



Red de Investigadores Educativos Chihuahua A.C.
Registro Padrón Nacional de Editores
978-607-98139
<https://www.rediech.org/omp/index.php/editorial/catalog>



ISBN: 978-607-98139-6-3
[https://rediech.org/omp/index.php/
editorial/catalog/book/20](https://rediech.org/omp/index.php/editorial/catalog/book/20)

Fabiola Escobar Moreno

2021

Vinculando la academia y la empresa a través de la física

En A. Y. Soto Lazcano y L. Suárez Téllez (coords.).
*Repensar las didácticas específicas. Una aportación
multidisciplinaria a la enseñanza especializada* (pp. 41-56).
Chihuahua, México: Red de Investigadores Educativos
Chihuahua.



Esta obra está bajo licencia internacional
Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0.
CC BY-NC 4.0

Vinculando la academia y la empresa a través de la física

FABIOLA ESCOBAR MORENO
Instituto Politécnico Nacional – CICATA Legaria

Resumen

En este capítulo se muestra una vinculación de una metodología de aprendizaje y una herramienta utilizada a nivel empresarial para la solución de problemas, a partir de un problema planteado de la industria química donde se vinculan el método científico y la dinámica de fluidos. El objetivo fue explorar la combinación de ABP (metodología didáctica: Aprendizaje Basado en Problemas) y DMAIC (herramienta utilizada a nivel laboral, el acrónimo significa: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). La metodología fue cualitativa, descriptiva y exploratoria. Producto de esta indagación y la puesta en escena, contamos con un ejemplo de vinculación entre la academia y la empresa; se dispone de estructuras metodológicas, de un problema real, de instrumentos para evaluar; también tenemos como resultado que es una propuesta que estimula el interés en los alumnos por el método científico, además que se logra vincular los aprendizajes en el contexto de la profesión a la que se está preparando.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del presente capítulo es demostrar, mediante problemas reales de ingeniería, que el alumno puede aplicar y utilizar el método científico fuera de un laboratorio de Física.

El objetivo secundario es la utilización, como soporte didáctico, de la metodología denominada Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y una herramienta utilizada en el ámbito laboral llamada DMAIC, acrónimo cuyo significado es: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, para el aprendizaje del método científico, ya que es un tópico incluido en la unidad de aprendizaje Mecánica Clásica.

Conocedores de que el método científico es el soporte donde descansan las ciencias factuales y de que, si bien los alumnos en el primer semestre de la licenciatura de Ingeniería Química Industrial (IQI) de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE) cursan tres laboratorios, y considerando que el método científico forma parte del programa académico de Mecánica Clásica, los alumnos deberían tener un dominio considerable de dicho tópico. Sin embargo, de acuerdo con la experiencia en la docencia, cuando se solicita a los estudiantes que realicen una hipótesis o que planteen preguntas para resolver los ejercicios propuestos de cualquier tema, queda evidenciado que no tienen claro el método científico.

Se considera que la falta de claridad conceptual está relacionada con la forma en que se instruye en este tópico. En los libros clásicos de Física no se aborda el *método científico*, al menos no de forma explícita, porque se considera que la literatura se enfoca a mostrar y ejemplificar una guía de análisis para resolver ejercicios. Algunos autores refieren que la manera en que los físicos abordan los problemas complejos es precisamente a través del método, modelo de análisis de acuerdo con Serway y Jewett (2018, p. 31), e incluso se ha detectado que algunos profesores de Física y otras disciplinas, y alumnos consideran que esos son los pasos del método científico. La guía para resolver ejercicios que proponen autores como Serway y Jewett (2018, pp. 30-31) es: conceptualizar, categorizar, analizar y finalizar.

La confusión estriba en el hecho de que se establece que esta es una propuesta de un modelo (guía) para resolver problemas. Y en la literatura se suele argumentar que el método científico lo constituye una serie de pasos entrelazados para resolver problemas, pero lo que quizá no se haya puntualizado es que lo que se resuelve en los libros de Física no son problemas, son ejercicios. Asimismo, al revisar la literatura de Física de nivel universitario (Tipler y Mosca, 2008; Bauer y Westfall, 2014) encontramos una situación similar, es decir, no hay capítulos ni secciones explicativas para el método científico.

Se cuestionó a nuestros colegas de la Academia de Física sobre las actividades de aprendizaje que diseñan para la comprensión de este tema. Se encontró que son actividades enfocadas a la descripción de cada una de las etapas del método científico. También, algunos colegas señalan que es un tema estéril y que sí está implícito en

el laboratorio con la realización empírica de cada uno de los pasos; luego entonces, ¿para qué abordarlo en clase?

De lo anterior se concuerda con lo señalado por Gutiérrez (2006, p. 6) el método científico constituye el medio factible para establecer *orden, precisión* y provee de una forma para *fundamentar* juicios con intenciones científicas. Por lo que, surge esta propuesta para comprender y aplicar el método científico, vinculado a una problemática real. Lo anterior se sustenta en la idea de que se debe mudar la forma en que se aprende la teoría. En el caso del método científico (que implica la observación, planteamiento del problema, generación de hipótesis, prueba de hipótesis [experimentación], análisis de datos, formulación de modelo), los alumnos pueden recordar los pasos pero, ¿cuál es su importancia?, ¿cómo utilizarlo en la práctica?

A lo anterior añadimos que los docentes tienen la creencia de que con la repetición, transmisión o la indagación del método científico se adquiere conocimiento significativo, que es una visión simplista y reducida, porque el método científico plantea dificultades especiales, señala Serrano (1990, p. 224), que se deben reconstruir y explicar.

Por lo anterior, se concuerda con lo que señalan autores como Sanmartí, Cañal, Aleixandre, Couso, Pintó, Ametller y De Pro (2011, p. 16), y tenemos el compromiso de reinventar la forma en que aprenden nuestros alumnos, sobre todo en disciplinas como la Física. Seguir haciendo lo mismo y repitiendo el patrón de cómo fuimos instruidos, ¿está vigente hoy día? Hay que formular esta pregunta y responderla de forma objetiva y expedita; lo que hacemos en las aulas, ¿es útil y suficiente para nuestros futuros profesionistas?

Otra de las razones por las cuales se considera que se deben incorporar estas metodologías es lo expresado por los empleadores, como señala el informe de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos): “Los empleadores también identificaron la desconexión entre el conocimiento y las habilidades desarrolladas en los programas de educación superior y sus necesidades laborales como un tema importante” (OECD, 2019, p. 143). Incluso los que tuvimos la oportunidad de incorporarnos al sector productivo corroboramos esta afirmación. Lo que aprendemos en la universidad, desde los contenidos hasta la forma en como nos instruyen y evalúan, dista mucho de lo que se requiere y de lo que se hace en una empresa, por lo que incorporar estas metodologías coadyuva a ligar los conocimientos y se desarrollan habilidades que no se desarrollan con las clases magistrales.

METODOLOGÍA

Utilizamos el método sistémico estructural, de alcance descriptivo, y se considera que este es un estudio de caso. Nuestra muestra es no probabilística, porque requerimos un grupo de estudiantes que ya hayan cursado Mecánica Clásica y además cursado tres laboratorios de ciencias experimentales donde el uso del método científico sea explícito o implícito, tal como anteriormente señalamos, según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 189).

El proceso consistió en utilizar y aplicar la metodología denominada DMAIC como la herramienta para implementar los pasos del método científico, que es de gran valor para los estudiantes.

De acuerdo con McCarty *et al.* (citados por Ocampo y Pavón, 2012), DMAIC “es un método iterativo que sigue un formato estructurado y disciplinado basado en el planteamiento de una hipótesis, la realización de experimentos y su subsecuente evaluación para confirmar o rechazar la hipótesis previamente planteada”.

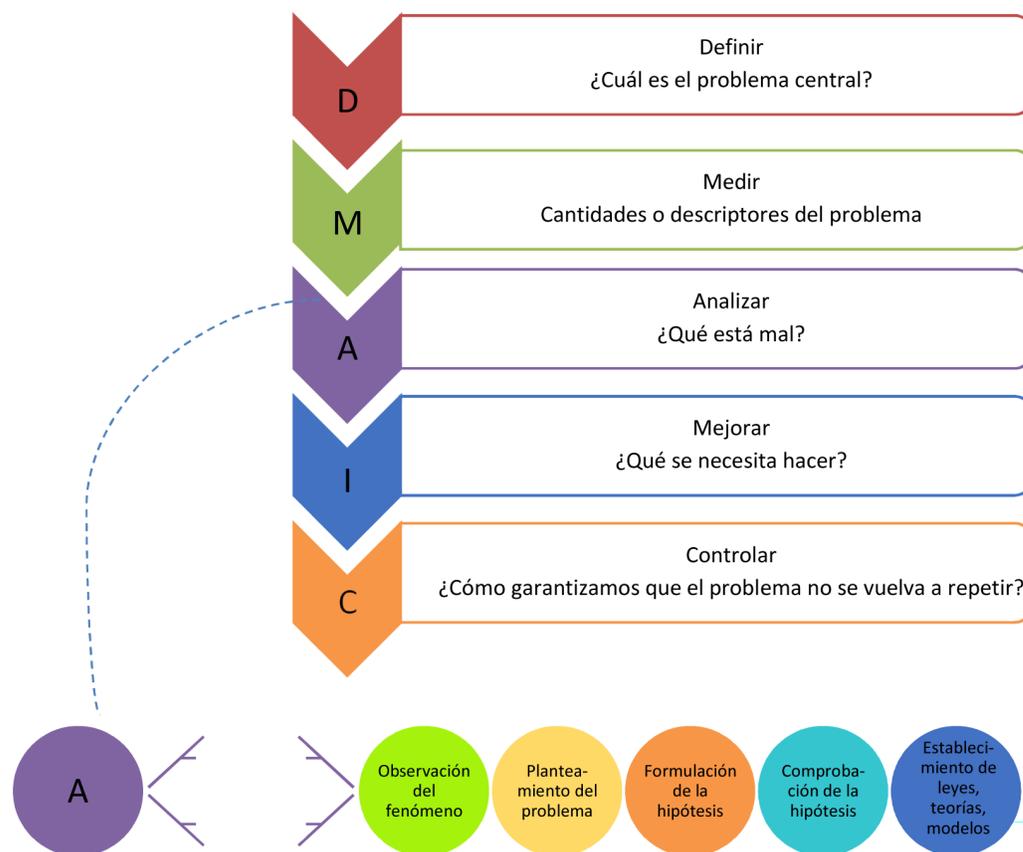


Figura 1. Etapas de DMAIC y el método científico.

Fuente: Elaboración propia.

Dicha herramienta es un acrónimo, donde cada letra tiene un significado y se plantea una pregunta, señala SixSigma (s.f.). Como se observa en la figura 1, en la etapa *analizar* se aplica el método científico de forma explícita, quedando de manifiesto que el método científico traspasa los muros de un laboratorio, y eventualmente puede utilizarse para la solución de problemas de carácter profesional y no-académico.

No obstante, consideramos que también se utiliza en la parte inicial, que es responder a la pregunta: ¿Cuál es el problema inicial? Al hacer un diagnóstico, lo que hacemos es observar (aunque de forma imaginaria o con lo que se dispone del problema), e incluso se comienza el proceso de formular una hipótesis. Asimismo,

en la acción *controlar* estamos haciendo reproducibilidad, análogo a un experimento para probar nuestra hipótesis.

FUNDAMENTACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA DIDÁCTICA ESPECÍFICA

Tal como menciona González (2010), se requiere del binomio *saber didáctico* y *saber disciplinar* en nuestro caso de la ciencia factual, Física. Pero más relevante es aplicar dicho saber didáctico para contextualizar el aprendizaje y en esa medida lograr motivar a nuestros estudiantes (véase figura 2), por lo que mediante esta propuesta, al considerar la sinergia de las dos metodologías, una apropiada para aprender (ABP) y la otra utilizada en el ámbito profesional (DMAIC) en el contexto de la Física, entonces se puede aspirar a un verdadero aprendizaje significativo, contextualizado y actualizado. En este sentido, indagaciones realizadas por Camarena y Trejo (2009) invitan a vincular los contenidos de los programas con aprendizajes en el contexto de la profesión a la que se está formando. En nuestra propuesta estamos planteando un problema de la industria química que se analizará con una herramienta, también vinculada al ámbito laboral, que hace uso del método científico.

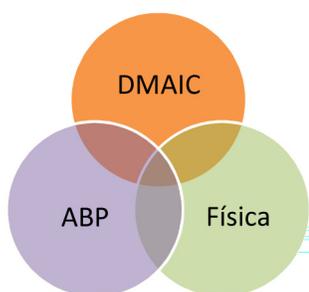


Figura 2. Sinergia metodológica y la Física.

Fuente: Elaboración propia a partir de la sinergia metodológica

En este mismo orden de ideas, Rendón, Esteban y Villa (2016) señalan que expusieron a un grupo de alumnos a una situación problemática (en el contexto de la profesión que estudian) porque tuvieron que descubrir cuál era la mejor opción para hacer un empaque óptimo. La metodología que utilizaron estos docentes fue el aprendizaje situado, la cual permite el desarrollo de estas habilidades blandas. De lo anterior se coincide con estos profesores en que sólo sometiendo a los estudiantes a estas situaciones que realmente representan un reto cognitivo se lograrán desarrollar habilidades de orden superior, como toma de decisiones.

Ahora bien, esta propuesta se considera en la categoría, de acuerdo con Camilloni (2007, p. 24), *una didáctica específica según las edades de los alumnos*: de jóvenes adultos. El rango de edades más recurrente en el primer semestre es de 17 a 20 años, por lo que se considera que los alumnos tienen expectativas de aprendizaje más retadoras y estimulantes —algunos—. Por tal motivo se deben diseñar aquellas intervenciones educativas tomando en cuenta que se está formando a un futuro profesionalista, y

conocer y aplicar este tipo de herramientas (DMAIC) es un valor agregado en su formación académico-profesional.

Asimismo se considera, de acuerdo con Camilloni (2007, p. 24), *una didáctica específica de la Física*, puesto que el problema que se les presenta está extraído de la industria química y la propuesta de solución está en el marco de la dinámica de fluidos (parte de la Mecánica Clásica).

Desde nuestro entender, debemos partir del reconocimiento de la arraigada creencia sobre que explicar o recitar algo no es una garantía de que nuestros estudiantes aprenden. Es ineludible romper con la inercia de afirmar que para instruir a los estudiantes en una determinada disciplina basta con conocerla y de nuestro conocimiento sobre ésta emana lo necesario para enseñarla de forma competente, afirma González (2010).

Consideramos que nuestra propuesta de didáctica específica de la Física tiene elementos que tienden al desarrollo de habilidades que se requieren en el ámbito laboral (véase tabla 1).

Nos dimos a la tarea de indagar aspectos relacionados a la didáctica del método científico con nuestros colegas de academia, profesores con vasta experiencia en la

Tabla 1. Comparativo de ABP + DMAIC con la clase transmisión-recepción.

Clase transmisión-recepción	ABP + DMAIC
Se promueve al trabajo colaborativo, con algunas actividades	Con la metodología ABP es imperativo trabajar en equipo
Si el profesor diseña secuencias didácticas que impliquen investigación, se desarrolla la habilidad de indagación	Se desarrolla la habilidad de investigar, ya que deben indagar cada duda que surja producto del problema y de las etapas de DMAIC, aunque esto no implica abandono de las funciones docentes, porque el profesor debe acompañar el proceso de implementación de ABP + DMAIC
Si el profesor propone espacios para refutar ideas, también se puede desarrollar esta habilidad	Se promueve la discusión entre pares, el debate de ideas. Se introduce al pensamiento crítico
Las actividades de aprendizaje que se proponen en su mayoría son del tipo repetición-recepción	Se promueve la creatividad, porque deben proponer soluciones asequibles y coherentes
El tipo de actividades y ejercicios que se promueven en los programas de estudio y la bibliografía de consulta son de respuesta cerrada, es decir, no implica que el alumno tome una decisión	Se promueve la toma de decisiones, se debe elegir la mejor solución a la problemática planteada
Si el profesor considera las problemáticas propias de la profesión que forma, podría contextualizar el aprendizaje de algún tópico	Se contextualiza el aprendizaje
Rara vez se conoce que el profesor haga investigación de campo para integrarlo a sus clases	Se promueve el uso de herramientas que utilizan las empresas para analizar problemas de forma disímil a como sugieren los libros de Física

Fuente: Elaboración propia.

didáctica de la Física. La Academia de Física de la ESQIE la integran 41 profesores, de los cuales el 36% accedió a participar, a través de pregunta directa vía Presidencia de Academia, que a su vez compartió las respuestas de los profesores con la autora de este trabajo. De sus aportaciones sobresale lo siguiente:

- El 80% de los profesores que participaron consideró que el tema, método científico, es relevante tanto para la Física como para otras disciplinas.
- Ninguno de los profesores que participaron utiliza metodologías de aprendizaje activo para el aprendizaje del método científico.
- El 60% utiliza evidencias de aprendizaje centradas en la memoria, reconocimiento de los pasos, controles de lectura, tormenta de ideas y evidencias de tipo de corte investigativo.
- El 20% de los participantes considera que el tópico del método científico debería quitarse del programa.
- Otro 20% enfatizó en la relevancia del método científico como pilar de la formación científica e ingenieril, pero no describió el tipo de actividades de aprendizaje que utiliza para el abordaje del tema.

Lo anterior advierte y corrobora lo que se ha reportado en otras indagaciones: los profesores consideran un hecho que el aprendizaje del método científico está implícito en la realización de las prácticas de laboratorio; tal como señalan Mellado y Carracedo (1993): “los procesos los aprendían en el laboratorio aplicando el método científico, mientras que los productos (los hechos y teorías) los aprendían en el aula a través del libro de texto y de la explicación del profesor”. De esta indagación también se reporta la creencia de que, si el profesor explica algo, eso es un decreto de aprendizaje.

DESARROLLO

Fase 0. Sensibilizar a los estudiantes sobre lo que van a realizar, explicar para qué y por qué

Se debe abordar el tema método científico con esta sinergia metodológica. Se considera conveniente también hacer mención de lo que proponen algunos autores sobre el desarrollo de competencias laborales, para aspirar a tener una formación integral y alineada a lo que requiere el sector laboral (Singer, Guzmán y Donoso 2009; Matus y Gutiérrez, 2015).

Fase 1. Diagnóstico del conocimiento del método científico con el alumnado.

Como se mencionó, se aplicó un instrumento de elaboración propia basado en el libro *Introducción al método científico*, de Gutiérrez (2006), dicho instrumento se denomina “Cuestionario sobre conocimiento del método científico (CCMC)” (ver el apéndice 2).

Fase 2. Revisión de los resultados arrojados por el instrumento.

De los resultados que arrojó el instrumento sobresale que el 80% del grupo reprobó, es decir, no pudieron identificar a cabalidad el método científico. Por lo que surgió la interrogante: ¿La estrategia que propone la planeación didáctica es efectiva? De lo anterior surge la inquietud de diseñar una secuencia didáctica basada en la metodología ABP (Aprendizaje Basado en Problemas). A los alumnos se les presenta un problema abierto, el cual deberán resolver con la herramienta DMAIC, que en una de sus etapas requiere del método científico.

Es conveniente mencionar que la planeación didáctica del programa de Mecánica Clásica señala que este tema debe ser revisado, sin embargo, en las sugerencias de evidencias de aprendizaje se limita a la elaboración de un ensayo, que en el mejor de los casos, retroalimentará al profesor. Sin embargo, esa evidencia, ¿garantiza que el alumno comprendió el método científico? Al profesor, ¿le interesa que su alumno comprenda los alcances del método científico? Y en este contexto es que debería surgirnos la inquietud, como señala Camilloni (2007, p. 48): ¿Hay saberes más profundos y otros más superficiales? Y esto se puede extrapolar a la creencia –equivoca, por cierto– de que el método científico es útil sólo en los laboratorios. Por lo anterior, algunos docentes señalan que no hay necesidad de profundizar o lo abordan de forma superficial –si es que se aborda–.

Fase 3. Aprender a realizar hipótesis y plantear preguntas.

Porque estamos de acuerdo con la perspectiva de Guisasola, Ceberio y Zubimendi (2016), este es un paso crucial durante el proceso de indagación científica que pretenda resolver o analizar un fenómeno o problema: debe contener la declaración de la hipótesis.

Así, mediante el siguiente problema contextualizado (elaborado por la autora de este trabajo):

El gerente de ventas de una fábrica productora de hipoclorito de sodio (CloroTec) se percató de que las ventas disminuyen en invierno en un 30%, constituyendo pérdidas del orden de \$2,500,000 aproximadamente. Y quiere saber por qué, para hacer una mejor planeación de la producción y diseñar estrategias para mejorar las ventas. Sus indagaciones preliminares lo llevan a creer que es el decremento de la temperatura debido a la estacionalidad, lo que podría estar afectando sus ventas. Aunque también se debería considerar que su competencia directa ha renovado su proceso productivo con tecnología de punta (incluyendo el área de llenado), permitiéndoles tener tiempos de entrega más cortos que CloroTec. En la etapa de almacenamiento y llenado de CloroTec, cuentan con dos tanques con capacidad de $19 \text{ m}^3 \text{ c/u}$; éstos tienen un orificio para despacho con un diámetro de 15 cm. El área de llenado cuenta con tres operadores en cada turno.

Se les solicitó a los estudiantes realizar las siguientes asignaciones:

- Actividad 1. Elaborar una hipótesis general y otra hipótesis comprobable.
 - Actividad 2. Elaborar tres preguntas sobre el problema planteado.
-

La fase 3 fue ineludible debido a los hallazgos de la fase 1. Esta fase resultó relevante, porque comprobó lo que habíamos observado en nuestros grupos –antes de realizar esta intervención a través de la didáctica específica–: los alumnos no saben plantear hipótesis. Lo anterior lo basamos en lo que arrojó la actividad 1, sólo el 10% recordaba la definición de hipótesis, pero, de este pequeño porcentaje, sólo la mitad planteó una hipótesis correcta. El 50% planteó un juicio; el otro 40% no estableció ninguna propuesta, argumentando desconocimiento. Respecto a la actividad 2, también dio cuenta de la falta de creatividad en los estudiantes, ya que el 70% realizó preguntas donde la respuesta era un trivial “sí” o “no”, e incluso cuestionan la relevancia de generar preguntas sobre la situación presentada.

FUNDAMENTOS DEL RAZONAMIENTO **INDUCCIÓN LÓGICA Y FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS**

Las hipótesis son supuestos a comprobar. Para resolver este ejercicio, observa estas figuras. Identifica visualmente diferencias y semejanzas. Escribe en los espacios correspondientes las características esenciales comunes a todas. Verifica que lo que supones se da en todas ellas.

Estos tres dibujos se llaman imaginariamente **anobas**.



Características esenciales
(Son comunes a todos los miembros de una clase).

1. _____
2. _____
3. _____

Comprueba que todas las **anobas** tienen todas las características esenciales.

Dibuja dos nuevas **anobas** lo más originales que puedas.

47

Figura 3. Ejercicio para estructurar el concepto de hipótesis.

Fuente: Yuste, Ruiz y Errisúriz, 2014.

Lo anterior fue desalentador. Ahora surge otro inconveniente: ¿cómo proporcionar herramientas que permitan la correcta formulación de hipótesis? Consideramos que era conveniente, en lugar de desacreditar los intentos de nuestros estudiantes para realizar una hipótesis, primeramente, debíamos apoyarlos a estructurar ese concepto (véase figura 3), así que utilizamos un ejercicio que sugieren Yuste, Ruiz y Errisúriz (2014, p. 47), el cual, además de ser no-convencional, permite considerar que las hipótesis provienen del proceso de relacionar dos variables, y cuyo propósito es: demostrar o rechazar ese postulado temporal establecido para intentar solucionar un problema o explicar un determinado fenómeno.

Este ejercicio, si bien es elemental, se considera provechoso, ya que implica observación y análisis para lograr plantear hipótesis.

Fase 4. Aplicación de la sinergia metodológica (ABP y DMAIC).

A los alumnos se les proporcionó un problema de la industria química, se les solicitó que lo leyeran de forma individual y que aplicaran DMAIC de forma individual. Después se les solicitó que formaran equipos de cuatro a cinco integrantes, y aplicaron la metodología ABP.

A este mismo grupo se le aplicó un instrumento CCMC para medir su conocimiento sobre el método científico.

Fase 5. Análisis de los productos de aprendizaje.

Dada la naturaleza de prueba y tiempos para cubrir los contenidos y realizar la actividad, decidimos utilizar una lista de cotejo (véase tabla 2) para evaluar los productos de aprendizaje utilizando estas dos metodologías, porque consideramos que la realización de una actividad de aprendizaje y su evaluación es crucial para el cumplimiento del objetivo de esta propuesta.

Para integrar la nota se suman ambas categorías, dando un total de 10 puntos.

Las indicaciones del producto de aprendizaje fueron las siguientes:

Las características mínimas que debe incluir el reporte son:

- a) Portada. Incluye escudos de la escuela, datos (ejemplo: IPN, ESIQIE, Academia de Física), el título del reporte (propuesta de solución APB-DMAIC), el nombre de los autores (cuatro máximo), el nombre de la actividad, el nombre del profesor y la fecha en que se presenta el reporte. De los requisitos de presentación, se realizará el reporte en un archivo en PDF, con el nombre "ABP+DMAIC". Los márgenes predeterminados normal, con interlineado sencillo, se utilizará letra Calibri en tamaño de 12 puntos.
 - b) Resumen. Constituye el contenido esencial del reporte técnico, como: objetivo, breve marco conceptual del problema a abordar (100-150 palabras máximo).
 - c) Resultados. Describir cada uno de los pasos de DMAIC, tomando como base el siguiente problema previamente planteado:
-

Tabla 2. Lista de cotejo para evaluación.

Categoría	Indicador de desempeño	Valor	Cumple	
			Sí	No
Aplica la metodología DMAIC	Define el problema (<i>Definir</i>)	1		
	Cuantifica el problema (<i>Medir</i>)	1		
	Escribe todos los pasos del método científico (<i>Análisis</i>)	1		
	a) Observación			
	b) Planteamiento del problema			
	c) Formulación de la hipótesis			
	d) Comprobación de la hipótesis			
	e) Establecimiento de leyes, teorías, etc.			
	Escribe las mejoras (<i>Mejorar</i>) (al menos 3)	1		
	Escribe cómo controlar el problema (<i>Controlar</i>)	1		
Total		5		
Aplica la metodología ABP	Clarificación de conceptos	NA		
	Definición del problema	1		
	Análisis del problema/lluvia de ideas	0.5		
	Inventario sistemático/clasificación	0.5		
	Formulación de objetivos de aprendizaje	NA		
	Este apartado lo realiza el profesor			
	Auto estudio, investigación	NA		
Reporte	3			
Total		5		

Fuente: Elaboración propia.

El gerente de ventas de una fábrica productora de hipoclorito de sodio (CloroTec) se percata de que las ventas disminuyen en invierno en un 30%, constituyendo pérdidas del orden de \$2,500,000 aproximadamente. Y quiere saber por qué, para hacer una mejor planeación de la producción y diseñar estrategias para mejorar las ventas. Sus indagaciones preliminares lo llevan a creer que es el decremento de la temperatura debido a la estacionalidad, lo que podría estar afectando sus ventas. Aunque también se debería considerar que su competencia directa ha renovado su proceso productivo con tecnología de punta (incluyendo el área de llenado), permitiéndoles tener tiempos de entrega más cortos que CloroTec. En la etapa de almacenamiento y llenado de CloroTec, cuentan con dos tanques con capacidad de 19 m³ c/u; éstos tienen un orificio para despacho con un diámetro de 15 cm. El área de llenado cuenta con tres operadores en cada turno.

- *Define*:
- *Measure*:
- *Analysis*: siguiendo los pasos del método científico.
 1. Observación del fenómeno.
 2. Planteamiento del problema.
 3. Desarrollo de la hipótesis (plantear al menos dos).

4. Probando la hipótesis.
 5. Estableciendo teoría.
- *Improve*:
 - *Control*: se centrará en *medición* de resultados, y *motivación* hacia los implicados.
- d) Conclusiones individuales. Describir el aprendizaje personal y académico que le dejó la realización de esta actividad, reflexión sobre la relevancia de la dinámica de fluidos, de la utilización de DMAIC para analizar el problema, ¿cuál es su opinión sobre la metodología utilizada? (100-120 palabras máximo).
- e) Bibliografía de consulta (formato APA 6a. edición).

Respecto a la utilización de otras metodologías, se concuerda con lo que plantea la Vicerrectoría Académica del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM, s.f.) acerca de qué ABP es una propuesta educativa que se enfoca en el análisis, reflexión y aprendizaje que tiene como fuente un problema. También es resaltable que es una metodología que produce el aprendizaje autónomo y entrena a los estudiantes para los problemas venideros y reales. El objetivo se centra en hacer lo más cercano a un ejercicio profesional (ITESM, s.f.) (véase figura 4).

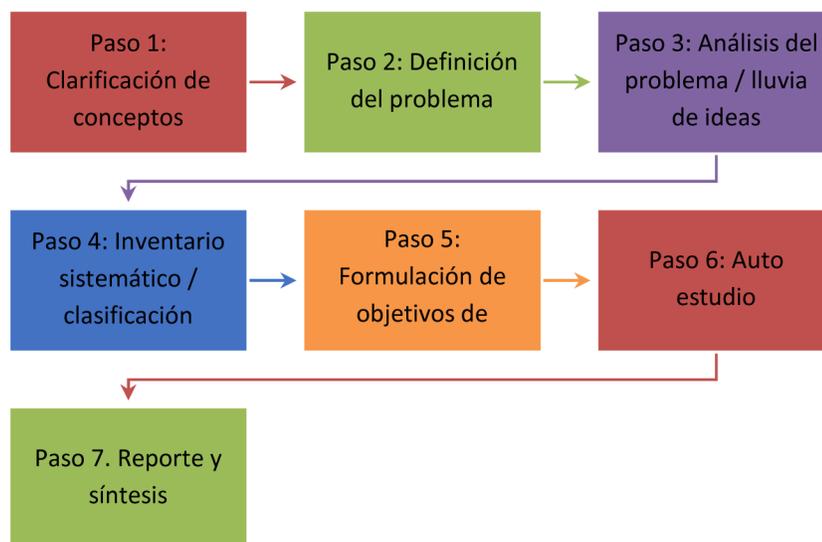


Figura 4. Sinopsis de los pasos de ABP.

Fuente: Elaboración propia basada en los descriptores de ABP.

Respecto a la caracterización de nuestra propuesta didáctica específica (método científico en la Física), se puede resumir en los siguientes puntos:

- a) Está contextualizada (utiliza un problema de la industria química).
- b) Es apropiada para el nivel educativo en el que se implementa.
- c) Está basada en una metodología de resultados probados y una herramienta utilizada a nivel empresarial apropiada para el abordaje y solución de problemas. Además está alineada con lo señalado por Scott (2015), los estudiantes

deben tener capacidad para utilizar aquellas metodologías y herramientas de forma eficiente que les permitan resolver cualquier dificultad.

- d) Yace en el aprendizaje activo y el papel del profesor está lejos de transmitir información, como lo sugiere el Eje Fundamental 1 de la Actualización del Programa de Desarrollo Institucional del IPN (2015-2018), que insta a la integración de experiencias educativas reales y orientada al área de formación de la profesión que se instruye (IPN, 2018, p. 34).
- e) Se vincula la praxis con la teoría.
- f) Se estimulan la creatividad y la resolución de problemas complejos, habilidades que demanda el siglo XXI.
- g) Permite al docente una actualización vivencial, porque también tiene que aprender de las metodologías que se utilizan en las empresas.
- h) Se observa interés por parte de los alumnos e incluso un pequeño porcentaje (10%) sugirió que deberían integrarse más actividades de aprendizaje de este tipo.

Resultados de la implementación de la didáctica específica.

Se obtuvieron los siguientes resultados producto de la aplicación de un instrumento enfocado en las cinco etapas del método científico y de la lista de cotejo para la valoración de la evidencia de aprendizaje (reporte técnico):

- a) Para realizar la estadística se consideró sólo a los 26 alumnos que realizaron el test en los momentos *pre* y *post*, de los cuales fueron 10 mujeres y 16 hombres. Antes de la didáctica específica (momento *pre*) lo aprobaron 8 alumnos y lo reprobaron 18 alumnos, por lo que el 30.77% de los alumnos aprobó. Después de la didáctica específica (momento *post*), el test lo aprobaron 16 alumnos y reprobaron 10 alumnos, lo que corresponde al 61.54% de alumnos aprobados. Al comparar ambos resultados se observa un incremento del 50% en el índice de alumnos aprobados en la propuesta de didáctica específica.
- b) Las calificaciones máximas y mínimas fueron: momento *pre* 7 y 2, respectivamente; momento *post* 10 y 3, respectivamente.
- c) Respecto a los instrumentos de evaluación para revisar sus productos de aprendizaje –un reporte técnico con apartados especificados tales como: evidenciar cada una de las etapas que enmarca ABP y describir los pasos que implica DMAIC–, se encontró lo siguiente:
 - Al inicio los alumnos suelen presentar dificultad para identificar el problema central. Tienden a desviarse de éste, proponiendo como problema situaciones que son consecuencias del verdadero problema (disminución de ventas en la época invernal y tecnología obsoleta).
 - Otro paso que continúa siendo complicado es la formulación de la hipótesis, por lo que se les asignó otra tarea adicional para robustecer sus supuestos. La actividad consistió en indagar los tipos de hipótesis, definiciones, características, y ejemplificar cada una.

- Los últimos dos pasos que demarca DMAIC –manifestaron los alumnos– también les demandaron mucho esfuerzo, porque tuvieron que proponer estrategias, indagar y evaluar la factibilidad de éstas; es decir, integraron la creatividad y toma de decisiones.
- Se formaron nueve equipos, de los cuales 22% obtuvo una nota en el rango de 8.5-9. El 68% obtuvo notas entre 8-6.5, y el resto obtuvieron notas pobres, por debajo de 4. De este último grupo se detectó que sólo copiaron y pegaron, incluso uno de los equipos entregó un archivo con un documento únicamente con la hoja de presentación.

CONCLUSIONES

Se observó interés por la realización de la actividad durante todo el proceso. Se considera que se debió al acompañamiento ofrecido, pero también a la previa explicación y justificación sobre lo relevante del tema en la formación de ingenieros y su relación con el entorno laboral. Como nos percatamos, el mismo interés no se ve reflejado en los productos de aprendizaje. Se considera que se debe a la realización de reportes técnicos, los cuales implican escritura y resultan ser demandantes a nivel cognitivo para nuestros estudiantes. Se considera pertinente proporcionarles una plantilla para que la redacción del informe tenga una guía.

Se considera que, análogo a lo que se ha realizado en otras pesquisas relacionadas con la contextualización del aprendizaje, se debe incluir la intervención de los expertos, como destacan Rendón *et al.* (2016), de tal suerte que cada actividad diseñada cumpla con los objetivos didácticos planteados, pero también que sean actividades útiles y significativas para la profesión que se está instruyendo.

Las próximas generaciones de egresados para el siglo XXI demandan habilidades que con la clase magistral no se están desarrollando; la incorporación de herramientas que se utilizan a nivel empresarial en la formación académica es un valor agregado para los estudiantes.

Finalmente, no hay evidencia basada en estadística inferencial que afirme que esta propuesta de didáctica específica sea efectiva, sin embargo, se debe ser cauteloso con esta afirmación, la reproducibilidad permitirá que se puedan hacer adaptaciones, encontrando áreas de mejora y perfeccionando esta sinergia metodológica; por lo pronto se destaca que es una propuesta innovadora, y eso nuestros estudiantes lo aprecian y, como docente, se disfruta siendo disruptivo.

Referencias

- Bauer, W., y Westfall, G. (2014). *Física para ingeniería y ciencias*. México: McGraw-Hill.
- Camarena, P., y Trejo, E. (2009). Problemas contextualizados: una estrategia didáctica para aprender matemáticas. En Lestón, P. (ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 831-840). México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C.
- Camilloni, A. (2007). Didáctica general y didácticas específicas. En A. Camilloni, *El saber didáctico* (pp. 23-39). Buenos Aires: Paidós.
-

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- IPN [Instituto Politécnico Nacional] (2018). *Actualización Programa de Desarrollo Institucional 2015-2018*. México: IPN. Recuperado de: <http://www.gestionestrategica.ipn.mx/Planeacion/Documents/ActPDI1518.pdf>.
- González, I. (2010). Prospectiva de las didácticas específicas, una rama de las ciencias de la educación para la eficacia en el aula. *Perspectiva Educacional, Formación de Profesores*, 49(1), 1-31.
- Guisasola, J., Ceberio, M., y Zubimendi, J. L. (2016). El papel científico de las hipótesis y los razonamientos de los estudiantes universitarios en resolución de problemas de Física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(3), 211-229.
- Gutiérrez, R. (2006). *Introducción al método científico*. México: Editorial Esfinge.
- Matus, O., y Gutiérrez, A. (2015). Habilidades blandas: una ventaja competitiva en la formación tecnológica. *GINT Journal of Industrial Neo-Technologies*, 2(1), 32-40. Recuperado de: https://www.jint.usach.cl/sites/jint/files/art_9_print_v2n1jint006-15_v3.0_0.pdf.
- Mellado, V., y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 11(3), 331-339.
- Ocampo, J., y Pavón, A. (2012). Integrando la metodología DMAIC de Seis Sigma con la simulación de eventos discretos en Flexsim. En *Proceeding of the 10 Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* [Paper No. 147].
- OECD [Organization for Economic Co-operation and Development] (2019). *Higher education in Mexico: Labour market relevance and outcomes*. París: OECD Publishing. Recuperado de: <https://doi.org/10.1787/26169177> (consulta: 25 jul. 2019).
- Rendón, P., Esteban, P., y Villa, J. (2016). Articulación entre la matemática y el campo de acción de un futuro ingeniero de diseño de producto. Componentes de un proceso de modelación matemática. *Revista de la Facultad de Ingeniería UCV*, 31(2), 21-36.
- Sanmartí, N., Cañal, P., Aleixandre, M., Couso, D., Pintó, R., Ametller, J., y De Pro, A. (2011). *Didáctica de la física y la química* (vol. 2). Ministerio de Educación.
- Scott, C. (2015). El futuro del aprendizaje 2. ¿Qué tipo de aprendizaje se necesita en el siglo XXI? *Investigación y Prospectiva en Educación* [Documentos de Trabajo ERF, No. 14]. París: UNESCO.
- Serrano, J. (1990). *Filosofía de la ciencia*. México: Trillas.
- Serway, R., y Jewett, J. (2008). *Física para ciencias e ingeniería* (vol. I). Cengage Learning.
- Singer, M., Guzmán, R., y Donoso, P. (2009). *Entrenando competencias blandas en jóvenes*. Escuela de Administración Pontificia Universidad Católica de Chile.
- SixSigma (s.f.). *SixSigma*. Recuperado de: <https://www.sixsigmaespanol.com> (consulta: 26 ene. 2018).
- Tipler, P., y Mosca, G. (2008). *Physics for scientists and engineers*. Nueva York: W.H. Freeman and Company.
- ITESM [Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey] (s.f.). *El aprendizaje basado en problemas como técnica didáctica*. Recuperado de: http://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/abp.pdf (consulta: 31 ene. 2019).
- Yuste, C., Ruiz, L., y Errisúriz, M. (2014). *Pienso 4. Programa integral de estimulación de la inteligencia*. México: Trillas.

APÉNDICE 2. CUESTIONARIO SOBRE CONOCIMIENTO DEL MÉTODO CIENTÍFICO (CCMC)



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN BÁSICA
ACADEMIA DE FÍSICA



Nombre: _____

Grupo: _____

Test Método científico. Preguntas extraídas del libro Introducción al Método Científico de Raúl Gutiérrez Sáenz.

Instrucciones, lee cada sentencia y responde en la hoja de respuestas, aquella que consideres correcta. Tiempo 20 min

1. Ordena de forma creciente (1 al 5) los pasos del método científico.
 - (4) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
 - (5) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
 - (1) Observación del fenómeno.
 - (3) Formulación de la hipótesis.
 - (2) Planteamiento del problema.
2. En esta etapa del método científico el hombre colecciona información, registra datos de un acontecimiento y asume una actitud de admiración ante un acontecimiento real.
 - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
 - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
 - c) Planteamiento del problema.
 - d) **Observación del fenómeno.**
 - e) Formulación de la hipótesis.
3. Es toda percepción refinada de uno o más hechos, con la intención de integrar un fenómeno determinado.
 - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
 - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
 - c) Planteamiento del problema.
 - d) **Observación del fenómeno.**
 - e) Formulación de la hipótesis.
4. Debido a la gravedad, todos los cuerpos caen con una aceleración constante de 9.81 m/s^2 .
 - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
 - b) **Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.**
 - c) Planteamiento del problema.
 - d) Observación del fenómeno.
 - e) Formulación de la hipótesis.
5. Si se aumenta la temperatura, aumenta el volumen de un gas:
 - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
 - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
 - c) Planteamiento del problema.
 - d) Observación del fenómeno.
 - e) **Formulación de la hipótesis.**
6. Del experimento, Barómetro de Torricelli, se tiene que: "a mayor altura sobre el nivel del mar, menor presión atmosférica, y por lo tanto, menor altura en la columna de mercurio del barómetro:
 - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
 - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
 - c) Planteamiento del problema.
 - d) Observación del fenómeno.
 - e) **Formulación de la hipótesis**
7. ¿Cómo se conecta el fenómeno A con el fenómeno B?
 - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
 - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
 - c) **Planteamiento del problema.**
 - d) Observación del fenómeno.
 - e) Formulación de la hipótesis
8. Cuando se lleva un barómetro a Acapulco (nivel del mar) y se registra la altura del mercurio y se registran las sucesivas marcas del mercurio conforme se gana altura:
 - a) **Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.**
 - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
 - c) Planteamiento del problema.
 - d) Observación del fenómeno.
 - e) Formulación de la hipótesis
9. Significa aportar evidencias acerca de la veracidad de la hipótesis, es decir, corroborar su adecuación con la realidad que pretende explicar.
 - a) **Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.**
 - b) Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.
 - c) Planteamiento del problema.
 - d) Observación del fenómeno.
 - e) Formulación de la hipótesis
10. Cuando una hipótesis se ha comprobado, el resultado que se obtiene es una relación constante entre dos hechos o fenómenos:
 - a) Comprobación (experimental o racional) de la hipótesis.
 - b) **Establecimiento de leyes, teorías, teoremas, principios.**
 - c) Planteamiento del problema.
 - d) Observación del fenómeno.
 - e) Formulación de la hipótesis