE. Dicho instrumento, resultó ser una herramienta multipropósito: se conoce qué y cómo mejorar; insta al alumno a la reflexión y promueve el trabajo en equipo; además, puede ser utilizado para otros tópicos relacionados con ingeniería química de otras instituciones educativas. Justipreciar el trabajo de estudiantes de ingeniería química basado en una escala de desempeño está más cercano a la realidad profesional y es menos subjetivo, que calificar apreciativamente.

Palabras clave

Evaluación, escalas de desempeño, industria química, dinámica de fluidos.

Evaluating fluid dynamics linking a process

Abstract

An alternative is presented to assess the resolution of a contextualized problem of the chemical industry on fluid dynamics, specifically Bernoulli equation. The objective was to design an instrument based on a performance scale aligned with what the chemical industry requires of chemical engineering professionals. The approach was qualitative and was a non-experimental research with exploratory transeccional design. Product of a field investigation and the application of the *Dipcing* methodology (design of study programs of the basic sciences of physics, chemistry and mathematics in engineering careers); Thus, a guide instrument for the evaluation of the learning products of university students was materialized, as a specific case carried out in the ESIQIE. This instrument turned out to be a multipurpose tool: what is known and how to improve; urges the student to reflect and promotes teamwork; In addition, it can be used for other topics related to chemical engineering of other educational institutions. Justifying the work of chemical engineering students based on a performance scale is closer to professional reality and is less subjective than appreciatively qualifying.

Keywords

Evaluation, performance scales, chemical industry, fluid dynamics.

¹ Profesora adscrita al Departamento de Formación Básica de la ESIQIE del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Maestra en Ingeniería por el Tecnológico de Monterrey y Doctora en Ciencias, especialidad Física Educativa por el Centro de Investigación de Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del IPN. Correo: fescobar@ipn.mx

² CICATA-IPN. Correo: mramirez@ipn.mx

³ UANL. Correo: juancr1@yahoo.com.mx

Introducción

La desvinculación entre el ámbito laboral y la academia; la falta de habilidades como: toma de decisiones y resolución de problemas complejos; el reentrenamiento de los ingenieros recién egresados y la necesidad de estar al nivel de competencia de cualquier profesionista del mundo hace que se deba ponderar cómo se instruyen y evalúan durante el proceso de formación a los ingenieros químicos en México. Porque, tal como señala en su informe de Resultados y Relevancia para el Mercado Laboral de la OCDE (2019), en México no se están egresando profesionales que demanda el mercado laboral.

La ESQIE (Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas) ha trazado como parte de sus objetivos: “Desarrollar las habilidades y competencias de los estudiantes para incorporarse al sector productivo [...]” (ESQIE, s.f.). No obstante, pese a ser un caso particular, se considera que puede alinearse con cualquier institución que imparta ingeniería química. La génesis de la presente investigación nace del objetivo antes mencionado. Por lo que, se considera necesario proponer e indagar sobre el diseño e impacto de instrumentos de evaluación que señalen áreas de mejora para así contribuir a la medición de las mencionadas habilidades y competencias, a través de una realimentación basada en escalas de desempeño o rúbricas. Tal como, se realiza en la industria química.

De acuerdo con Villamañe, Álvarez, Larrañaga y Ferrero (2017) las escalas o rúbricas incorporan ponderaciones que permiten al estudiante asumir la evaluación como un proceso perceptible; además, a través de dichas escalas se provee de información útil para los alumnos, porque, se especifica la calidad esperada; también, mediante las rúbricas se crea una cultura de transparencia y se reduce la incertidumbre.

Por tanto, como objetivo en esta indagación es: elaborar un instrumento alternativo, para contribuir a la medición de competencias y habilidades, que alcanzan los estudiantes en los procesos formativos, considerando las exigencias del mercado laboral en la formación de los profesionales de la Ingeniería Química.

La tesis anterior, se respalda con lo señalado por Pachano y Gutiérrez (2014), es complicado establecer parámetros de un profesional competente, especialmente cuando no se cuenta con instrumentos que permitan hacer dicha medición.

Con relación a las plantas químicas, y su relación con los principios científicos e ingenieriles; resulta que, los sistemas de tuberías donde se transportan sus materias primas y productos son extensos y en ocasiones presentan situaciones problemáticas, que pueden ser analizadas y resueltas en el marco de la dinámica de los fluidos. En el caso de los estudiantes de Ingeniería Química en general y de la ESQIE en particular se introduce a la *Ecuación Fundamental de la Dinámica de Fluidos o Bernoulli*, en el curso de mecánica clásica.

El tópico relacionado a la dinámica de fluidos se trata en la mayor parte de los cursos de física cuyas ramas (estática y dinámica) son de especial relevancia en las operaciones unitarias. Señalan Badger & Bancharo (1970, p. 37) que la ecuación de Bernoulli es uno de los instrumentos teóricos más eficaces y que debe advertirse que este es un caso especial del principio de la conservación de la energía y está dada por la Eq. (1)

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad (1)$$

donde P_1 y P_2 , es la presión a la entrada y salida, respectivamente (Pa), ρ es la densidad del fluido (kg/m^3); v_1 y v_2 es la velocidad del fluido a la entrada y salida, respectivamente (m/s); γ_1 y γ_2 la altura a la entrada y salida, respectivamente (m) y g es la constante de la gravedad (m/s^2).

Las autoridades educativas y docentes consientes que, para la ingeniería química el tópico de dinámica de fluidos está ligado a la transferencia de masa y energía y, por ende, es medular no solo para el procedimiento preciso de los problemas relacionados al movimiento de fluidos, mediante tuberías; bombas y otros dispositivos, sino para el desarrollo de capacidades y aptitudes técnicas. Por lo que, es trabajo docente hacer la vinculación de la aplicación de la matemática, física y química con la ingeniería; aunque es cierto que representa un reto estimulante y productivo hacer la integración de la ingeniería química con disciplinas como la misma química, física y biología apunta Garnier (2014).

Lo anterior lo materializaron Suárez, Roldán y Gon (2017), éstos divisaron la necesidad de la vinculación de física con problemas de ingeniería, con el objetivo de resaltar el rol del ingeniero en la sociedad. Pero, también es relevante medir los aprendizajes de los estudiantes no de forma apreciativa, como se reporta en esta indagación.

Sin embargo, los esfuerzos que se realizan por innovar la forma de instruir y evaluar, se realizan sin vincular a las empresas, tal es el caso de la propuesta para evaluar dinámica de fluidos para ingeniería química en la Universidad Politécnica de Valencia, describen Pérez, Manzano, Llácer, García-Serra y López (2017).

En este trabajo se presentan entonces los resultados del diseño, validación e implementación de un instrumento de evaluación basado en un problema contextualizado orientado a Ingeniería Química en el tema de dinámica de fluidos, específicamente ecuación de Bernoulli.

Metodología

Esta es una indagación no experimental con diseño transeccional exploratorio. Porque, se requiere conocer el contexto de la valoración del desempeño de los ingenieros en la industria química y los aprendizajes mínimos requeridos de la física para el ejercicio de esta profesión, tal como describen Hernández, Fernández & Baptista (2014, p.155).

Diseño y desarrollo de la experiencia

El diseño de dicho instrumento de evaluación está respaldado en la investigación de campo y la aplicación de la metodología denominada *Dipping*, diseñada y perfeccionada por Camarena (2002). Es preciso señalar que, la indagación no tiene como objetivo el diseño de programas, el objetivo fue diseñar un instrumento de evaluación para un problema contextualizado de la industria química. Lo anterior respaldado en que, los problemas y los instrumentos se realizan a partir de ocurrencias o de forma espontánea, es decir, no se basan en una metodología. Y para nuestro caso, *Dipping* contaba con los pasos para realizar el problema contextualizado y el instrumento de evaluación (véase figura 1).

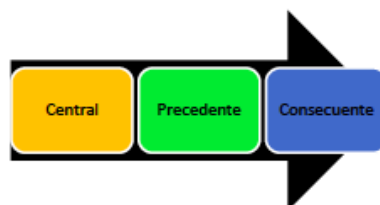


Figura 1. Etapas de Dipping.
Fuente: elaboración propia.

Se precisa que la propuesta de solución para el problema contextualizado (que más adelante se muestra) estuvo basada en algo que los autores de este artículo diseñaron y denominaron *ABP Ctx*, la cual constituye una variante de ABP tradicional. Es conveniente hacer mención que la elaboración de este problema en el contexto de la industria química, también se basó en la metodología *Dipping*. Retomando la herramienta metodológica, *Dipping* está constituida por tres etapas contiguas y entrelazadas: central, precedente y consecuente; señala su autora Camarena (2002). A continuación, se describen las mencionadas etapas.

Etapas Central. Esta indica que, se debe hacer el análisis de la bibliografía que se utiliza en la Academia de Física (en nuestro caso de la ESQIE) y así analizar el tipo de contenidos y ejercicios que proponen los autores (Alonso y Finn, 1986; Resnick, Halliday y Krane, 2002; Bauer y Westfall, 2011). Se analizó que el enfoque es el mismo en cada libro, inclusive utilizan el mismo fluido (agua), se refieren indistintamente a los conductores de fluidos como tuberías, cuando si el conductor transporta gas debe nombrarse gasoducto; petróleo, oleoducto; salmuera, salmuero ducto; y si no tienen sección transversal de forma circular deben nombrarse conductores.

Etapas precedente. Determinar el nivel de conocimientos (mediante una evaluación diagnóstica), que tienen los estudiantes al ingresar al nivel superior, se sugiere cada área básica (física, química, matemáticas), en la ESQIE; también se incluye en esta evaluación, termodinámica y comunicación oral y escrita.

Etapas precedente. Para esta etapa como parte de las tareas investigativas, previa selección se realizaron una serie de visitas a una empresa de la industria química (véase Apéndice 1); además, se elaboraron encuestas y entrevistas estructuradas a ingenieros con experiencia en la industria química con el objeto de bosquejar un problema contextualizado de dinámica de fluidos; para así posteriormente utilizar la rúbrica con los indicadores de desempeño. En esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

Actividad 1. El docente contacta y hace la solicitud a la empresa (de la industria química), con la finalidad de buscar la vinculación de los contenidos del programa de física con el proceso productivo de la empresa.

Actividad 2. El docente visita la empresa y realiza entrevistas estructuradas a los ingenieros y personal técnico en activo. Dicha entrevista versa en relación a: tópicos relevantes para la operación de la planta, dificultades que presentan los recién egresados. Para esta indagación esta entrevista puede considerarse como un instrumento de diagnóstico desde la óptica de la actividad profesional; además provee de información que eventualmente puede utilizarse para diseñar más problemas en otras áreas de conocimiento, tal como: electricidad y magnetismo, electroquímica (véase Apéndice 2).

Lo que nos reveló este instrumento, fue lo siguiente:

- a) Las actividades profesionales que desempeña un ingeniero químico en un proceso electroquímico y como participan éstos en la solución de los problemas (véase Apéndice 3).
- b) Sobre los principios en el marco de la física, señalan que se utiliza: flujo de fluidos, transferencia de calor, medidores de flujo, calibración de equipos de proceso, conversión de unidades. Lo anterior mayormente asistido por software; pero, reconocen que en ocasiones se requiere de mucho ingenio, creatividad, trabajo entre pares para el análisis y solución de los problemas que han enfrentado.
- c) De los problemas enfrentados los últimos dos años: a) en los paros de planta, no se mete la carga en tiempo; b) algunas líneas quedan con fugas, otras disminuyen el flujo; c) variación en el factor de potencia (banco de capacitores); d) devolución de producto;

e) incidentes de tipo operativo (derrame de producto); f) tiempos largos de llenado; g) tiempo de vida útil de las celdas electroquímicas, inferior a lo especificado por el proveedor; h) fallas en equipos de proceso; i) relaciones laborales, sensibilidad para hacer trabajar a los subordinados y hacerles ver sus áreas de mejora. Las causas asociadas a cada uno de los problemas antes descritos son diversas (véase Apéndice 4).

Se precisa que la metodología *Dipcing* ha sido utilizada para la contextualización de la matemática; sin embargo, lo que propone se puede transponer a otras disciplinas, en nuestro caso se adaptó a la física en específico al tópico de dinámica de fluidos para ingeniería química. Lo que proporciona *Dipcing* es de incalculable valor académico y formativo e inclusive es benéfico para las empresas. A éstas últimas les favorece una mejor formación en los profesionistas; porque, el tiempo de entrenamiento será menor y por ende los egresados se incorporarán con mayor prontitud a sus tareas; además, se invierte menos dinero y tiempo en capacitarlos. Se aprendió que en esta empresa de la industria química los ingenieros suelen utilizar el software smartdraw.com para hacer mapas de flujo de valor (VSM), esto da nociones del tipo de herramientas que se utilizan en el ámbito laboral para analizar problemas (véase figura 2).

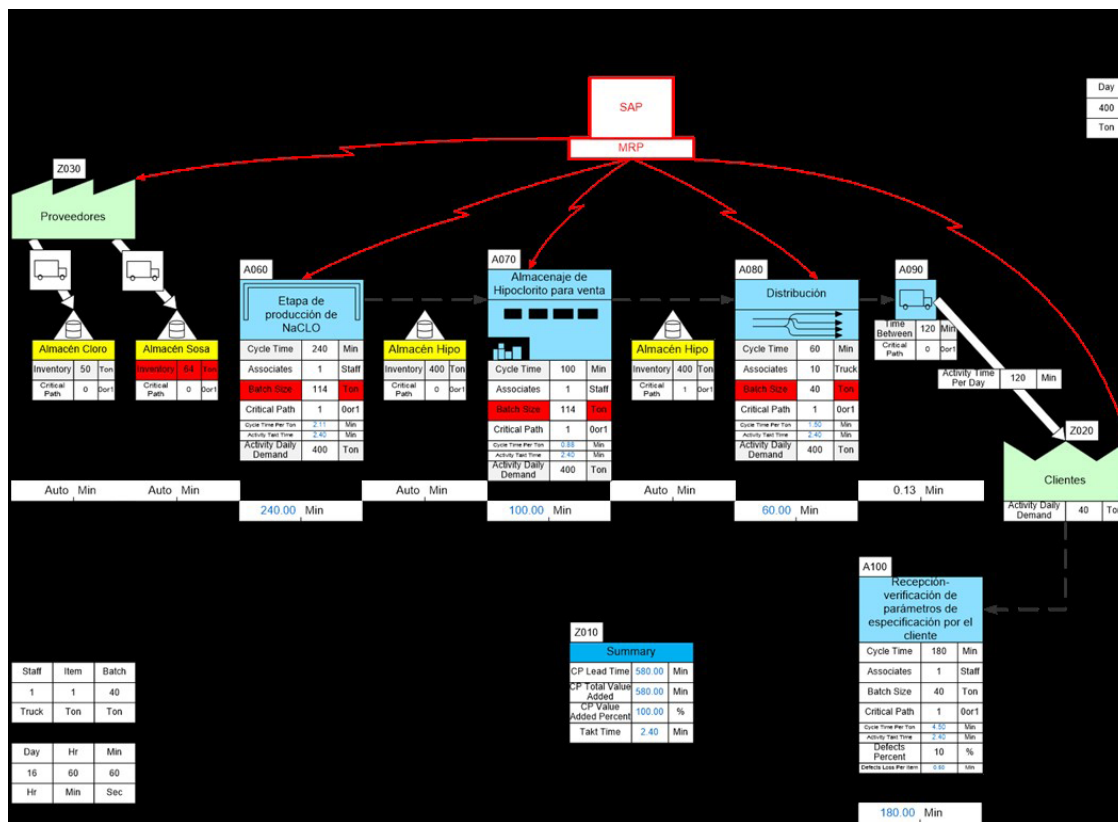


Figura 2. VSM del proceso de producción de NaClO. Fuente: elaboración propia

Con este software se pueden visualizar de inmediato cuales son los cuellos de botella en cada uno de los procesos vinculados a la producción de hipoclorito de sodio.

Este mapa de flujo de valor estuvo ligado a la estructuración del problema contextualizado planteado. Porque, lo que nos proporciona es una “fotografía” de una parte de este proceso. De lo anterior, es oportuno señalar que la planta química tiene como proceso rector la electrólisis, del cual se derivan varios productos entre ellos el hipoclorito de sodio (NaClO).

Se considera que, mostrar a los alumnos cómo es que se detecta un problema en este proceso mediante la aplicación del software smartdraw.com es útil y valioso para su formación. Así, al cargar los datos del proceso al software y enfocarnos en la variable crítica tiempo, que en el software se define como: Cycle Time; se aprecia que, de las etapas que se divisan como: producción; almacenaje y distribución del hipoclorito de sodio, se encuentra que, el cuello de botella está en la etapa despacho de producto.

Lo anteriormente descrito está en concordancia con lo que reveló el instrumento “encuesta a ingenieros” tiempos largos de llenado, casi la mitad del tiempo del proceso está en el despacho de producto.

Así, la relevancia de la física y el transporte de fluidos, se destacan en los puntos enunciados en la dimensión *Saber Conocer*, del perfil de egreso del Ingeniero Químico Industrial (IQI) de la ESIQIE, ya que, 62.5 % están relacionados con tópicos de Física y llama la atención que de este porcentaje casi el 13 % de los tópicos se vincula con la dinámica de fluidos de acuerdo con la ESIQIE (s.f.).

Retomando a este instrumento de evaluación (véase apéndice 5) estuvo diseñado para evaluar el producto final de aprendizaje que es un reporte técnico el cual tiene el propósito analizar y proponer soluciones en el marco de la dinámica de fluidos al siguiente problema:

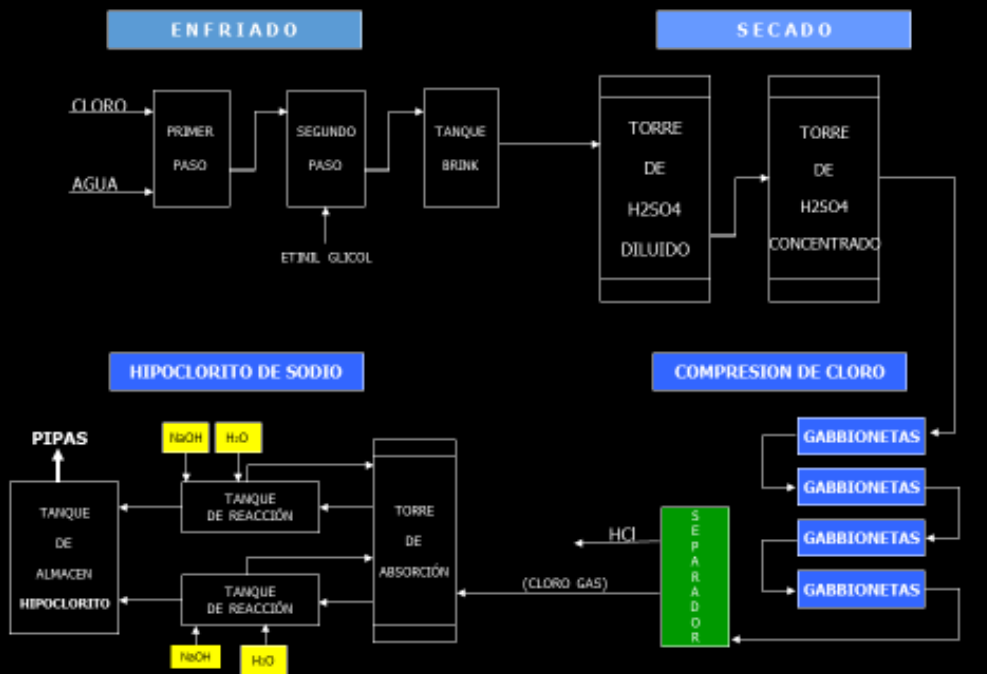
El proceso de producción del hipoclorito de sodio al 12% (NaClO), es un proceso que comienza con la alimentación de materia prima (por cada ton de NaClO se requieren 0.125 ton de Cl_2 y 0.159 ton de NaOH(ac)) a una torre de absorción donde ocurre la reacción, se absorbe el cloro en la solución de sosa, hasta alcanzar la concentración deseada de hipoclorito de sodio, el cual se almacena en contenedores. El producto es filtrado e inspeccionado para su envío a los tanques de distribución, una vez revisados los parámetros de calidad del producto terminado, se procede al llenado en las pipas limpias y son enviadas al cliente. Se tiene una métrica basada en los tiempos de ciclo, donde el llenado representa el 48 % total de todo el tiempo de proceso

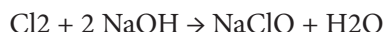
Figura 3. Diagrama de bloques del proceso de producción de NaClO . Fuente: elaboración propia

(movimiento de operadores y revisión de las pipas y ubicación de los contenedores). Esta situación repercute en los tiempos de entrega por lo que, al no llegar a su destino final al cliente, cuando éste lo solicita, el producto se tiene que reprocesar y se generan gastos de trasportación (fletes falsos). Esto debido a que al ingresarse el producto al proceso ocurre mayor desgaste en los equipos y por ende gastos de mantenimiento y horas extra para los trabajadores (véase figura 3).

El diagrama presenta de forma esquemática la elaboración del producto Hipoclorito de Sodio (NaClO), el cual se produce por contacto directo de una cantidad de cloro gas con una solución diluida de Hidróxido de Sodio de acuerdo a la siguiente reacción:

DIAGRAMA DE BLOQUES - HIPOCLORITO





El proceso específicamente de producción de NaClO se inicia con la preparación de la solución alcalina con Hidróxido de Sodio (NaOH) en un tanque reacción que se recircula a través de una torre de absorción, empacada con anillos Rasching en la que la solución reacciona con una corriente de cloro gas, manteniendo la recirculación y controlando la temperatura de la solución, hasta alcanzar la concentración deseada.

Después de ajustar el producto a la concentración deseada se pasa por un filtro para eliminar sólidos en suspensión y posteriormente se envía a los almacenes para su distribución y venta, recordando que en esta última parte se presenta el problema (tiempo de llenado largo).

Muestra

La muestra utilizada en esta indagación es no probabilística; ya que, la selección de los elementos dependió de las características de esta investigación señalan Hernández, Fernández & Baptista (2014, p.189); constituida por once ingenieros egresados en activo, provenientes de diferentes instituciones educativas en México y laborando en diferentes departamentos de la empresa (planta química). Por ende, está en el rubro de una muestra de expertos; porque, estos señalaron las directrices sobre el desempeño ideal de los profesionales de la ingeniería química. A continuación, se resumen sus características sociodemográficas más relevantes (véase tabla 1).

Característica sociodemográficas	
Edad promedio	39 años (rango 26-56)
Ocupación	Ingeniería Química (100%)
Estudios de post-grado	Maestría (18%), Diplomado (27%)
Años de experiencia profesional	12 años (rango 3-31)
Departamento	Producción (27%), Seguridad Industrial (18%), Ingeniería (18%), Dirección (9%), Laboratorio (18%), Compras técnicas (9%)

Tabla 1. Datos sociodemográficos, ingenieros egresados

Resultados

Respecto a la evaluación mediante escalas de desempeño, se considera es lo apropiado para la realización del reporte técnico (véase Apéndice 6), el cual constituye la evidencia de aprendizaje para el problema contextualizado planteado; porque, requiere de más trabajo, tiempo y esfuerzo cognitivo para los alumnos. De la experiencia personal y del ejercicio de la docencia se puede señalar que, los alumnos reclaman que sus trabajos no son realimentados de forma objetiva arguyen sus notas por situaciones inadmisibles.

Respecto al instrumento de evaluación, el diseño y validación estuvo a cargo de diez profesores de física de nivel universitario, basándonos en lo reportado por los once ingenieros en el instrumento diagnóstico.

Centrándonos en lo que nos proporciona este instrumento (véase tabla 2), se aprecia en los resultados de las evaluaciones del mencionado producto (reporte) de un grupo de alumnos de la ESIQIE en el ciclo 2019-1. La rúbrica y características del reporte se les hizo llegar vía correo electrónico a los estudiantes, con las respectivas instrucciones para el abordaje del problema planteado. Respecto a los indicadores y ponderaciones del instrumento, considerando los cuatro segmentos se tiene que, la nota mínima es de 6.7 y la máxima de 9.6, si se observa el último renglón la nota mínima es 6.4 y la máxima 9.4 considerando sólo los segmentos uno y dos.

Tabla 2. Notas obtenidas por un grupo de estudiantes de la ESIQIE en el reporte técnico

	Eq.1	Eq.2	Eq.3	Eq.4	Eq.5
Sumatoria de los 4 segmentos	85%	72%	96%	67%	93%
Sumatoria de segmentos 1,2 y 3	82%	71%	95%	63%	92%
Sumatoria de segmentos 1,2	81%	73%	94%	64%	92%

Este instrumento puede utilizarse por segmentos, donde el segmento uno, correspondería al incremento del conocimiento técnico; segmento dos, aplicación del conocimiento técnico; segmento tres, conseguir resultados: ejecución de tareas con alto grado de calidad; segmento cuatro, interacción con sus pares y profesor. Lo anterior es análogo a las categorías que se utilizan a nivel empresarial (véase Apéndice 5). Se proponen veintitrés aspectos a considerar, pudiendo alcanzar máximo 4 puntos por cada aspecto, dando un total de 92 puntos que correspondería al 100 %.

El instrumento es flexible, ya que, puede ocurrir que al docente no le interese evaluar los segmentos tres y cuatro. Sin embargo, no se recomienda. Los docentes, debemos ser promotores y ejecutores de las evaluaciones integrales y formar a nuestros alumnos de tal manera que cuando se enfrenten a la realidad laboral no represente un choque o conflicto, al percatarse que deben ser partícipes activos de las comunidades de profesionales y que deben aprender a interactuar con sus pares, y que como se constató a lo largo de esta indagación es en colectivo que en las empresas resuelven sus problemas.

Conclusiones e implicaciones didácticas

- Esta propuesta de evaluación es perfectible y se insta a su uso para aquellos docentes interesados en innovar e incorporar elementos del argot ingenieril y empresarial. También puede ser utilizada como una guía flexible y adaptable para la evaluación de tópicos selectos de física y también de otras ciencias fácticas a nivel universitario. Sin embargo, se recomienda que siempre se establezcan objetivos didácticos alineados a los programas de estudio, en nuestro caso la rúbrica es específica para ecuación de Bernoulli.
- Los alumnos se mostraron dispuestos e interesados a resolver el problema previo conocimiento que esta es la forma en que se trabaja en una empresa y mostrarles la evidencia de que hizo todo el proceso de indagación (fotos, videos, diagramas de tuberías e instrumentación). Por lo que, se considera se cumplió el objetivo de ligar los conocimientos con el ámbito laboral. Se promovió el desarrollo de la habilidad trabajo colaborativo, toma de decisiones y creatividad. Porque, la solución que los estudiantes proponen debe estar basada en una argumentación científica (dinámica de fluidos), pero, satisfactoria desde el punto de vista ingenieril.
- Se recomienda que los equipos estén integrados por un mínimo de cuatro alumnos y máximo cinco, el tiempo sugerido para realizar la actividad es de siete horas, de acuerdo con la secuencia didáctica diseñada (véase Apéndice 7)
- Como se aprecia en las notas finales ningún equipo logró alcanzar el 100 %, debido a fallas que versan desde la aplicación correcta de los conceptos (ecuación de continuidad, análisis dimensional, efecto Venturi); convirtieron mal; fallas en matemáticas (despejaron mal); algunos equipos incurrieron en deshonestidad académica.

- Lo que se considera útil es la realimentación que se le pueda proporcionar al alumno a nivel individual y colectivo, mediante este instrumento de evaluación. Se estima que, el hecho de describirles con mayor precisión sus áreas de mejora e incluso puntualizar que han hecho su trabajo con la calidad esperada de estudiantes universitarios, eventualmente tiene un impacto manifiesto en su formación académico-profesional. Y esto se reflejó en la evaluación docente, porque, los alumnos percibieron su evaluación como justa, es decir, hay una correlación entre la realimentación proporcionada por el docente y la evaluación del alumno hacia el desempeño de éste.
- Esta propuesta de evaluación es integral, porque, no solo incluye aspectos técnicos, en el apartado “interacción con profesor y pares”, se valora la actitud, capacidad de trabajo en equipo, compromiso. Desde luego, esto está basado en la apreciación del docente; sin embargo, para disminuir la subjetividad se propuso la realización de una coevaluación, la cual se considera como factor multiplicativo de la nota global. Es decir, si la nota producto de la rúbrica para un equipo fue 88 y el producto de la coevaluación de uno de los integrantes fue 75, su nota individual no puede, ni debe ser 88, es 66.
- Finalmente, es preciso remarcar que análogo a las empresas los estudiantes y los trabajadores responden mejor a estímulos, tesis central del condicionamiento operante. Por tanto, las asignaciones que encomendamos a nuestros estudiantes deben ser revisadas, realimentadas de forma profesional, ya que, somos partícipes en la formación de los ingenieros químicos que competirán con sus pares de otras universidades. Por tanto, podemos contribuir mediante estos instrumentos a que los estudiantes cavilen que, pueden y deben mejorar continuamente.

Referencias

- Alonso, M. & Finn, J. (1986). Física Volumen I: Mecánica, Addison Wesley Iberoamericana.
- Badger, W. & Banchemo, J. (1970). *Introducción a la ingeniería química*. McGraw-Hill.
- Bauer, W., & Westfall, G. D. (2011). *University physics with modern physics*. McGraw-Hill.
- Camarena, P. (2002). Metodología curricular para las ciencias básicas en ingeniería. *Revista Innovación Educativa*, 2(10), 22-27.
- ESIQIE (s.f.). [Fecha de consulta: 6 de junio de 2019], Disponible en: <http://www.esiqie.ipn.mx/conocenos/Paginas/Mision-Vision-Objetivos.aspx>
- Garnier, G. (2014). Grandes desafíos en ingeniería química. *Fronteras en química*, 2, 17. doi: 10.3389/fchem.2014.00017
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill-Interamericana Editores.
- OECD (2019), Higher Education in Mexico: Labour Market Relevance and Outcomes, Higher Education, OECD Publishing, Paris. En: <https://doi.org/10.1787/26169177>
- Pérez, M., Manzano, J., Llácer, R., García-Serra, J. y López, P. (2017, Julio). La competencia “Diseño y Proyecto” coordinada en la Mecánica de Fluidos de Ingeniería Química en los campus de la UPV: resultado de un Proyecto de Innovación y Mejora Educativa. In *In-Red 2017. III Congreso Nacional de innovación educativa y de docencia en red*. (pp. 1044-1055). Editorial Universitat Politècnica de València.

Pachano, F. y Gutiérrez, K. (2014). Propuesta metodológica para evaluar el desempeño de profesionales en el mercado laboral. Caso Ingeniería de Sistemas. *Educere*, 18(59), undefined-undefined. [fecha de Consulta 24 de Noviembre de 2019]. ISSN: 1316-4910. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=356/35631103007>

Resnick, R., Halliday, D., y Krane K. (2002). *Física, Volumen I*. Grupo Editorial Patria.

Smartdraw.com (2019). *Diagrams* [online] Disponible en: <https://www.smartdraw.com/value-stream-map/value-stream-mapping-software.htm> [Accessed 20 de mayo de 2019].

Suárez, C., Roldán, S., y Gon, F. (2017). La física y la gestión sostenible del agua residual. Una mirada integral a un problema de ingeniería. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29, 413-420.

Villamañe, M., Álvarez, A., Larrañaga, M., y Ferrero, B. (2017). Desarrollo y validación de un conjunto de rúbricas para la evaluación de Trabajos Fin de Grado. *Revisión*, 10(1).

Apéndices

Apéndice 1- Selección de empresa

<https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/Ap%C3%A9ndice%201.pdf>

Apéndice 2- Cuestionario diagnóstico a ingenieros egresados

<https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/Ap%C3%A9ndice%202.pdf>

Apéndice 3- Participación de los ingenieros químicos en la solución de problemas desde diversos enfoques

<https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/Ap%C3%A9ndice%203.pdf>

Apéndice 4- Problemas y causas registradas en la planta en los últimos dos años

<https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/Ap%C3%A9ndice%204.pdf>

Apéndice 5- Indicadores de desempeño para la dinámica de fluidos

<https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/Ap%C3%A9ndice%205.pdf>

Apéndice 6- Características del reporte e instrucciones para abordar el problema contextualizado

<https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/Ap%C3%A9ndice%206.pdf>

Apéndice 7- Secuencia didáctica para resolver el problema contextualizado

<https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/Ap%C3%A9ndice%207.pdf>