

Enseñanza de los vectores con la red de actividades del pararrayos. Un Estudio de Clases virtual en Ingeniería Química Industrial

Fabiola Escobar Moreno
Guillermina Ávila García
Liliana Suárez Téllez
Instituto Politécnico Nacional

Resumen

Con el objetivo de incorporar resultados de investigación a la docencia universitaria, se presenta un Estudio de Clases virtual del tema de vectores. A partir de un marco teórico articulado con Estudio de Clases y el modelo 5E, se diseñó un problema con una red de actividades para favorecer la contextualización en Física y Matemáticas, y aproximar a los estudiantes a realidad laboral. Fue un estudio de caso analizado con triangulación metodológica con cuatro ciclos de observación; contraste con lista de cotejo y valoración de la percepción estudiantil. Hay mejora en la contextualización del aprendizaje de los vectores concurrentes, los estudiantes evalúan positivamente la innovación didáctica y las profesoras reconocen áreas de mejora en la colegialidad. Se concluye que, aunque la incorporación de los marcos y herramientas de la investigación en la planeación de una clase es lenta y exigente, la experiencia de aprendizaje para los estudiantes es integral y contextualizada.

Palabras clave

Análisis vectorial, Enseñanza de la Física, Estudio de Clases, Modelo 5E, Investigación Educativa, Resolución de problemas.

Teaching of vectors with the activity network of the Lightning Rod. A virtual Lesson Study in Industrial Chemical Engineering

Abstract

With the aim of incorporating research results into university teaching, a virtual Lesson Study on the subject of vectors is presented. Using a theoretical framework articulated with the Lesson Study and the 5E model, a problem with a network of activities was designed to favor contextualization in Physics and Mathematics and bring students closer to work reality. It was a case of study analyzed with methodological triangulation with four observation cycles; contrast with checklist and assessment of student perception. There is an improvement in the contextualization of the learning of the concurrent vectors, the students positively evaluate the didactic innovation and the teachers recognize areas for improvement in collegiality. It concludes that, although the incorporation of research frameworks and tools in class planning is slow and demanding, the learning experience for students is comprehensive and contextualized.

Keywords

Vector analysis, Physics Teaching, Lesson Study, Model 5E, Educational Research, Problem solving.

Recibido: 14/01/2021
Aceptado: 28/01/2022

Introducción

En Física muchos de los fenómenos se analizan y modelan haciendo uso de vectores. El análisis vectorial es un tópico complejo a nivel cognitivo para los estudiantes universitarios de acuerdo con Gutiérrez y Martín (2015). La dificultad se debe a que se representan en un sistema de coordenadas polares o coordenadas cartesianas y éstas deben analizarse desde el punto de vista geométrico, asociado al fenómeno físico que se está estudiando. Karnam y otros (2020) explican que: “el texto estático y las figuras de los libros de texto están limitados para transmitir la naturaleza dinámica de las estructuras formales, como los vectores” (p.448), lo que obliga a diseñar experiencias de aprendizaje que vayan más allá.

No obstante, la instrucción de tópicos clásicos y fundamentales en la formación de ingenieros como lo son el tema de vectores concurrentes se sigue instruyendo con la clase magistral. Notaroš (2013) documenta que cuando el análisis de vectores es enseñado tradicionalmente, debido a la abstracción de análisis vectorial, es “pobremente recibido y no apreciado por los estudiantes” (p. 337). Al respecto, los docentes debemos ser promotores del uso articulado de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Un enfoque que invita a esta articulación de forma holística es STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés), la cual tiene mejores resultados cuando se entrelaza con otras metodologías de aprendizaje, refieren Almaraz y López (2018); Domènech, Lope y Mora (2019). Por lo que se propone, a partir de la Educación STEM, es utilizar el estudio de clases y la metodología 5E de forma articulada para el abordaje del tópico vectores concurrentes.

Esta indagación utiliza el estudio de clases y la metodología 5E, mediada por STEM. La necesidad de utilizar la acreditada metodología japonesa para contrastar resultados *versus* hacer clases replicando como fuimos instruidos, se hace imperativo si realmente se quiere formar egresados de la Ingeniería Química Industrial de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE) del Instituto Politécnico Nacional de México (IPN), listos para la Cuarta Revolución Industrial.

Se ratifica que la indagación se realiza basada en dos marcos teóricos: estudio de clases y modelo 5E, para contribuir al aprendizaje contextualizado del tema vectores concurrentes, enmarcado en la Educación STEM. De lo anterior, se formula la pregunta de investigación: ¿En qué medida se mejora y sostiene el aprendizaje contextualizado de los vectores concurrentes en los estudiantes de la ESIQIE con la secuencia didáctica propuesta?

El objetivo de esta indagación prueba la relevancia de usar el Estudio de Clases mediado por el modelo 5E para entender cómo propiciar aprendizajes contextualizados y aproximar a los estudiantes a su futura realidad laboral.

Este artículo lo constituyen ocho apartados, que comienzan con una breve descripción del contexto de estudio; estado del arte de la Educación STEM; articulación del Estudio de Clases y el modelo 5E. Así como la descripción del proceso de realización del problema: el pararrayos; la puesta en escena; el diseño metodológico; resultados y discusión; finalmente las conclusiones.

Contexto de estudio

De acuerdo con *Educativa* (2010), La ESIQIE es la escuela pública más importante en México para la formación de la fuerza laboral de la industria química, petroquímica y minera (p. 7). Con una tradición de más de 85 años, una plantilla docente de casi 600 profesores y más de 6 000 estudiantes (ESIQIE, s.f.), ésta tiene el compromiso irrenunciable de la formación de la fuerza laboral con las habilidades necesarias para la Cuarta Revolución Industrial y Tecnológica.

No obstante, al menos en lo relativo a la Academia de Física en la ESIQIE, la instrucción continúa siendo tradicional (se basa en la repetición-recepción), señalan Escobar y Nava (2019). Y, ante la crisis mundial derivada de la pandemia por Covid-19, la inclusión de la tecnología fue ineludible, para dar continuidad a los planes y programas de estudio. Pero, la tecnología no cambió la metodología, porque continuó con la clase magistral. Así, producto de la capitalización de áreas de mejora (Polivirtual IPN-DEV, 2020), se hizo necesario replantear la dinámica de las sesiones virtuales.

La invitación por parte del IPN a través Plan de inicio del semestre 21-1 en línea del Instituto Politécnico Nacional (IPN, 2020), versó en la creación de aulas virtuales; utilizar videoconferencias; utilizar metodologías de aprendizaje activo; diseñar actividades de aprendizaje con propósito y retadoras; usar tecnologías aplicadas al conocimiento y, en sustitución de laboratorios, emplear las simulaciones y además, muy importante, retroalimentar a los estudiantes, preferentemente señalando áreas de mejora. Dicha moción fue el motor de la materialización de esta propuesta que, a continuación, se describe.

Educación STEM

Esta propuesta es inédita en la ESIQIE del IPN, ya que ningún grupo de profesores o Academia hace estudio de clases. Además, la articulación de la ciencia (física), el uso de la tecnología (*Google Classroom* y *GeoGebra*), la ingeniería (problema de ingeniería en la industria química) y las matemáticas (vector, ente matemático); es el componente clave de la educación STEM. Como se aprecia, el

enfoque de la propuesta desde el inicio se diseña integrando todas las disciplinas aproximando a la futura realidad laboral a los estudiantes, estimulando sus ideas, la argumentación científica, el uso de la tecnología, es decir, el desarrollo de habilidades es patente como lo refrendan Coello, Crespo, Hidalgo y Díaz (2018). Por lo tanto, la propuesta está inserta en las habilidades relevantes que demanda la Cuarta Revolución Industrial y Tecnológica de acuerdo con Movimiento STEAM México (2020).

Articulación del Estudio de Clases y Modelo 5E

La metodología japonesa denominada Lesson Study, cuya traducción al español es: Estudio de Clases, tiene una tradición en el país oriental que data de hace más de un siglo; pero en América Latina su uso es incipiente desde hace apenas una década como indican Olfos, Isoda y Estrella (2020). Originalmente se diseña para matemáticas, sin embargo, esto no es una limitante para extrapolarla a una ciencia fáctica como la física.

Como previamente hemos descrito, se realiza un estudio de clases con apego a la filosofía de la metodología japonesa que consiste, de acuerdo con Isoda y Olfos (2010), en planificar, implementar y observar una clase, para posteriormente reflexionar y discutir sobre la misma y mejorar sostenidamente el aprendizaje (p. 39).

Se destaca el uso congruente de un marco teórico que pusiera en el centro del proceso del aprendizaje al estudiante y el cual provocara que el rol del profesor fuese coherente, ya que, a través de actividades secuenciadas y organizadas, los alumnos pueden formular una mejor comprensión del conocimiento, actitudes y habilidades científicas y tecnológicas (Bybee y otros, 2006, p. 1).

El uso en Física universitaria del modelo 5E ha sido documentado por Ergin (2012); Escobar y Luna (2020). Éstos reportan buenos resultados en relación con los aprendizajes esperados. Por lo que, a partir de estos dos enfoques se forma un marco teórico articulado.

Cuadro 1. Fases del Modelo 5E y actividades propuestas.

Fase del Modelo 5E	Actividades de aprendizaje
Enganche	<ul style="list-style-type: none"> • Sopa de letras. • Mapa conceptual con las palabras encontradas.
Exploración	<ul style="list-style-type: none"> • Ejercicios con el <i>software</i> GeoGebra. • Lectura sobre Sistemas de coordenadas cartesianas, representación de vectores y suma de vectores por componentes de Bauer y Westfall (2011). • Control de lectura.
Explicación	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación de un ejercicio de vectores concurrentes (Video de elaboración propia).
Elaboración	<ul style="list-style-type: none"> • Resolución del problema "pararrayos": Su lectura, análisis y propuesta de solución.
Evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Valoración de los productos de aprendizaje. Cada actividad es parte de la nota del estudiante, lo que permite medir el nivel de logro y cumplimiento (cuantitativamente) de cada estudiante. El problema pararrayos se evalúa con una rúbrica adaptada de Escobar, Ramírez y Ruiz (2020).

Fuente: Elaboración propia.

Así, describimos cada una de las etapas que señala la metodología Estudio de Clases que se deben realizar, con la peculiaridad de que se realizó una adaptación al contexto de estudiantes mexicanos, a la física y a la virtualidad, porque la metodología se diseñó para estudiantes japoneses, la matemática y la presencialidad.

Planificación de la clase

Siguiendo las recomendaciones establecidas para hacer un estudio de clases, éste se debe efectuar de forma colegiada, congregando a un mínimo de tres integrantes y con la característica del desarrollo de aprendizaje profesional Dudley (s.f. p. 12). Este grupo de profesoras estuvo integrado por un ingeniero químico, un físico y un matemático educativo. Todas con un punto de confluencia, interés en mejorar, estandarizar y profesionalizar la docencia, así como el uso y aplicación de la investigación educativa para optimizar aprendizajes de matemáticas y física en los estudiantes de ingeniería.

Entonces, si se parte de la planificación de acuerdo con el Estudio de Clases, esto implica disposición a cambios e innovaciones, la cual es carente en la mayor parte del profesorado universitario en México que se ha formado de forma empírica. Adicional, la mayoría de los docentes se autoevalúan como eficaces en lo relativo al Conocimiento Didáctico del Contenido como lo señalan Melo, Cardona y Martínez (2018).

En contraste, otros docentes saben que lo que hacen habitualmente ha dejado de tener vigencia, esto lo revela un estudio de percepción realizado por Gutiérrez, Piñón y Sapién (2020) a profesores universitarios de la Universidad Autónoma de Chihuahua en México; los cuales reconocen que, una forma innovadora de enseñar sería a partir de situaciones reales y pertinentes; no obstante, son conscientes de que no tienen desarrollada la competencia de indagación.

En este tenor se coincide con lo que establece Monroy (2017): la planeación didáctica es concebida por los profesores como un requisito administrativo y eso refuerza la creencia de que sólo somos transmisores de conocimientos y, por ello, es más conveniente y oportuno replicar las prácticas automatizadas que innovar (p. 123). De este análisis surge el cuestionamiento: ¿cómo pedir a los estudiantes ser creativos, proactivos e innovadores cuando el docente interactúa y hace locuciones para el pizarrón y se limita a recitar lo que dice otro autor?

Por tanto, esta propuesta satisface a cabalidad con esta característica; porque se planeó de forma sistematizada, inicialmente, analizando el contexto, el programa de estudios y la relevancia de un tema específico y medular para el aprendizaje de la física, dado que varios fenómenos como: diagramas de cuerpo libre, colisiones, sistemas estáticos, dinámicos, interacción de fuerza electrostática, campo magnético, entre muchos otros, se modelan con vectores concurrentes.

Después, indagando la metodología que se alinea a la Educación 4.0 que exhorta el IPN: “Educación en espacios virtuales con propósitos académicos y laborales acordes a las necesidades de la comunidad” (IPN, 2019, p. 7). Se decantó por el modelo 5E, el cual es *ad hoc* para el aprendizaje de las ciencias fácticas.

Una vez definida la planeación para el tópico, se procedió a la puesta en escena (más adelante se explicará a detalle), pero, con la peculiaridad de montarla en formato virtual, en la plataforma Google *Classroom*, debido a que desde marzo del 2020 en el IPN y en México las clases se virtualizaron debido a la pandemia causada por el virus Covid-19.

Observación de la clase

El proceso de observación se efectuó en cuatro ciclos, a través del sistema de videoconferencias *Meet*, los estudiantes y las profesoras estuvieron conectados haciendo y supervisando, respectivamente, la realización de cada una de las actividades propuestas. Para este proceso, se decidió elaborar una lista de cotejo que permitiera analizar situaciones explícitas e implícitas de la secuencia didáctica, en resultados y discusión, se muestran los hallazgos producto de este instrumento. Véase *tabla 1*.

Tabla 1. Lista de cotejo para observación de clase.

criterio	Si	No
1. El grupo se muestra con disposición para realizar las actividades.		
2. Es suficiente el tiempo estipulado para cada actividad.		
3. Las instrucciones son claras para los estudiantes.		
4. Los estudiantes verbalizan sus dudas e inquietudes.		
5. El docente muestra disposición para responder dudas e inquietudes.		

Fuente: Elaboración propia.

Discusión de la clase

En relación con este paso, derivado de la puesta en escena, se considera que éste es otro medio de profesionalizar a los docentes, porque este espacio permite la crítica constructiva y reflexión de las eventuales debilidades de la secuencia didáctica; del valor pedagógico de las actividades; de las actitudes del docente y del estudiante; sin embargo, las docentes previeron varios escenarios antes de la puesta en escena, basándose en una actividad denominada análisis didáctico, véase *tabla 2*.

Tabla 2. Análisis didáctico de secuencia didáctica vectores concurrentes.

Análisis didáctico	
Objetivo de la actividad: ¿Qué espero? ¿Cuál es la relevancia de los vectores en el aprendizaje de la física?	Interés de los estudiantes. En la física muchos fenómenos se modelan con vectores.
Escenarios esperados: ¿Cuáles dificultades consideramos se pueden enfrentar los estudiantes? ¿Qué preguntas esperas tener que responder? Y ¿Cómo responderías a tus estudiantes?	Desesperación, porque implica proponer, indagar, crear, razonar. Respecto a las preguntas, ¿qué quiere que hagamos?; ¿lo estoy haciendo bien?; ¿qué tipo de propuesta quiere?; ¿cuántas páginas debo reportar?; ¿puede darme más datos? Respuestas del profesor: discute con tus compañeros, investiga, responde y discute con ellos las preguntas guía.
¿Cuáles habilidades consideras aprenden los estudiantes con esta habilidad?	Argumentación técnico-científica; discusión; indagación; uso de tecnologías de información (GeoGebra); toma de decisiones.
Actitud (descriptores) alumnos y profesores.	Frustración, desesperación, impaciencia.
De acuerdo con la experiencia, describe las interacciones que se generan: a) Entre alumno-alumno b) Entre alumno-profesor	Discuten entre pares, intercambian ideas, se explican de forma más clara entre ellos. Los estudiantes formulan muchas dudas y el profesor debe responder de forma afable.
¿Qué harías si la actividad no resulta? Es decir, si los alumnos entran en pánico y no hacen nada. ¿Cómo resolverías esta situación?	Instar a la lectura, hacerles preguntas, en grupo analizar las respuestas y retomar las más congruentes y dar forma a sus ideas.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis didáctico es una herramienta que permite anticipar situaciones no ponderables en los procesos en enseñanza y aprendizaje, es un instrumento para el profesor, desarrollado por Suárez y Ruiz (2016), con el propósito de minimizar la improvisación docente y maximizar el aprendizaje del estudiante: “El comentario didáctico de la actividad se refiere al objetivo del problema en términos de las posibles soluciones, a las distintas vías que puede seguir un estudiante para avanzar en la realización de la actividad con la aplicación de las estrategias correspondientes y describe la articulación de las representaciones.” (p. 851).

Sobre la crítica entre profesores, señalan Rock y Wilson (2005) es relevante que los docentes recibamos retroalimentación de nuestros pares, es un beneficio para continuar en el círculo virtuoso de la mejora continua.

Mejoras de la clase

Respecto a las mejoras, se considera que se debe realizar un tutorial para el manejo de GeoGebra, pese a que se realizó un documento descriptivo de los pasos que debían hacer, los estudiantes no lo consultaron. También se reflexiona que se debe diseñar una actividad basada en el método socrático para el análisis del problema con el profesor, para que en la medida de lo posible responda a esas dudas de forma orientadora, no resolutive.

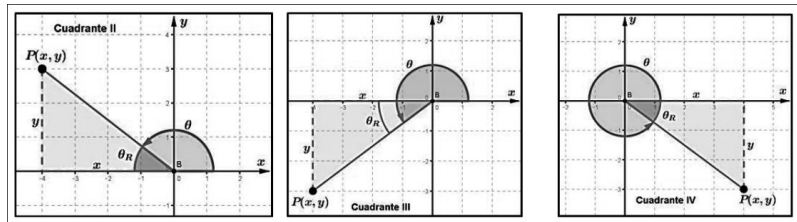
Proceso de realización del problema: El pararrayos

De acuerdo con el aspecto dogmático del Estudio de Clases, si se pretende desarrollar habilidades de orden superior, no se logrará con actividades que tiendan a la mecanización, se requieren problemas y de preferencia inéditos, además, que despierten el interés de los estudiantes por aprender, ése fue el motor para la elaboración del pararrayos. No obstante, la elaboración de problemas es una actividad intelectual demandante, sobre todo porque no hay una metodología para la elaboración de éstos de acuerdo con la investigadora de la Universidad de Delaware, Dush (s.f.).

Sin embargo, se encontró una guía productiva en la propuesta de Camarena (2013), a través de DIPICING, originalmente elaborada para diseñar programas de estudio de ingenierías, ésta se puede adaptar para la realización de problemas, si se toman en cuenta las etapas central y consecuente, las cuales estimulan la revisión de los contenidos en los libros de texto (física universitaria) y la consulta a profesionales en activo vinculados a la industria, para la que se está formando a los futuros egresados, respectivamente. En nuestro caso se consultaron ingenieros en activo de la industria química.

De la revisión de la literatura, se encontró que el tópico estaba ligado a la geometría; porque los vectores concurrentes se modelan como un círculo trigonométrico unitario, ya que éste permite representar el valor de una función trigonométrica como la longitud de un segmento de recta, de acuerdo con Cuéllar (2010, p. 265). Adicional, otra dificultad está en el uso correcto del signo el cual está dado por la dirección del segmento de recta, véase *figura 1*.

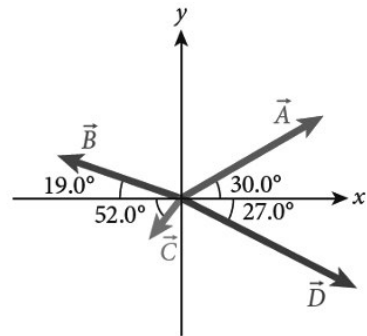
Figura 1. Círculo unitario en tres cuadrantes. Fuente: Cuéllar (2010, p. 265).



Lo que se encontró en los libros de física son los típicos ejercicios que implican una respuesta cerrada, basada en una receta, es decir, hacer la descomposición vectorial; sumar términos semejantes, aplicar el teorema de Pitágoras para encontrar fuerza resultante, véase *figura 2*.

Figura 2. Ejercicio propuesto para vectores concurrentes. Fuente Bauer y Westfall (2011, p. 36).

Encuentre los componentes de los vectores \vec{A} , \vec{B} , \vec{C} , y \vec{D} , cuyas longitudes están dadas por $A = 75.0$, $B = 60.0$, $C = 25.0$, $D = 90.0$, y sus ángulos son como se muestra en la figura. Escriba los vectores en términos de vectores unitarios.



Del ejercicio anterior, se concuerda con la visión de Isoda y Olfos (2010, p. 101), el cual sirve para ejercitar al estudiante, esto es más cercano al aprendizaje reproductivo, no reflexivo; porque no permite la reconstrucción de los aprendizajes del estudiante al integrar sus conocimientos.

Así, del proceso de discusión y reflexión emanado de la metodología estudio de clases, se diseña el problema con auspicio de un experto en la industria química y entrelazando la visión formativa y pedagógica, como previamente se mencionó de un ingeniero químico, un físico y un matemático educativo. Esto dio como resultado el problema inédito: el pararrayos; así como preguntas para que los estudiantes encontrarán regularidades.

En SosaTec (planta química) se requiere colocar otro pararrayos que debe colocarse a 7 metros con respecto al suelo. El presupuesto es limitado; pero tiene alta prioridad la seguridad. Elabora tres propuestas sobre la disposición de los cables y el número de éstos; éstos deben concurrir en el pararrayos. Considera que el pararrayos tiene una masa de 250 Kg y una longitud de 2 m. Cada propuesta debe estar esbozada y debes justificar qué tensión recomendarías para cada cable y su respectivo ángulo.

Preguntas guía, responder en la fase de análisis individual y discutir con tus compañeros.

¿Sobre cuál punto deben coincidir los cables?

¿Cómo establecerán la fuerza que actuará por la acción del cable?

¿Consideras que el material de los cables que usarás para fijar el pararrayos es importante, cuál usarías y por qué?

¿Debido a la altura donde se colocará el pararrayos, consideras relevante considerar la velocidad del viento?

El problema es del tipo no estructurado o abierto, es decir, es una situación que no tiene una respuesta única y de la cual no se dispone un algoritmo o método heurístico, para su solución que requiere: "...ser flexibles, fecundos en recursos pertinentes, administrar los conocimientos y comprender las reglas del juego, tácitas o declaradas" (Suárez y Ruiz, 2016, p. 846). De lo anterior, se concreta esta propuesta, ya que otros autores se limitan a señalar las dificultades, como Flores, González y Herrera (2007); otras indagaciones como la realizada por Luque (2019) se centra en comprobar si una metodología mejora el índice de aprobación respecto al tema de vectores. Indagaciones interesantes, pero, que no resuelven el problema neurálgico que es integrar y mejorar sostenidamente los conocimientos.

Por tanto, es urgente hacer propuestas para coadyuvar a mejorar los aprendizajes. Y de acuerdo con las tendencias como lo es la Educación 4.0, es prescriptiva una formación profesional contextualizada, puesto que eventualmente proveerá de mayores habilidades y, por ende, competitividad a los futuros egresados, además de incrementar sus posibilidades de inserción, adaptabilidad a los cambios y permanencia laboral, señalan Escobar y Ramírez (2020).

Materiales y métodos

Esta indagación fue cualitativa, un estudio de caso, ya que, a través del uso correcto de las herramientas que provee esta metodología, se legitima la investigación, mostrando cómo se conecta la academia y la empresa de acuerdo con Yacuzzi (2005), con el estudio de caso se pretendió analizar a profundidad todo el proceso a través del análisis didáctico, lista de cotejo y de la puesta en escena de la

secuencia didáctica, de los ciclos de observación, del análisis y reflexión, permitiendo hacer registros, adecuaciones y valoraciones tanto de las actitudes de las docentes como de los estudiantes.

Respecto a la muestra estuvo constituida por 70 estudiantes, todos de nuevo ingreso y con un rango de edad de 18 a 28 años. Segmentados en dos grupos que cursan mecánica clásica (unidad de aprendizaje de formación básica y obligatoria para la licenciatura de Ingeniería Química Industrial) en el ciclo escolar 2021-1, en la ESIQIE en formato virtual montada en Google *Classroom*. La selección de ésta fue aleatoria simple, de acuerdo con Manterola y Otzen (2015).

Además, se analizaron fuentes primarias en cuatro bases de datos (Scopus, Google Académico, *Wiley Online Library* y ERIC). Las fuentes se seleccionaron atendiendo a las palabras clave: estudio de clases; modelo 5E, física, contextualización del aprendizaje, vectores. Los instrumentos para la recolección de datos, tales como: lista de cotejo, análisis didáctico, encuesta de satisfacción, todos fueron realizados por las autoras de este artículo.

Los resultados se analizaron a través de triangulación metodológica; porque afirma Forni y De Grande (2020), se combinaron convenientemente dos perspectivas metodológicas; el proceso se hizo en el seno de un equipo de investigación multidisciplinario que contraargumenta ideas para reducir los eventuales sesgos que tiene la investigación cualitativa; se analizaron los cuatro ciclos de observación y se contrastaron con la lista de cotejo; también se valoró la percepción de los estudiantes de la propuesta, cuyos datos se procesaron con escala tipo Likert. Finalmente, los productos de aprendizaje se valoraron con una rúbrica adaptada para el tópico de vectores de Escobar, Ramírez y Ruiz (2020) previamente enviada a los estudiantes.

Puesta en escena

La secuencia didáctica se montó en aulas virtuales, porque los grupos se atienden por separado en días y horarios diferentes. Como se aprecia, se diseñaron actividades entrelazadas con alto valor pedagógico, cuya base fue el modelo 5E, robusteciendo el canon sobre la necesidad de proporcionar a los estudiantes un andamiaje cognitivo previo al enfrentarlos a un problema como el pararrayos, como sugieren Carcavilla y Escudero (2004).

En este tenor, se coincide con Suárez y Ruiz (2016, p. 850): los docentes debemos proponer redes de actividades para un aprendizaje complejo y preciso; así, dichas actividades se pueden concatenar de diversas formas para el cumplimiento de diversos objetivos didácticos, o bien diferentes niveles cognitivos. En la *tabla 2* se detallan pormenores de la secuencia didáctica.

Tabla 2. Secuencia didáctica para resolver el pararrayos.

Objetivos	Número de sesiones	Actividad	Individual/ Equipo/ Grupal	TIC Aula virtual, Google Classroom	Tiempo estimado (minutos)	Valor (%)
a) Identificar las palabras asociadas al tema de vectores	1	Sopa de letras	Individual	X	9	5 %
b) Retener los conceptos relacionados con la Ecuación de Bernoulli	1	Mapa conceptual	Individual	X	10	5 %
c) Visualizar los vectores como objetos matemáticos	1	GeoGebra	Equipo	X	25	10 %
d) Medir y comprobar aprendizajes obtenidos	1	Realizar lectura y hacer control de lecturas	Individual	X	25	10 %
e) Vincular los aprendizajes con la realidad laboral	1	Leer y analizar problema "El pararrayos"	Equipo	X	15	NA
d) Promover el desarrollo de la habilidad resolución de problemas	2	Discutir y proponer soluciones	Equipo	X	60	60 %
e) Reafirmar aprendizajes sobre vectores concurrentes	2	Revisión de dudas y discutir soluciones	Grupal	X	50	10 %

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el Estudio de Clase, todo el proceso es importante, sin embargo, la actividad bastión es la resolución del problema, para lo cual nos decantamos por proporcionar a los estudiantes una rúbrica que permitiera que éstos entendieran los aspectos requeridos en su propuesta de solución y, además, tuvieran una directriz para hacer sus propuestas. La rúbrica fue una adaptación de la propuesta de Escobar, Ramírez y Ruiz (2020), véase *anexo 1*.

El proceso de realización de toda la secuencia didáctica por parte de los estudiantes se estima en aproximadamente cuatro horas máximo.

Resultados y discusión

Los resultados se muestran desde dos perspectivas, primero las interacciones docentes derivadas de este estudio de clases *sui géneris*, porque, como previamente se advirtió, lo realizó un equipo multidisciplinario. Éstos se resumen en el *cuadro 2*.

Cuadro 2. Análisis de resultados del estudio de clases para vectores concurrentes.

Estudio de clases		
Etapas	Resultados	Tiempo
Planificar	Se reflexiona sobre la relevancia de proyectar sobre un marco teórico, definir objetivos, vaticinar dificultades de aprendizaje.	20 horas-persona
Observar	El proceso se hace con un instrumento no de forma apreciativa, sólo así se pueden hacer registros explícitos e implícitos de la puesta en escena.	8 horas-persona
Discutir	La etapa donde el docente descubre su inopia y áreas de mejora que en solitario no quiere admitir.	2 horas-persona
Mejorar	Se aprende que los docentes debemos estar en proceso de perfeccionamiento continuo, manejo de tecnologías, diseño de experiencias de aprendizaje, contextualización, atención personalizada a los estudiantes.	Continuo

Fuente: Elaboración propia.

Es pertinente hacer un análisis con mayor detalle de la etapa observación con base en la lista de cotejo, se revela lo siguiente:

- a) En relación con la disposición de ambos grupos para realizar las actividades, las tres profesoras coincidieron en la respuesta afirmativa.
- b) Sobre la suficiencia del tiempo estipulado para cada actividad, las tres profesoras participantes coincidieron en que hay que incrementar al menos 60 minutos para analizar con el profesor el pararrayos.
- c) Respecto a las instrucciones para los estudiantes, las tres docentes coincidieron en que las instrucciones eran explícitas.

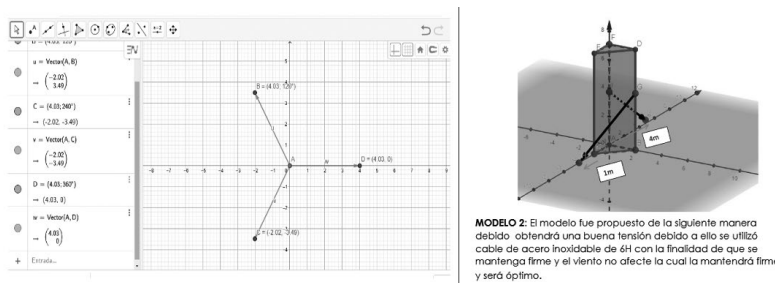
d) Acerca de si los estudiantes verbalizan sus dudas e inquietudes, las tres afirmaron que lo hicieron.

e) Finalmente, en la retroalimentación a una de las docentes frente a grupo se le recomendó atenuar el tono en que responde frente a las dudas e inquietudes y propiciar una mayor curiosidad a la situación problemática propuesta. Daba la impresión de exasperarse al contestar ante las preguntas de los estudiantes. Así mismo, se destaca que las preguntas de los alumnos generaron más preguntas entre ellos y la docente.

Sobre los resultados desde la perspectiva de los estudiantes, se enlistan lo siguiente:

a) Como parte de la secuencia didáctica se estimula el uso de la tecnología, la herramienta que se usó fue GeoGebra destacando el valor didáctico que tiene el instrumento para hacer modelos bi y tridimensionales, desde el enfoque geométrico. El uso del enfoque geométrico de vectores para la física lo describe Notaroš (2013), con éste los estudiantes aumentan la comprensión, ya que aprenden de forma intuitiva y visual, lo cual les permitirá modelar y resolver ejercicios que impliquen vectores. Véase *figura 3*.

Figura 3. Modelo realizado en GeoGebra por los estudiantes.



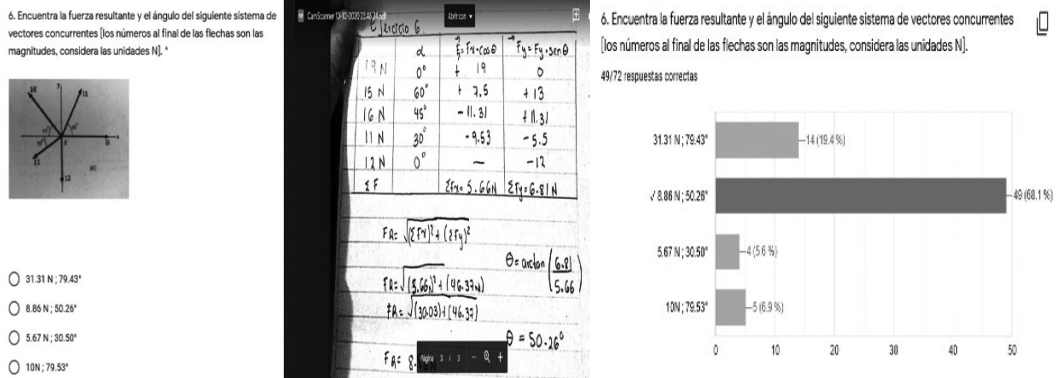
b) Se divisa una mejora sostenida respecto a la apropiación del tópico vectores concurrentes, se comienza con un 52.4 % de alumnos que responden correctamente una evaluación el 7 de octubre del 2020, justamente a la mitad de la secuencia didáctica.

c) En una segunda evaluación, resuelta el 9 de octubre del 2020, 60.3 % al finalizar la secuencia didáctica.

d) Y una tercera evaluación, realizada el 30 de octubre del 2020, el porcentaje es de 68.1 %. Así, nuestros resultados están aparejados con lo reportado por Karnam y otros (2020), en lo concerniente a la mejora cognitiva sostenida, referimos que toda vez que se usa la tecnología como complemento,

ésta mejora los aprendizajes de los estudiantes; porque comprenden el modelo geométrico y, por ende, el uso correcto de las funciones trigonométricas, véase *figura 4*.

Figura 4. Ejercicio realizado por los estudiantes y evidencia de desempeño de aprendizaje grupal.



e) En relación con la valoración de la solución del pararrayos, se tienen los siguientes resultados respecto al aprendizaje contextualizado, evaluado mediante rúbrica de evaluación adaptada de Escobar, Ramírez y Ruiz (2020), la cual enfatiza rubros como: incremento y aplicación del conocimiento técnico, así como ejecución de tareas, en una escala del 0 al 100 %, el grupo uno obtuvo un promedio de 69.11 % (rango de 0-98 %); grupo dos promedió 50.44 % (rango de 0-83 %). Se destaca que se midió el progreso de los estudiantes en términos de logros, tal como sugiere el modelo 5E (Bybee y otros, 2006).

f) Finalmente, producto de una encuesta de elaboración propia, para medir el grado de satisfacción de la experiencia educativa, el 84 % de los estudiantes estimaron que la estrategia es estimulante y útil. Toda vez que cada pregunta ofreció contestaciones con disímiles grados de medición con cinco niveles; éstos fueron: totalmente de acuerdo, de acuerdo y ni de acuerdo, ni en desacuerdo están dentro del espectro positivo que señala QuestionPro (s.f.).

En todas las respuestas se consiguió una valoración positiva, en la *tabla 3* se analizan las valoraciones de los estudiantes a partir de la encuesta de satisfacción, que también está asociada al modelo 5E.

Tabla 3. Valoración de los estudiantes de la secuencia didáctica.

Pregunta de la encuesta	Fase del Modelo 5E	Justificación
1	Elaboración	Si los alumnos evalúan positivamente, entonces las intervenciones del docente contribuyeron a elaborar explicaciones en los propios estudiantes.
2	Enganche	Si los alumnos evalúan positivamente, entonces el alumno se interesó en el tema de vectores concurrentes.
3	Elaboración	Si los alumnos evalúan positivamente, entonces las instrucciones contribuyeron a que el estudiante avanzara en las actividades, esto también lo corroboró la lista de cotejo.
4	Explicación	Si los alumnos evalúan positivamente, entonces la explicación funcionó como ejemplo.
5	Enganche	Si los alumnos evalúan positivamente, entonces se interesaron en el tema de vectores para avanzar en su formación profesional.
6	Evaluación	Si los alumnos evalúan positivamente, entonces pensaron sobre su propio desempeño durante la actividad.
7	Elaboración	Si los alumnos evalúan positivamente, entonces la planeación del tiempo para cada actividad contribuyó a la elaboración de explicaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

De acuerdo con lo reportado, hay evidencia empírica que indica que el aprendizaje de vectores concurrentes se mejora y sostiene, toda vez que se incrementó en casi 16 % el desempeño correcto de los estudiantes, cuando resuelven ejercicios de vectores concurrentes. Pareciera incipiente; pero que mejoren once estudiantes es notable.

Además, hay una indiscutible contextualización en el proceso de aprendizaje a través del pararrayos, ya que se situó al estudiante en un contexto real, retador y estimulante, propiciando el uso de tecnología, instando a la indagación, promoviendo la argumentación científica y, sobre todo, se valora el desempeño de acuerdo con niveles de logro, tal como se hace en el ámbito laboral. El grupo uno fue quien logró mejor desempeño; de acuerdo con la rúbrica, se considera que esto se debió a la intensa participación materializada en preguntas a la profesora, también mostraron una actitud de curiosidad ante el problema, esto es contrario al grupo dos, quienes querían que la docente hiciera un ejemplo como el pararrayos para que ellos pudieran replicar la solución.

Se precisa que es necesario utilizar una metodología para elaborar un problema de las características del pararrayos DIPCING de Camarena (2013); es una excelente opción, porque provee de directrices para su realización y articula la contextualización del conocimiento con la profesión que se forma (IPN, 2019, p. 7).

El proceso de profesionalización para ofrecer una clase virtual es patente, se disponen bases cualitativas de la estandarización de las sesiones en lo referente a la Academia de Física de la ESIQIE, también, se da cabal cumplimiento al Plan de Continuidad Académica en línea del IPN 2021-1 de forma sistematizada y se alinea a las demandas de la Educación STEM y 4.0. Además, una satisfacción del 84 % por parte de los estudiantes para esta propuesta da cuenta de la valoración de las innovaciones didácticas. Se considera que no se logró el 100 % de satisfacción, toda vez que los estudiantes están habituados a que el profesor sólo reproduce y, retarlos a aprender no siempre resulta alentador, demanda más trabajo, tanto para los estudiantes como para el profesor.

El Estudio de Clases revela que la práctica docente es y debe ser perfectible, una opción puede ser entre pares como sugiere Rock y Wilson (2005), otra opción es prestar atención a las retroalimentaciones de los estudiantes. Porque, autoevaluarnos en la creencia de que somos eficientes, no permitirá mejorar los aprendizajes de nuestros estudiantes, como se demostró, se recibió a un grupo de estudiantes de los cuales casi el 52 % resolvía correctamente un ejercicio de vectores concurrentes, con nuestra propuesta se incrementa a 68 %.

Se infiere que, si se realizan más estudios de clase para otros tópicos de Física, paulatinamente se desarrollarán habilidades de orden superior en los estudiantes, porque se les proporcionan las herramientas a través de actividades de aprendizaje, basadas en marcos teóricos cuya base es la construcción del conocimiento. El proceso es lento, pero mucho más efectivo que resolver ejercicios sin sentido para los estudiantes (Isoda y Olfos, 2010, p. 102). Los alumnos indagan, utilizan tecnología, proponen, discuten entre pares. Es evidente que con la conferencia magistral no se desarrollan las habilidades anteriores y, por ende, tampoco se desarrollan habilidades de orden superior.

Se muestra un Estudio de Clases con apego a la metodología japonesa, pero con adaptaciones circunstanciales y al contexto de una universidad pública mexicana; sin embargo, se considera que un error metodológico fue la omisión del análisis con estudiantes foco, aquellos que tuvieran las características de desempeño académico bajo, promedio y alto, como señala Dudley (s.f., p. 4). Lo anterior es crucial para reforzar la puesta en escena; por lo que en sucesivas indagaciones debe realizarse.

Se aprecia que en el Estudio de Clase y el Modelo 5E, no hay cabida para el lucimiento del profesor, ya que los únicos protagonistas son el problema, la red de actividades de aprendizaje y los procesos que realizan los estudiantes para resolverlo. El profesionalismo docente es manifiesto en el diseño de actividades de aprendizaje estimulantes, retadoras y útiles para los estudiantes del siglo XXI, las cuales, como se muestra, materializan aprendizajes integrales y contextualizados.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

Referencias

- Almaraz, C. y López, C. (2018). La metodología *Context-Based Approach* en STEM: modelización de datos meteorológicos. XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas 25-27 de junio de 2018 Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón, Universidad de Oviedo.
- Bauer, W. y Westfall, G. D. (2011). *University physics with modern physics*, vol. 2. McGraw-Hill.
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. y Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, Co: BSCS*, 5, 88-98.
- Camarena, P. (2013). A treinta años de la teoría educativa "Matemática en el Contexto de las Ciencias". *Innovación Educativa*, 13(62), 17-44. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v13n62/v13n62a3.pdf>
- Carcavilla, A. y Escudero T. (2004). Los conceptos en la resolución de problemas de física "bien estructurados": aspectos identificativos y aspectos formales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 213-228.
- Coello, S., Crespo, T., Hidalgo J. y Díaz. D. (2018). El modelo STEM como recurso metodológico didáctico para construir el conocimiento científico crítico de estudiantes de Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 12(2), 6.
- Cuéllar, J. (2010). Geometría y Trigonometría. (2ª ed.) México: McGraw-Hill
- Domènech-Casal J., Lope S. y Mora L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2203. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Duch, B. (s.f.) Problems: A Key Factor in PBL, Center for Teaching Effectiveness, University of Delaware. [Consultado el 18 de noviembre del 2020]. Disponible en: www.udel.edu/pbl/cte/spr96-phys.html, consultado el 30 de noviembre del 2020.
- Dudley, P. (s.f.) Lesson Study:, El manual [Consultado el 28 de noviembre del 2020]. Disponible en: <http://lessonstudy.co.uk/wp-content/uploads/2011/04/EARLYYEAR-SHANDBOOK-spanish-version.pdf>
- Educativa* de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del IPN (2010). [Consultado el 30 de noviembre del 2020]. Disponible en: https://issuu.com/urbimer/docs/educativa_2
- Ergin, I. (2012). Constructivist approach based 5E model and usability instructional physics. *Latin-American Journal of Physics Education*, 6(1), 14-20.
- Escobar, F. y Nava, R. (2019). Metodología Alternativa para el Aprendizaje de la Dinámica de Fluidos, Caso ESIQIE. *European Scientific Journal*, 15(9), 577-596.
- Escobar, F. y Luna, V. (2020). Campo magnético en el aula virtual en época de pandemia. *Revista de enseñanza de la física*, 32(2), 109-126.
- Escobar, F. y Ramírez, M. (2020). Should we continue with a Physics curriculum for Engineering outside the labor context? *Transylvanian Review*, 27(48), 15019-15030.
- Escobar, F., Ramírez, M. y Ruiz, J. (2020). Evaluando dinámica de fluidos vinculando un proceso. *Educación Química*, 31(4), 112-121.
- Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (s.f.). [Fecha de consulta: 14 de enero del 2021], Disponible en: <http://www.esiqie.ipn.mx/conocenos/Paginas/Mision-Vision-Objetivos.aspx>
- Flores, S., González, M. y Herrera, A. (2007). Dificultades de entendimiento en el uso de vectores en cursos introductorios de mecánica. *Revista mexicana de física E*, 53(2), 178-185.

- Forni, P. y De Grande, P. (2020). Triangulación y métodos mixtos en las ciencias sociales contemporáneas. *Revista mexicana de sociología*, 82(1), 159-189. <https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2020.1.58064>
- Gutiérrez, E. y Martín, J. (2015). Dificultades en el aprendizaje de vectores, en los estudiantes que cursan materias del ciclo introductorio de la FCEF y N. de la UNC. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(2), 89-96.
- Gutiérrez, M., Piñón, L. y Sapién, A. (2020). Competencias docentes: brecha entre teoría y percepciones en la Universidad Autónoma de Chihuahua. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(20), e032. <https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.647>
- Instituto Politécnico Nacional (2019). Agenda Estratégica de Transformación del IPN. [Consultado el 20 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://e4-0.ipn.mx/wp-content/uploads/2019/10/agenda-estrategica-transformacion-4-0.pdf>
- Instituto Politécnico Nacional. Plan de inicio del semestre 21-1 en línea del Instituto Politécnico Nacional (2020). [Consultado el 20 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.ipn.mx/assets/files/ccs/docs/noticias/2020/08/plan-inicio-semester-21-1-linea.pdf>
- Instituto Politécnico Nacional. Polivirtual DEV Oficial IPN (2020). [Consultado el 1 de diciembre del 2020]. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=nxzFB_EqPHo
- Isoda, M. y Olfos, R. (2010). El enfoque de Resolución de problemas en la enseñanza de las matemáticas a partir del Estudio de Clases. Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso, PUCV.
- Karnam, DP, Agrawal, H, Parte, P y otros. (2020). Touchy feely vectors: A compensatory design approach to support model-based reasoning in developing country classrooms. *J Comput Assist Learn*. 1–29. doi: 10.1111/jcal.12500
- Luque, P. (2019). La Influencia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el Rendimiento Académico de los Estudiantes del Curso de Álgebra Lineal de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería. Una Aplicación al Tema de Vectores en el Sistema Tridimensional.
- Manterola, C. y Otzen, T. (2015). Estudios Experimentales 2 Parte: Estudios Cuasi-Experimentales. *International Journal of Morphology*, 33(1), 382-387.
- Melo, L., Cardona, G. y Martínez, G. (2018). Conocimiento didáctico del contenido sobre el principio de Arquímedes en un programa de formación de profesores de Física en Colombia. *Revista mexicana de investigación educativa*, 23(76), 253-279.
- Monroy, M. (2017). La planeación de los docentes de matemáticas: un proceso para la reflexión. En J. M. López-Calva (Ed.), *Transformación de la práctica docente universitaria: aproximaciones desde la investigación-acción* (pp. 117-149). México: Colofón; Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.
- Movimiento STEAM México (2020). Fecha de consulta <https://movimientostem.org/>
- Notaroš, B.M. (2013). Geometrical Approach to Vector Analysis in Electromagnetics Education. *IEEE Transactions on Education*, 56(3), 336-345. doi: 10.1109/TE.2012.2227745
- Olfos, R., Isoda, M. y Estrella, S. (2020). Más de una década de Estudio de Clases en Chile: hallazgos y avances. *Paradigma*, 25(40), 190-221.
- Questionpro (s.f.). ¿Qué es la escala de Likert y cómo utilizarla? [Consultado el 30 de noviembre del 2020]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-escala-de-likert-y-como-utilizarla/>
- Rock, T. C. y Wilson, C. (2005). Improving Teaching through Lesson Study. *Wilson Teacher Education Quarterly*, 32(1), 77-92.
- Suárez, L. y Ruiz, B. (2016). Historia de la actividad matemática: herramienta ampliada desde la resolución de problemas. *Opción*, 32(10), 840-860

Yacuzzi, E. (2005). El estudio de caso como metodología de investigación: teoría, mecanismos causales, validación. Buenos Aires: Universidad del CEMA.

Anexo 1. Rúbrica de evaluación “Pararrayos”:

<https://drive.google.com/file/d/1oZo21-gZZRH5JaKczWyRq3ZmSbsihO6I/view>