

# Propuesta metodológica para diseñar un curso de actualización para profesores de física en un tópico específico: El caso de las gráficas cinemáticas

**Methodological proposal to design one refresher course to physics teachers in one specific topic: The case of kinematics graphics**

CAMPOS-NAVA, Marcos<sup>1</sup>  
 RAMÍREZ-DÍAZ, Mario H.<sup>2</sup>  
 MORALES-MAURE, Luisa<sup>3</sup>  
 FLORES-CASTRO, Eduardo<sup>4</sup>

## Resumen

El presente trabajo corresponde a la segunda etapa de una investigación que tuvo como fase inicial caracterizar el constructo denominado Conocimiento Didáctico del Contenido para profesores de física en un tópico específico. La segunda etapa aquí reportada, consistió en proponer una alternativa metodológica para diseñar un curso de actualización para profesores de física en servicio. Se eligió el tópico específico de la interpretación de gráficas cinemáticas, ya que es un contenido que aparece recurrentemente en los programas de estudio y en los libros de texto de bachillerato y licenciatura.

**Palabras clave:** curso de actualización, profesores de física, gráficas cinemáticas, conocimiento didáctico del contenido.

## Abstract

This paper corresponds to the second stage of a research project that had as its initial phase a proposal to characterize the the construction called Content Teaching Knowledge for physics teachers in a specific topic. The second stage consisted to propose a methodological alternative to design one refresher course for physics teachers in service. The specific topic of the interpretation of kinematic graphics was chosen, because it is a content that appears repeatedly in the study programs and in the high school and undergraduate textbooks.

**key words:** refresher course, physics teachers, kinematics graphics, pedagogical content knowledge.

## 1. Introducción

En México no existen programas de formación para los futuros profesores de física que impartirán clases en los niveles de bachillerato y universidad, actualmente hay sólo un camino para ostentar un título universitario como profesor de física, que consiste en cursar estudios en la Escuela Normal Superior y elegir la especialidad de enseñanza de la física, sin embargo, el perfil de egreso de estos profesores está orientado a impartir clases en el

<sup>1</sup> Profesor-Investigador. Área Académica de Matemáticas y Física . Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. mcampos@uaeh.edu.mx

<sup>2</sup> Profesor-Investigador. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional, México. mramirez@ipn.mx

<sup>3</sup> Profesor-Investigador. Departamento de Matemática. FCNET. Universidad de Panamá, Panamá. luisa.morales@up.ac.pa

<sup>4</sup> Rector. Departamento de Física. FCNET. Universidad de Panamá, Panamá. eduardo.flores@up.ac.pa

nivel secundaria (Campos-Nava y Ramírez-Díaz, 2019). Ante esta situación, una pregunta natural es ¿qué perfil profesional tienen los profesores de física que imparten clases en los niveles bachillerato y universidad en México? No existe una respuesta oficial debido a la falta de un padrón o base de datos que aglutine esta información a nivel nacional, sin embargo, la respuesta no oficial basada en el conocimiento del medio educativo mexicano, es que los perfiles son tan diversos que van desde ingenieros en diversas ramas de la tecnología, hasta licenciados en física y en matemáticas, en algunos casos inclusive con estudios de posgrado.

En este orden de ideas, para el año 2001 se efectuó el diálogo para la transformación del Sistema Educativo Panameño, que reunió a los principales actores y representantes de los organismos públicos y de la sociedad civil, llevando a la discusión cuatro ejes temáticos: la filosofía y calidad de la educación, el perfil del desempeño de los docentes, la inversión en educación, así como las acciones de innovación (Morales Maure, García Vázquez & Durán González, 2019).

Lo anterior conlleva a plantearse otra pregunta ¿cómo operan los programas de actualización de los profesores de física que están en servicio? La respuesta tampoco es única ni obedece a una directriz oficial del sistema educativo mexicano, la práctica dicta que cada institución dependiendo del subsistema al que pertenezca (bachilleratos generales, bachilleratos tecnológicos, tele bachilleratos, universidades autónomas, universidades estatales, institutos tecnológicos federales, institutos tecnológicos descentralizados, instituciones públicas, instituciones privadas, etcétera), decide la estrategia para actualizar a sus profesores, la mayoría de las veces promoviendo la asistencia a cursos de contenido meramente pedagógico y en algunos otros, promoviendo la realización de estudios de posgrado.

En México la oferta de especialidades, maestrías o doctorados en enseñanza de la física es escasa, destacando principalmente el Instituto Politécnico Nacional, que ofrece estudios de maestría y doctorado en Física Educativa.

Al respecto de la pertinencia que tienen investigaciones sobre la formación y actualización docente, Caballero (2017) afirma: “La formación docente es un aspecto fundamental en la educación que permitirá avanzar hacia la calidad, puede tener un efecto de motivación sustancial en los alumnos [...] hace falta ahondar en investigaciones al respecto de actualización y capacitación docente”.

En concordancia con lo anterior, Morales-Maure, García-Vázquez y Durán-González (2019) mencionan que “Si bien en el proceso educativo interaccionan los diferentes agentes antes referidos, la importancia del papel del docente es crucial en el proceso del aprendizaje de los estudiantes” (p. 8). Es importante para el aprendizaje .., el uso de estrategias pedagógicas donde se desarrollen habilidades cognitivas orientadas al desarrollo intelectual propio del educando, una de las estrategias más adecuadas son las de aprendizaje cooperativo, el estudiante al construir conocimiento en equipo explora, relaciona, codifica, compara y analiza problemas matemáticos en el contexto, lo cual permite a la vez desarrollar el conocimiento, el procesamiento de la información y las habilidades críticas-reflexivas (Morales Maure, et al., 2018).

En este sentido, un elemento que forma parte de los programas de formación, son los cursos de actualización dirigidos a los docentes en servicio ¿Qué contenidos debieran incluir? ¿Cómo se deben diseñar? ¿Qué periodicidad debieran tener? ¿Quién los debe impartir? Son algunas de las preguntas que surgen de manera natural al pensar en el tema, en este orden de ideas, el problema que se abordó en esta investigación es: Debido a que se ha identificado que en México no existen programas de formación para los futuros profesores de física de bachillerato y licenciatura y que tampoco existen programas de actualización para los profesores que ya están en servicio, que operen sistemáticamente, en este trabajo se propone una metodología para el diseño de un curso de actualización para profesores de física en un tópico específico, a partir de la caracterización del constructo teórico denominado CDC (una investigación previamente realizada).

Algunos de los elementos teóricos para la propuesta se retoman de un trabajo previo de los autores (Campos-Nava y Ramírez-Díaz, 2019), en el cual se plantearon caracterizar el constructo teórico denominado Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en los profesores de física en un tópico en particular, aunado a esto también se hizo uso de otros referentes teóricos como el denominado Enseñanza de la física por indagación (Physics by inquiry: McDermott, Shaffer, & Counstantinou, 2000), también se consideraron algunos referentes de las denominadas Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC), particularmente se eligieron dos herramientas digitales: Sistema de Geometría Dinámica (SGD) Geogebra y Software de Video-análisis (SVA) Tracker, ambos de licencia libre, como recursos idóneos para diseñar las tareas de aprendizaje dirigidas a los profesores de física, en el tópico de interpretación de gráficas cinemáticas.

Luego de diseñar el curso, se logró implementarlo con un grupo de profesores de física en servicio de un bachillerato público y el análisis preliminar indica que aunado al uso de la tecnología, la reflexión profunda sobre la propia práctica docente, inciden favorablemente en el CDC de los profesores en el tópico elegido.

### 1.1. Antecedentes

Los trabajos de investigación previos, que sirvan como antecedentes para la presente propuesta, se pueden clasificar en dos categorías: a) Investigaciones que reportan cómo se llevaron a cabo o diseñaron procesos de actualización de profesores de física en servicio, y b) Investigaciones que reportan cursos de actualización para profesores de física usando como herramientas digitales Geogebra y Tracker.

Haciendo una revisión de la literatura, la cantidad de reportes de investigación que versan sobre la formación y actualización de profesores de Física, es considerablemente menor en comparación a los trabajos que reportan investigaciones en las cuáles los sujetos de estudio fueron estudiantes. Se pueden mencionar al respecto las investigaciones de Romero, Aguilar y Stella, (2016), en la cual participaron seis profesores de Física de la Universidad de Antioquia (Colombia), que arrojó como uno de sus principales resultados que los profesores de Física conciben el trabajo experimental como una mera comprobación de los conocimientos teóricos; y por otro lado, se tiene el estudio efectuado por López, Flores y Gallegos, (2000), en el que se reportan como principales hallazgos que dada la complejidad y lentitud en las transformaciones conceptuales de los docentes acerca de la ciencia, resulta indispensable seguir estudiando el fenómeno de la práctica docente.

Aunado a lo anterior, se puede mencionar el trabajo presentado por Pessoa y Gil (1998) en el International Commission on Physics Education (ICPE), en el cual plantean cuatro puntos en los que la Didáctica de la Física influye en la formación de profesores: *i)* Necesidad de un conocimiento profundo de la disciplina; *ii)* Cuestionamiento de las “ideas de sentido común” que tiene los mismo profesores de física; *iii)* La adquisición de conocimientos teóricos sobre el aprendizaje de la física; y *iv)* La implicación de la investigación en didáctica de la física.

En el mismo orden de ideas, en el reporte de investigación que presentan Berger, Eylon y Bagno, (2008), mencionan que uno de los principales retos en las ciencias de la educación, es diseñar programas de formación docente, los cuáles provoquen cambios fundamentales en su práctica docente. En su estudio intervinieron 16 profesores de física que participaron en un programa de formación mixto (presencial y online). Una de las principales conclusiones de este trabajo fue que los profesores ignoraron al inicio las reflexiones de sus estudiantes, pero que poco a poco las consideraron herramientas didácticas importantes.

En lo que respecta a investigaciones que indaguen la pertinencia que recursos digitales como Geogebra y Tracker pueden tener en los procesos de formación y actualización de profesores de física, los estudios son escasos en comparación con aquellos que reportan el efecto que tuvieron al usarlos con estudiantes, aunado a lo anterior, existe gran cantidad de literatura respecto al uso de Geogebra en tópicos de matemáticas, pero son considerablemente menos los que consideran este SGD en la enseñanza de la física.

La escasa literatura sobre el uso de Geogebra en el ámbito de la enseñanza de la física puede deberse a que originalmente fue concebido como un software para la enseñanza de las matemáticas, este SGD se puede definir de la siguiente manera:

[...] una herramienta informática que proporciona instrucción activa, experimental y exploratoria con la ayuda de enlaces simbólicos y que ofrece muchas oportunidades en este sentido. Más allá de definirlo como software de geometría dinámica, Hohenwarter y Preiner describieron a GeoGebra como un puente entre los sistemas de álgebra computacional y el software de geometría dinámica. (Sezen & Çıldır 2015, p. 47).

Sin embargo, desde su primera versión en el año 2002, pasando por la primera versión en español en el año 2009, Geogebra es considerado cada vez por más profesores de física e investigadores como un SGD que ofrece grandes potencialidades para la enseñanza de la disciplina. Además de sus aplicaciones en educación matemática, GeoGebra también se puede emplear en la enseñanza diversas ramas de la física:

Mentrard (2011) diseñó experimentos de física con la ayuda de GeoGebra en su estudio. En estos experimentos, se desarrollaron materiales con diversos temas, entre ellos, Segunda ley de Newton, Ley de Coulomb y Ley de reflexión para ayudar a los estudiantes de física con sus estudios de laboratorio. (Sezen & Çıldır 2015, p. 47).

En este orden ideas, Hanč, Lukáč, Sekerák & Šveda (2011), mencionan que durante mucho tiempo fueron subestimadas las potencialidades de Geogebra para la creación e interpretación de modelos físicos, y que por esa razón en su proyecto proponen retomarlo.

El poder y las propiedades únicas de Geogebra permiten utilizar este software en cualquier materia escolar aplicando ideas matemáticas. Por ejemplo, en cualquier área de la física como la mecánica, la electricidad y el magnetismo, la óptica, la relatividad o la física cuántica, respalda firmemente todas las cuestiones relacionadas con una de las cuatro áreas de alfabetización digital y científica: crear y desarrollar nuevas ideas para comprender el mundo que nos rodea. (Hanč, et al., 2011, p. 134).

Cabe señalar que sin embargo, en la investigación reportada por Sezen & Çıldır (2015) con futuros profesores de física, encontraron que los participantes de su estudio tuvieron profundas dificultades para adaptarse a este SGD, por lo cual enfatizan que los futuros profesores de física que quisieran introducir Geogebra en sus clases deberían tener al menos habilidades informáticas de nivel básico.

Aún con las dificultades reportadas en la literatura que pudieran tener los profesores de física en formación para implementar Geogebra en su práctica docente, este SGD ofrece algunas ventajas respecto a otros softwares para la enseñanza de las ciencias, entre otras que la sintaxis empleada es muy parecida a la que los profesores utilizan en sus clases, además no se requieren conocimientos de programación para elaborar modelos físicos que resulten significativos para los estudiantes, en este sentido Walsh (2017) afirma que: “La belleza del software GeoGebra es que no necesita aprender un lenguaje de programación para usarlo para crear simulaciones interactivas realistas y animaciones de todo tipo de fenómenos físicos”. (p. 316).

Con base en lo anterior, se puede esperar que con el uso sistemático del SGD Geogebra en las clases de física, este coadyuve a que los estudiantes puedan entender mejor algunos fenómenos físicos, y más aún, con el hecho de que un profesor decida crear algún modelo físico en Geogebra para utilizarlo en sus clases, esto le puede ayudar a identificar las dificultades conceptuales a las que sus propios estudiantes se pueden enfrentar, e incluso entender a mayor profundidad las características de dicho fenómeno. “Una de mis cosas favoritas acerca de la creación de simulaciones físicas en GeoGebra es que a menudo entiendo más profundamente un tema o fenómeno mediante la creación de una simulación de él”. (Walsh, 2017; p. 317).

En contraste a la intención original de Geogebra que estuvo dirigido a la enseñanza de las matemáticas, el SVA Tracker tuvo desde un inicio la intención de ser utilizado en cursos de física para explorar diversos fenómenos por medio del análisis de video, principalmente de movimiento, pero no está restringido sólo a ese tópico. Si bien la idea del video-análisis no es nueva y Tracker no es el único software de video-análisis que existe, posee algunas ventajas respecto a otros, una de las principales es que es un software de licencia libre.

Al respecto, Beichner (1996), reportó los efectos positivos de usar software de video-análisis para la interpretación correcta de gráficas cinemáticas al mencionar que con ayuda de un software de esta naturaleza (en su investigación se utilizó el software comercial Videograb), los estudiantes pueden examinar el evento y su gráfica simultáneamente, lo cual favorece la capacidad de retención en la memoria debido a las limitaciones que tiene el cerebro para recordar mucha información a corto plazo. Adicionalmente, menciona que la presentación del evento y su gráfica en forma simultánea, favorece las funciones cognitivas que permiten que este recuerdo pase a la memoria de largo plazo.

Por su parte, Brown & Cox, (2009), mencionan que el valor didáctico que los diferentes softwares de video-análisis (comerciales y de licencia libre) ha quedado de manifiesto en diversas investigaciones, en parte porque trabajar en este tipo de ambientes resulta familiar a los estudiantes y porque se construye un puente entre las observaciones directas y las representaciones matemáticas abstractas de los fenómenos físicos que se pueden analizar. En su propuesta mencionan que Tracker puede favorecer entre otros, el estudio de tópicos como colisiones en una y dos dimensiones, se pueden analizar también modelos de la resistencia contra el aire de objetos ligeros en caída libre, así como fenómenos de expansión térmica y el estudio de espectros de emisión no térmicos de algunos gases con lámparas fluorescentes.

Sin embargo, al hacer la revisión de la literatura se confirmó que son escasos los reportes que han estudiado el impacto de software de Video-análisis como Tracker en la formación de profesores de física.

Al respecto se puede mencionar el trabajo de WEE, CHEW, GOH, TAN & LEE (2015), que aunque describe los resultados obtenidos al estudiar el movimiento de proyectiles con estudiantes, rescata las reflexiones de diez profesores de física que también participaron de la actividad.

El entendimiento matemático y gráfico del movimiento en direcciones vertical y horizontal, ayuda a que los estudiantes puedan deducir adecuadamente las ecuaciones cinemáticas de un proyectil. El video-modelado con fines pedagógicos es adecuado para activar un aprendizaje profundo, pues permite a los estudiantes hacer predicciones y comparar con un video analizado [...] (WEE, et al., 2015).

Tras la revisión de literatura, queda de manifiesto que: *i)* las investigaciones que abordan como su objeto estudio la formación y actualización de profesores de física son escasas; *ii)* las investigaciones sobre formación y actualización de profesores de física que han indagado los efectos que Geogebra y Tracker pueden tener en el CDC de éstos, son aún más escasas, por lo que se considera relevante la propuesta de diseñar un curso de actualización que promueva el uso sistemático de las dos herramientas y que posteriormente sea implementado para verificar los efectos de las mismas con profesores.

## 1.2. Marco Coceptual

Como elementos para el sustento de esta propuesta, se consideraron aportaciones de varias perspectivas, por un lado, derivado de la etapa inicial de este proyecto (artículo previo ya publicado por los autores), se tomaron en cuenta aspectos relativos al CDC, los cuales permitieron definir los objetivos y alcances del curso; aunado a lo anterior, se consideraron algunos elementos de la perspectiva de enseñanza de la física por indagación (Physics by inquiry), pues nos permitió establecer la metodología de implementación de las actividades; adicionalmente

se consideraron elementos de la formación de profesores con el uso de herramientas digitales, para el diseño de las mismas.

El constructo del CDC ha evolucionado desde que Shulman (1986) lo propuso hasta el día de hoy, al grado de que, como lo menciona Talanquer (2014), es difícil encontrar actualmente una propuesta de formación de profesores de ciencias que no esté basada en mayor o menor grado en este constructo.

El este tenor, Torres-Rodríguez et al. (2019) mencionan que: “En general, no es fácil llegar a un consenso acerca de cuál debe ser un buen núcleo común de conocimientos, que constituyan una base mínima para la enseñanza, pero una buena aproximación es el constructo conceptual denominado Conocimiento Didáctico del Contenido”. (p.28).

Con respecto a la importancia de la propuesta inicial de Shulman, aunque a lo largo de los años el CDC ha ido evolucionando, Vergara y Cofré, (2014) afirman que: “El aporte crucial de Shulman fue enfatizar que para enseñar un contenido no basta con saber el contenido y saber de pedagogía general, sino que se deben tener conocimientos específicos de la enseñanza de dicho contenido”. (p. 326)

En este mismo orden de ideas, National Research Council (NRC, 1996) menciona que este conocimiento especial, denominado conocimiento pedagógico del contenido, distingue el conocimiento científico de los profesores del de los científicos. Bolívar, (2005), define el CDC como el “conjunto o repertorio de construcciones pedagógicas, resultado de la sabiduría de la práctica docente, normalmente con una estructura narrativa, referidas a un tópico específico.” (p. 9). Por su parte, Keller, Newmann y Hans, (2016) afirman que las investigaciones recientes en matemáticas y otras asignaturas científicas, apuntaron hacia el conocimiento didáctico del contenido de los profesores (CDC), como uno de los factores más influyentes que contribuyen al aprendizaje y el rendimiento de los estudiantes.

En este orden de ideas, Talanquer (2004) también afirma que los diversos resultados de los estudios sobre formación docente han arrojado que:

La habilidad de un docente para crear condiciones que faciliten el aprendizaje no sólo depende de sus conocimientos sobre el tema o sobre variados métodos de enseñanza, su éxito parece depender de la habilidad que tienen para transformar el conocimiento disciplinario que posee en formas que resulten significativas para sus estudiantes. (pp. 60-61).

Al respecto, Etkina (2005) menciona que tradicionalmente los programas de formación de nuevos profesores de física en Estados Unidos, imparten por separado los cursos disciplinares a través de los departamentos de física, y por otro lado, los cursos de pedagogía por medio del departamento de educación; sin embargo no hay garantía de que ambos contenidos converjan en la cognición del futuro profesor para generar CDC que los convierta en buenos profesores de física. En México el panorama no es muy distinto, cuando se implementan medidas para actualizar a los profesores en servicio, la estrategia es similar: por un lado se les han generado un conjunto de cursos de pedagogía general, y por otro lado (en menor medida) se les imparten cursos de formación disciplinar (Sánchez y Huchim, 2015).

Con base en la propuesta de Shulman y diversos autores que le han precedido sobre la importancia de considerar el CDC como un constructo idóneo para la generación de programas de formación y actualización de profesores, así como un posible predictor del éxito o fracaso de los estudiantes al estudiar asignaturas de contenido científico, Campos-Nava y Ramírez-Díaz (2019), lograron identificar 5 dimensiones que permiten caracterizar el CDC de los profesores de física en un tópico específico del currículum:

*i) Conocimientos y creencias sobre el currículum de física; ii) Conocimientos y creencias sobre las dificultades de enseñar un tópico en específico de física; iii) Conocimientos y creencias sobre las preconcepciones e ideas previas que tienen los estudiantes en un tópico específico de física; iv) Conocimientos y creencias sobre el uso de recursos didácticos y estrategias para enseñar un tópico en particular de física; y v) Conocimientos y creencias sobre las formas más efectivas de evaluar un tópico en específico de física. (pp. 346-347).*

A partir de estas dimensiones se logró operacionalizar la variable CDC para profesores de física en el tópico específico de interés (gráficas cinemáticas), lo cual se tradujo en indicadores y posteriormente ítems para medirlo. Retomando dichas dimensiones e indicadores, para este trabajo se diseñó el contenido de un curso de actualización (ver Cuadro 1 en sección de Anexos), traducido en 10 actividades de aprendizaje en las que se aborda contenido didáctico y disciplinar al mismo tiempo (ver apartado 3 en la sección de Anexos), contrario a lo que habitualmente ocurre en los cursos de actualización tradicionales.

En concordancia con esto, Caballero (2017), menciona la importancia que conlleva que los profesores de bachillerato (también conocido como nivel medio superior en México) estén en constante actualización, dada su formación inicial:

Regularmente los docentes que trabajan en el nivel de educación media superior o bachillerato, no han sido formados para la docencia, casi en su totalidad son egresados de universidades. Existen abogados, químicos, doctores, arquitectos, etc., sin embargo pueden y deben estar al día con las nuevas tendencias educativas que permitan la adquisición de mejores conocimientos en los alumnos, ya que han adquirido un compromiso social: educar y transformar alumnos que se convertirán en ciudadanos que ingresarán al área laboral o que posiblemente estarán tomando una carrera universitaria. (Caballero, 2017)

Al respecto, Merino (2002) afirma que ser un buen profesor de física, conlleva no sólo conocer a fondo la materia, sino también poseer destrezas en didáctica y pedagogía, y, además, tener aptitudes y actitudes de investigador. Las y los profesores de física han de tener conocimientos sólidos de la disciplina, al igual que en didáctica y pedagogía y, además, actitudes aperturistas; lo cual es evidentemente compatible con el constructo del CDC.

En el mismo tenor, Riveros et al, (2004) mencionan que:

[Respecto a los profesores de física] Existe el supuesto de que es suficiente conocer la disciplina para poder enseñarla. Nada más falso [...] En general, es necesario conocer sobre didáctica y pedagogía para articular técnicas de enseñanza, de aprendizaje, de evaluación y grupales, para lograr elaborar estrategias con posibilidades de funcionar satisfactoriamente. (p. 88)

Por otro lado, NRC (1996), también afirma que:

El aprendizaje de los profesores es análogo al aprendizaje de los estudiantes: aprender a enseñar ciencias requiere que los profesores articulen preguntas, proponga respuestas a esas preguntas, interpreten la información recopilada, propongan aplicaciones y encajen con el nuevo aprendizaje en el panorama general de la enseñanza de las ciencias. (p. 68)

Aunado a lo anterior, Etkina (2005) afirma que “Los futuros profesores de física deberían aprender en ambientes de enseñanza similares a los que ellos deberían crear cuando enseñen”. (p. 3); además de que “Los futuros profesores de física deberían aprender física de la misma forma en que ellos deberían enseñar” (p.4); si bien estas afirmaciones están dirigidas a la formación de nuevos profesores de física y no a la actualización de los profesores en servicio, podemos considerarlo igualmente válido para aquellos profesores de física en activo, que sin embargo por las circunstancias han tenido escasa formación didáctica en la disciplina.

En el mismo orden de ideas, McDermott, Shaffer & Constantinou (2000), mencionan que algunos de los cursos que se ofrecen para formar futuros profesores de física, “perciben a la disciplina como un cuerpo inerte de conocimientos que solamente hay que memorizar, y no como un proceso activo de indagación”. (p. 412), y aseguran que los cursos estándar no proporcionan el tipo de preparación que los profesores necesitan.

McDermott et al., (2000) también afirman que:

Los profesores tienden a enseñar de la misma forma en que ellos fueron enseñados, si ellos fueron enseñados a través de lecturas, gustarán de enseñar por medio de lecturas, incluso si ese tipo de instrucción es inapropiada para sus estudiantes [...] Los profesores deberían ser capaces de distinguir observaciones de inferencias y hacer un razonamiento necesario procedente de sus observaciones y suposiciones para llegar a conclusiones lógicas. (p.412)

Como ya se hizo mención en el apartado de antecedentes, la literatura sobre investigaciones que reporten los resultados de utilizar elementos de las TAC, específicamente herramientas digitales para la formación de profesores de física es escasa, sin embargo, se considera indispensable su incorporación en los procesos de formación y actualización de éstos. “Si se toma el aspecto técnico enfocado al uso de las tecnologías como el celular y la computadora, es un hecho que el uso es muy limitado, principalmente porque los docentes desconocen los alcances del uso de éstas herramientas aplicadas a la educación [...]” Caballero, (2017).

En concordancia con lo anterior, Ramírez-Díaz, (2017) afirma que:

Resulta necesario que los profesores de Física accedan a sistemas de formación continua para mantenerse actualizados y que les permita renovar su práctica docente, adquiriendo conocimientos sobre los fundamentos y bases filosóficas de los enfoques de enseñanza y profundizando en las características y fundamentos de los diseños didácticos, uso de recursos didácticos y herramientas tecnológicas. (p. 5)

Lo anterior conlleva a que los profesores consideren que sus necesidades de actualización incluyendo el empleo de tecnologías digitales con fines didácticos no son cubiertas satisfactoriamente, dejando una sensación de que los procesos de actualización están desvinculados con su práctica real.

[Los Profesores que han recibido cursos de actualización] mencionan que ellos, a partir de su práctica, requieren actividades diferentes a las que muchas veces les imponen los investigadores y diseñadores de cursos de capacitación institucionales [...] además indican que cuando algunos de los que diseñan actividades de formación pretenden considerar los intereses de los docentes, por lo general lo hacen sin profundizar en sus requerimientos significativos. (Hirsch-Adler, 1998, p. 83).

En este sentido, como se ha mencionado en párrafos previos, se han elegido dos elementos de las TAC (Geogebra y Tracker) por considerarlos estrechamente vinculados con los intereses que pudieran tener los profesores de física que imparten el tópico de gráficas cinemáticas e inclusive como se ha mencionado en los antecedentes, estos dos recursos de las TAC pueden influir favorablemente en la enseñanza de diversos tópicos de la física.

---

## 2. Metodología

Todo programa de formación docente está basado en un marco conceptual, implícito o explícito, el cual guía y determina el tipo de actividades que se llevan a cabo así como los supuestos que sustentan su implementación, desarrollo y evaluación. Explicitar los fundamentos y supuestos de un programa de formación y actualización es útil, dado que permite comprender por qué se toman ciertas aproximaciones o rutas, por qué se seleccionan determinadas tareas o acercamientos didácticos o por qué se promueve el desarrollo de procesos mentales o formas de razonamiento particulares. (Barrera y Reyes, 2013, p.57).



Tomando como punto de partida la cita anterior, se estableció que el marco conceptual adoptado como idóneo para emprender programas de formación docente, y específicamente diseñar unidades de dichos programas (cursos de capacitación y/o actualización), es el constructo del CDC, el cual fue investigado y caracterizado previamente por los autores por medio de un cuestionario de escala de actitudes para un tópico específico del currículo. (Campos-Nava y Ramírez-Díaz, 2019).

Con base en la revisión de literatura y normativas de acuerdos secretariales en México, así como los lineamientos para entrar al servicio profesional docente (SEP, 2008; SEP, 2017), se procedió a diseñar la estructura del curso, esto es: objetivo general, objetivos por sesión y tópicos a tratar en cada sesión (ver sección de Anexos), se determinó que el proceso debiera tener una temporalidad de 5 sesiones, cada una de 4 horas, lo anterior principalmente por motivos administrativos, debido a que para fines de valor curricular, en diversas instituciones el mínimo de horas que debe tener un curso de actualización debe ser de 20 horas.

En lo que respecta al contenido de cada sesión, desprendido también de la revisión de la literatura, se decidió que los profesores deberían participar en actividades en las que el SGD Geogebra y el SVA Tracker fueran un eje conductor de cada una, aunado a lo anterior, se buscó que el contenido de cada actividad tuviera incidencia en una o más de las dimensiones que los autores identificaron en un trabajo previo, como las que caracterizan el constructo del CDC para profesores de física en un tópico específico.

La intencionalidad de que los profesores se involucren en actividades de esta naturaleza, obedece a que estamos de acuerdo con el enfoque de diversos autores que afirman que los profesores debieran recibir formación y actualización, con procesos y estrategias similares a las que se pretendería que ellos pongan en práctica dentro de sus aulas.

Se sabe que la instrucción en ciencias para los estudiantes jóvenes es más eficaz cuando la experiencia concreta establece la base para la construcción de conceptos científicos. Nosotros y otros investigadores hemos encontrado que lo mismo es cierto para los adultos, especialmente cuando se encuentran con un nuevo tema o un tratamiento diferente de un tema familiar. (McDermott et al., 2000, p. 412).

Es importante resaltar que como se mencionó en la sección de marco conceptual, el CDC es conceptualizado como una amalgama de conocimientos tanto disciplinares como pedagógicos, que emergen como un nuevo conocimiento exclusivo para los profesores de ciencias, por lo cual si bien el curso diseñado no tiene como objetivo principal enfocarse en conocimientos disciplinares del tópico elegido, implícitamente las actividades deben tener componentes disciplinares que si bien se supone el profesor debería dominar, en caso de que no fuera del todo cierto, se estaría cubriendo contenidos disciplinares también.

Además, el tópico de gráficas cinemáticas, conlleva que el profesor tenga amplio dominio de otros tópicos del currículum de física, por ejemplo, naturaleza vectorial de las variables cinemáticas, distancia, desplazamiento, rapidez media, velocidad media y velocidad instantánea, aceleración media aceleración instantánea; leyes de Newton del movimiento; así como diversos tópicos matemáticos como las diferentes formas y parámetros de la ecuación de una recta o una parábola entre otros.

Para ejemplificar lo anterior, se retoma a continuación un extracto de la Actividad 2 (ver apartado 3 en sección de Anexos):

Actividad 2: Analizar en Tracker el movimiento de un carrito con velocidad constante.

Objetivo: Introducir a los profesores al uso del software de Análisis de Video Tracker por medio del análisis del video de un carrito de juguete que se mueve a velocidad constante, generar la gráfica posición contra tiempo y velocidad contra tiempo.

Para esta actividad se puede empezar con la pregunta inicial ¿en qué situaciones un objeto se mueve a velocidad constante? Lo cual es una invitación a recordar la primera Ley de Newton, sin embargo en particular se trata de pensar en situaciones que no necesariamente sean encontradas en la naturaleza. Por ejemplo, una persona que viaja sobre una escalera eléctrica de un centro comercial, es un ejemplo de una situación en la que un objeto se mueve a velocidad aproximadamente constante.

Como se puede observar, la actividad inherentemente conlleva conocimiento disciplinar más allá del de interpretación de gráficas, además fomenta la reflexión del profesor sobre el fenómeno analizado y se solicita que se haga un análisis por medio de un video y utilizando una herramienta digital, para que por sí mismo valore los procesos cognitivos que se ponen en juego cuando de forma simultánea se puede observar el video de un objeto en movimiento, al tiempo que se generan sus gráficas cinemáticas.

En este orden de ideas, lo que consideramos la principal aportación de esta propuesta, es que las actividades diseñadas para el curso fueron concebidas para incidir en una o más dimensiones del CDC de los profesores, lo cual tiene como sustento una investigación previa, es decir, no se propusieron simplemente con fines de cubrir tópicos del currículum, la elección de las herramientas digitales empleadas tiene también un sustento basado en reportes de otras investigaciones, y en términos generales las actividades persiguen incidir de forma simultánea en el contenido disciplinar y el contenido didáctico, es decir se busca incidir favorablemente en el CDC de los profesores que intervinieron.

A manera de ejemplo se retoman las Actividades 1 y 9 (ver Cuadro 2 en la sección de Anexos) para ejemplificar cómo se consideraron las dimensiones del CDC en el diseño de éstas, cabe mencionar que para consultar las 10 actividades diseñadas tal cual fueron trabajadas con los profesores, se debe recurrir al enlace que se proporciona en el apartado 3 de la sección de Anexos.

---

### 3. Resultados

Propuestas metodológicas que coadyuven al diseño de cursos de actualización para profesores de física en activo, son escasas en la literatura, sobre todo a nivel Latinoamérica, debido a que existen escasos reportes de investigación al respecto.

Para tener un panorama de la cantidad de investigaciones sobre formación de profesores de física, exploramos las bases de datos de las que se consideran las revistas representativas de la disciplina de Didáctica de la Física en Latinoamérica: Revista Brasileira de Ensino de la Física de Brasil; Latin American Journal of Physics Education de México y Enseñanza de la Física de Argentina. Al realizar un rastreo dentro del propio portal de la Revista Brasileira de Ensino de Física ([http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=1806-1117&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1806-1117&lng=en&nrm=iso)), por medio de su propio motor de búsqueda, empleando las palabras clave “formación de profesores” aparece un solo resultado en su base de datos, las búsquedas sobre las palabras “conocimiento didáctico del contenido”, “CDC”, “PCK”, “Pedagogical Content Knowledge” producen cero resultados; mientras que la palabra “geogebra” produce dos resultados y la palabra “tracker” produce 17 resultados.

The screenshot shows the Scielo website interface. At the top, there is a navigation bar with the Scielo logo and a search bar. Below the logo, there are buttons for 'all', 'previous', 'current', 'next', 'author', 'subject', 'form', and 'home'. The main title is 'Revista Brasileira de Ensino de Física' with the Print ISSN 1806-1117. Below this, there are buttons for 'your selection', 'send result', 'new search', 'config', and 'page bottom'. The search results show 'Database : article', 'Search on : formação de professores [All indexes]', and 'References found : 1 [refine]'. The displayed result is 'Cardona, Mónica Eliana and López, Sonia **Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores.** Rev. Bras. Ensino Fis., 2017, vol.39, no.4. ISSN 1806-1117'. There are links for 'abstract in spanish', 'english', and 'text in spanish'. Below the result, there is a 'Refine the search' section with a table of search criteria.

	Search	in field	
1	formación de profesores	All indexes	index
2	and	All indexes	index
2	and	All indexes	index

En el caso de Latin American Journal of Physics Education, (<http://www.lajpe.org/index.html>), se revisaron los índices de los últimos 3 volúmenes, la revista publica aproximadamente 40 artículos por volumen, de los cuales, se identificaron menos de 10 reportes que trataron directa o indirectamente el tópico de formación de profesores.

La revista Enseñanza de la Física (<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF>), también tiene un motor de búsqueda propio, cuando se hace una revisión con la frase “formación de profesores” se encuentran 51 resultados, en donde se incluyen textos de tipo editorial, de hecho en el editorial del número publicado en diciembre de 2019, se hace mención que haciendo un recuento de 2014 a 2019, se han publicado en dicha revista 25 trabajos dentro de la línea de formación docente.

En este mismo sentido, el trabajo de investigación que reportan Iturralde, Mariel y Flores (2017), en el cual revisaron las bases de datos de 15 revistas científicas, y en total 490 artículos en la línea de investigación de didáctica de las ciencias, y que como dato adicional incluyó las tres revistas que anteriormente se consideraron, llegaron a la conclusión de que de los 490 artículos revisados, que dividieron en cinco categorías o dimensiones, a la dimensión D “Profesorado de Ciencias” pertenecieron 91 trabajos, mientras que la categoría más recurrente fue la B, “Enseñanza de las Ciencias” y a su vez, al dividir la dimensión D en subdimensiones, las referentes a Conocimiento Pedagógico del Contenido e Implementación o evaluación de propuestas de formación incluyeron apenas 4 y 7 trabajos respectivamente.

La revisión anteriormente referida, es indicativo de que si bien, existe una agenda de investigación sobre formación docente para profesores de Física en el contexto latinoamericano, es pertinente robustecerla con más propuestas sobre la misma línea, en este sentido, los resultados que arroja la presente propuesta, son un referente para aquellos formadores de profesores e investigadores en didáctica de la física, que estén interesados en elaborar propuestas de formación, particularmente, el diseño de actividades para cursos de

actualización de profesores de Física, tomando como base la caracterización del constructo de CDC en algún tópico del currículum.

A partir de la caracterización del CDC en el tópico específico de gráficas cinemáticas que los autores plantearon en un estudio previo (Campos-Nava y Ramírez-Díaz, 2019), se identificaron dimensiones, parámetros e indicadores de dicho constructo; con base en lo anterior y tomando otros referentes teóricos identificados tras la revisión de la literatura, concretamente la Enseñanza de la Física por indagación; el uso de herramientas digitales para la enseñanza de la física y la reflexión sobre la práctica docente, se propuso el diseño de un curso de actualización dirigido a profesores de física que tuvo como tópico central la interpretación de gráficas cinemáticas, empleando sistemáticamente dos recursos digitales que se identificaron como idóneos para tal efecto: Geogebra y Tracker.

Se diseñaron 10 actividades para que fueran implementadas dos por sesión con un grupo de profesores de física en servicio, cada actividad en un lapso de dos horas, el objetivo y contenido de cada actividad está dirigido a incidir en una o más dimensiones del CDC que los autores propusieron (Ver Cuadro 2 Sección de Anexos).

Se elaboró un programa del curso de actualización, que constó de un objetivo general, bloques o unidades e trabajo generales, cada uno con su objetivo particular, se estableció la temporalidad para cada bloque y todo lo anterior se alineó con algunos de los lineamientos oficiales emitidos por la Secretaría de Educación Pública de México (SEP), que mencionan las competencias que debe poseer el docente de física de bachillerato (Cuadro 1, Anexos).

La estructura propuesta para cada actividad es simple, y acorde a los referentes teóricos que han acompañado a esta investigación; primero se define el nombre de la actividad; posteriormente se enuncia un objetivo perseguido por la misma; a continuación se establece un contexto para cada actividad y por último se enuncia en términos generales el desarrollo que el instructor deberá establecer con los profesores participantes, utilizando como recurso central GeoGebra o Tracker.

Lo más relevante de cada una de las diez actividades diseñadas, es que desde el análisis a priori, cada actividad puede incidir en una o más de las dimensiones del CDC de los profesores de Física, ya sea por el contenido de la misma, o por el uso de los recursos digitales empleados, o por el énfasis en la reflexión sobre la propia práctica docente que el instructor debe fomentar (Cuadro 2, Anexos); sin embargo, en la siguiente fase de este proyecto, al analizar las transcripciones de las sesiones de trabajo con los profesores, es que se podrá determinar si en verdad las tareas han podido incidir favorablemente en el CDC de los profesores participantes.

Si bien no se duda de la existencia de otras propuestas de formación y actualización de profesores de física en servicio, éstas son aisladas y pocas veces reportadas en la literatura, como se hizo mención al principio de este apartado, por lo que la intención de este trabajo es servir como un referente para que aquellos educadores e investigadores que estén interesados en diseñar cursos de actualización para profesores de física, pudieran replicar la misma metodología que se utilizó en este trabajo, aun tratándose de tópicos diferentes, es decir, que a partir de la caracterización del CDC en dimensiones e indicadores para un tópico particular del currículum de física (Campos-Nava y Ramírez-Díaz, 2019), se puedan elegir recursos digitales de las TAC idóneos que favorezcan el desarrollo del CDC de los profesores en ese tópico específico, basado en la investigación documental, y además, diseñar o seleccionar actividades de aprendizaje que pudieran incidir en las diferentes dimensiones del CDC.

---

## 4. Conclusiones

Se debe aclarar que no se está proponiendo que los programas de formación de profesores en servicio, debieran aglutinar cursos de actualización para cada tópico del currículum, pues eso sería por demás impráctico y poco

alcanzable, por el contrario, dada esta experiencia, se sugiere identificar un tópico central que aglutine a un buen número de otros tópicos del currículum (como fue el caso de las gráficas cinemáticas en mecánica) y en consecuencia diseñar sólo algunos cursos basados en éstos.

Además, en la medida en que otros educadores pudieran replicar las actividades aquí propuestas (ver apartado 3 en sección de Anexos) y documentar los resultados, se podría tener mayor evidencia de su pertinencia. En el caso particular de este proyecto, tras la implementación de las actividades diseñadas y el análisis preliminar que de momento se ha realizado, el uso de las herramientas digitales elegidas fue pertinente, los profesores participantes pudieron realizar cada una de las tareas y se logró incidir favorablemente en el CDC de algunos profesores, al menos a nivel declarativo, como se puso de manifiesto tras dos episodios de reflexión que se desprendieron de la impartición del curso, en uno de ellos se discutió la función de las actividades experimentales en la clase de física, como un medio para corroborar leyes o como un medio para descubrirlas; en ese sentido hubo profesores que consideraron que el trabajo experimental debe anteceder a la presentación de los contenidos teóricos y otros consideraron que debe ser al contrario, se muestra un fragmento de la transcripción:

*Profesor 3: Perdón que lo interrumpa en ese sentido... a mí un profesor me comentaba que cómo podía él hacer una práctica si no había visto la teoría... y es que a mí me funciona al revés, primero la práctica y luego la teoría...*

*Instructor: Qué interesante ¿no?, eso como pregunta ¿no?, no estoy diciendo que tenga una respuesta absoluta o qué tal vez esté mal, pero la pregunta sería ¿primero la teoría o la práctica? Y sí, como que es muy común considerar que el laboratorio sirve para comprobar la teoría...*

*Profesor 3: Es lo que él decía [se refiere al profesor de su comentario] primero dame la ecuación, y ya que la tenga vamos al laboratorio a comprobar que está bien... pero debió haber sido al revés...*

*Instructor: Pero históricamente fue al revés...*

*Profesor 7: Pero además es lo que nos indican los coordinadores ¿no? que vaya de acuerdo al temario y que la práctica la programes a partir de los temas que ya viste, pero es complicado...*

Consultas con profesores de física con más de 35 años experiencia en la enseñanza experimental, señalan que el experimento puede ir antes, durante o después de la teoría, ya que en una visión moderna de la enseñanza de la física, la experimentación tiene sus propios objetivos y no necesariamente es el de reforzar la teoría.

Por otro lado, específicamente en el tópico de gráficas cinemáticas, se llegó al consenso de que para muchos estudiantes (y para algunos profesores) es más complicado que dada una gráfica cinemática, se pueda describir el movimiento del objeto, que viceversa, es decir, que presenta menos dificultad dada la descripción del movimiento de un objeto, hacer sus gráficas cinemáticas, lo cual sugiere que a nivel cognitivo estas dos actividades tienen distinta complejidad.

*Instructor: ¿Y se han puesto a pensar que en todo caso es más difícil ir de observar el fenómeno a representarlo gráficamente, sus variables, o viceversa, de ver una gráfica donde están las variables cinemáticas, tratar de explicar el movimiento? ¿Se han preguntado si es que de verdad es más difícil ir de un camino a otro... por qué?*

*[Silencio por varios segundos]*

*Instructor: O incluso creen tener alguna explicación de porqué a lo mejor sí es más difícil ir de observar el fenómeno a las gráficas... o es más fácil al revés, de la gráfica tratar de expresar el fenómeno.*

*Profesor 3: Considero que en el caso de pasar del fenómeno a la gráfica el chico es participativo, es el que va tomando la información, los datos, yo les pido que tomen el tiempo que tarda en bajar por una pendiente una canica, ellos van midiendo el tiempo, van midiendo los espacios, él participa en el hacer, ya de ahí con la información hace su gráfica, entonces comprende qué está pasando en la gráfica, pero si yo le doy la gráfica ya hecha y que interprete qué fenómeno sucedió... no lo sabe hacer, incluso pasa al siguiente semestre y le ponen la misma gráfica, por ejemplo en el examen para ingreso a la universidad, y dicen es que no entiendo esta gráfica... y regresamos.*

Todo indica que describir el movimiento de un cuerpo a partir de un gráfico, requiere un mayor grado de abstracción.

## Agradecimiento

Este trabajo de investigación ha estado bajo el apoyo y aprobación del Centro de Pensamiento de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Panamá. El centro tiene como objetivo organizar, preservar, difundir e internacionalizar la producción intelectual, apoyando a los investigadores de esta casa de estudios. Con este proyecto la Universidad de Panamá bajo el recurso financiero de la SENACYT, reitera su compromiso de seguir trabajando en las corrientes de acceso abierto en beneficio de la comunidad académica nacional e internacional, haciendo más accesible su producción científica e intelectual.

---

## Referencias bibliográficas

- Barrera, F. y Reyes, A. (2013). *Elementos didácticos y resolución de problemas: formación docente en matemáticas*. Editorial UAEH, México.
- Beichner, R. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal of Physics*. No. 64 Vol 10. pp 1272-1277.
- Berger, H., Eylon, B. & Bagno, E. (2008). Professional Development of Physics Teachers in an Evidence-Based Blended Learning Program. *Journal of Science Education and Technology*. No. 17, Vol. 4. pp 399-409.
- Bolívar, A. (2005). Conocimiento Didáctico del Contenido y Didácticas Específicas. *Revista de currículum y formación del profesorado*. No.9 (2).
- Brines, A. Solaz, J. y Sanjosé, V. (2016). Estudio exploratorio comparativo del conocimiento didáctico del contenido sobre pilas galvánicas de profesores de secundaria en ejercicio y en formación. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 34 No. 2. Pp. 107-127.
- Brown, D. & Cox, A. (2009). Innovative Uses of Video Analysis. *The Physics Teacher*. Vol. 47. pp. 145-150.
- Caballero, E. (2017). Percepción de los docentes sobre la actualización. *Revista Vinculando*. Disponible en: <http://vinculando.org/educacion/percepcion-los-docentes-la-actualizacion.html>
- Campos-Nava, M., y Ramírez-Díaz, M. H. (2019). Diseño de un instrumento para caracterizar el conocimiento didáctico del contenido en profesores de física sobre un tópico específico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*. Vol. 14, No. 2, pp. 340-359.
- Campos-Nava, M. y Torres-Rodríguez, A. (2016). Física y Matemáticas Experimentales en Escenarios Virtuales. *Suma: Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas*. No. 82, pp. 19-26.
- Etkina, E. (2005) Physics teacher preparation: Dreams and reality. *Journal of Physics Teacher Education*. Vol 3, No. 2. pp 3-8.

- Hanč, J., Lukáč, S., Sekerák, J. & Šveda, D. (2011). Geogebra - a complex digital tool for highly effective math and science teaching. In *Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, 9th International Conference on, pp. 131–136.
- Hirsch- Adler, A. (1998). *Investigación Superior: Universidad y Formación de Profesores*. Editorial Trillas: México, Segunda reimpresión.
- Iturralde, M., Mariel. B. y Flores, A. (2017). Agenda Actual de la Investigación en Didáctica de las Ciencias naturales en América Latina y el Caribe. *Revista Electrónica de Investigación Educativa (Redie)*. Vol 19, No. 3, pp. 49-59.
- Keller, M., Neumann, K. & Fischer, H. (2016). The Impact of Physics Teachers Pedagogical Content Knowledge and Motivation on Students Achievement and Interest. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 9999 No. 00
- López, A., Flores, F. y Gallegos, L. (2000). La formación de docentes en física para bachillerato. Reporte de un caso. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Vol. 5, No. 9. pp 113-135.
- Merino, M. (2002). Los retos de la enseñanza de la Física en el siglo XXI, *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. No. 33.
- McDermott, L., Shaffer, P. & Counstantinou, C.P. (2000). Preparing Teachers to Teach Physics and Physical Science by Inquiry. *Physics Education*. Vol 35, No 6.
- Morales Maure, L., García Vázquez, E., & Durán González, R. (2019). Intervención formativa para el aprendizaje de las matemáticas: una aproximación desde un Diplomado. *Revista Conrado*. 15(69), pp. 7-18.
- Morales Maure, L., García Marimón, O., Torres Rodríguez, A., & Lebrija, A. (2018). Habilidades Cognitivas a través de la Estrategia de Aprendizaje Cooperativo y Perfeccionamiento Epistemológico en Matemática de Estudiantes de Primer Año de Universidad. *Formación Universitaria*, 11(2).
- NRC (1996). *National Science Education Standards*. National Academy Press: USA.
- Pezoa, A. y Gil, D. (1998). Formación de Docentes en Física: Análisis y Proposiciones. En *Memorias de International Commission on Physics Education (ICPE)*. Andrée Tiberghien et al (Eds).
- Ramírez- Díaz, M. (2017). Clases demostrativas interactivas para la formación de profesores en línea. *Revista de Educación a Distancia (RED)*. No. 55, pp. 2-20.
- Riveros, H., Jiménez, E., Riveros, D. (2004). *Cómo mejorar mi clase de física: nivel medio superior*. Editorial Trillas: México.
- Romero, A., Aguilar, Y. y Stella, L. (2016). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. *CPU-e Revista de Investigación Educativa*. No. 23 pp. 75-89.
- Sánchez, C. y Hulchim, D. (2015). Trayectorias docentes y desarrollo profesional en el nivel medio superior. *CPU-e Revista de Investigación Educativa*. No. 21, pp. 148-167.
- SEP (2017). Perfil Parámetros e indicadores para el ingreso a las funciones docentes en la educación media superior. Disponible en: [http://servicioprofesionaldocente.sep.gob.mx/portal-docente-2014-2018/content/ms/docs/2017/ingreso/PPI\\_INGRESO\\_EMS\\_16\\_01\\_2018.pdf](http://servicioprofesionaldocente.sep.gob.mx/portal-docente-2014-2018/content/ms/docs/2017/ingreso/PPI_INGRESO_EMS_16_01_2018.pdf)
- SEP (2008). Acuerdo 447 por el que se establecen las competencias docentes para quienes impartan educación media superior en modalidad escolarizada. Disponible en:

[http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10905/1/images/Acuerto\\_447\\_competencias\\_docentes\\_EMS.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/10905/1/images/Acuerto_447_competencias_docentes_EMS.pdf)

Sezen, N. & Çildir, S. (2015). The Impacts of Dynamic Geometry Software on Graphing Abilities of Prospective Physics Teachers: GeoGebra Sample. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*. Vol 7 No. 1 pp 46-61.

Talanquer, V. (2014). Razonamiento Pedagógico Específico sobre el Contenido (RPEC). *Educación Química*. Vol. 25, No.3, pp. 391-397.

Talanquer, V. (2004). Formación Docente: ¿Qué distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*. Vol. 15, No. 1 pp. 52-58.

Torres-Rodríguez, A. A., Morales-Maure, L. M., Cáceres-Mesa, M. L., y Campos-Nava, M. (2019). Validación de un instrumento para caracterizar el Conocimiento Didáctico del Contenido del profesor de matemáticas. *Revista Conrado*, 15(70), pp. 267-273.

Shulman, L. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Research*, No. 15 (2), pp. 4-14.

Walsh, T. (2017). Creating interactive physics simulations using the power of GeoGebra. *The physics Teacher*. Vol. 55. No. 5 pp. 316-317.

WEE, L., CHEW, C., GOH, G., TAN, S. & LEE, T. (2015). Using Tracker as a Pedagogical Tool for Understanding Projectile Motion. *Physics Education*. Vol 47.

## Anexos

**Cuadro 1**  
Estructura del curso de actualización

TÓPICO/UNIDAD	OBJETIVO PARTICULAR	DURACIÓN	COMPETENCIAS GENERÍCAS (SEP) <sup>3</sup>	COMPETENCIAS DISCIPLINARES (SEP) <sup>4</sup>
UNIDAD I: Sistemas de Geometría dinámica para modelar problemas de cinemática.	Que los profesores reflexionen sobre las ventajas de utilizar Tecnologías digitales en el aprendizaje de la cinemática y se familiaricen con ellas.	4 hrs (presencial)	Organiza su formación continua a lo largo de su trayectoria profesional. Domina y estructura los saberes para facilitar experiencias de aprendizaje significativo. Lleva a la práctica procesos de enseñanza y aprendizaje de manera efectiva, creativa e innovadora a su contexto institucional.	Resuelve de manera teórica y práctica diferentes casos de movimiento en una y dos dimensiones para su aplicación en situaciones de la vida cotidiana. Aplica las diferentes leyes, principios y modelos de la mecánica para explicar fenómenos que ocurren en su cotidianidad.

<sup>3</sup> Acuerdo 447 SEP (2008). Competencias Docentes Educación media superior escolarizada.

<sup>4</sup> SEP (2017). Perfil Parámetros e indicadores para el ingreso a las funciones docentes en la educación media superior.



UNIDAD II: Sistemas de video-análisis para analizar problemas de cinemática.	Que los profesores reflexionen sobre las ventajas de utilizar Tecnologías digitales en el aprendizaje de la cinemática y se familiaricen con ellas.	4 hrs (presencial)	Organiza su formación continua a lo largo de su trayectoria profesional. Domina y estructura los saberes para facilitar experiencias de aprendizaje significativo. Lleva a la práctica procesos de enseñanza y aprendizaje de manera efectiva, creativa e innovadora a su contexto institucional.	Resuelve de manera teórica y práctica diferentes casos de movimiento en una y dos dimensiones para su aplicación en situaciones de la vida cotidiana. Aplica las diferentes leyes, principios y modelos de la mecánica para explicar fenómenos que ocurren en su cotidianeidad.
UNIDAD III: Cinemática de la partícula en una y dos dimensiones con Geogebra.	Que los profesores utilicen el software de geometría dinámica Geogebra para modelar problemas que involucren gráficas de variables cinemáticas.	4 hrs (presencial)	Organiza su formación continua a lo largo de su trayectoria profesional. Domina y estructura los saberes para facilitar experiencias de aprendizaje significativo. Lleva a la práctica procesos de enseñanza y aprendizaje de manera efectiva, creativa e innovadora a su contexto institucional. Construye ambientes para el aprendizaje autónomo y colaborativo.	Resuelve de manera teórica y práctica diferentes casos de movimiento en una y dos dimensiones para su aplicación en situaciones de la vida cotidiana. Aplica las diferentes leyes, principios y modelos de la mecánica para explicar fenómenos que ocurren en su cotidianeidad.
UNIDAD IV: Cinemática de la partícula en una y dos dimensiones con Tracker.	Que los profesores utilicen el software de video-análisis Tracker para analizar problemas que involucren gráficas de variables cinemáticas.	4 hrs (presencial)	Organiza su formación continua a lo largo de su trayectoria profesional. Domina y estructura los saberes para facilitar experiencias de aprendizaje significativo. Lleva a la práctica procesos de enseñanza y aprendizaje de manera efectiva, creativa e innovadora a su contexto institucional. Construye ambientes para el aprendizaje autónomo y colaborativo.	Resuelve de manera teórica y práctica diferentes casos de movimiento en una y dos dimensiones para su aplicación en situaciones de la vida cotidiana. Aplica las diferentes leyes, principios y modelos de la mecánica para explicar fenómenos que ocurren en su cotidianeidad.
UNIDAD V: Diseño de actividades con tecnologías digitales	Que los profesores reflexionen sobre las características de las actividades de aprendizaje en el tópico de interpretación de gráficas cinemáticas y diseñen tareas adecuadas.	4 hrs (presencial)	Organiza su formación continua a lo largo de su trayectoria profesional. Domina y estructura los saberes para facilitar experiencias de aprendizaje significativo. Lleva a la práctica procesos de enseñanza y aprendizaje de manera efectiva, creativa e innovadora a su contexto institucional. Construye ambientes para el aprendizaje autónomo y colaborativo.	Resuelve de manera teórica y práctica diferentes casos de movimiento en una y dos dimensiones para su aplicación en situaciones de la vida cotidiana. Aplica las diferentes leyes, principios y modelos de la mecánica para explicar fenómenos que ocurren en su cotidianeidad.

**Cuadro 2**  
Correspondencia entre las dimensiones  
del CDC y el diseño de las actividades

Actividad	Título	Objetivo	Dimensiones del CDC	¿Incide?	Razón
1/ Sesión 1	<b>Modelar en Geogebra la colisión de dos partículas con movimiento rectilíneo uniforme.</b>	<b>Introducir a los profesores al uso del software de geometría dinámica Geogebra por medio de la creación de modelos dinámicos de MRU, en particular para simular las condiciones que se deben cumplir para que dos partículas colisionen.</b>	i) Conocimientos y creencias sobre el currículum de física.	Sí	Aunque el profesor puede suponer que la interpretación de gráficas no tiene que ver con el tema de colisiones, puede reflexionar que por medio del análisis de gráficas se puede estudiar el tópico de colisiones.
			ii) Conocimientos y creencias sobre las dificultades de enseñar un tópico en específico de física.	Sí	Los profesores suelen considerar que el tópico de MRU es “muy sencillo” qué sólo hay que dar la expresión de la posición respecto del tiempo y resolver problemas de simple despeje.
			iii) Conocimientos y creencias sobre las preconcepciones e ideas previas que tienen los estudiantes en un tópico específico de física.	Sí	Los mismos profesores son expuestos a sus preconcepciones sobre ¿qué debe pasar para que las dos partículas colisionen?
			iv) Conocimientos y creencias sobre el uso de recursos didácticos y estrategias para enseñar un tópico en particular de física.	Sí	Los profesores utilizan un recurso que probablemente no había considerado antes para estudiar este tópico.
			v) Conocimientos y creencias sobre las formas más efectivas de evaluar un tópico en específico de física.	Sí	Los profesores pueden considerar que una forma de evaluación es que los estudiantes sean capaces de construir modelos dinámicos en Geogebra.
9/ Sesión 5	<b>Movimiento circular modelado con Geogebra y analizado con Tracker</b>	<b>Los profesores construirán un modelo de movimiento circular en Geogebra y analizarán un video de movimiento circular con Tracker para comparar las gráficas cinemáticas de algunas variables.</b>	i) Conocimientos y creencias sobre el currículum de física.	Sí	El profesor identifica que para construir un modelo dinámico en Geogebra del MCU, requiere de tópicos de geometría y trigonometría.
			ii) Conocimientos y creencias sobre las dificultades de enseñar un tópico en específico de física.	Sí	Sí, el profesor puede notar que con un modelo dinámico se puede dar sentido al signo de la velocidad angular, y eso lo corrobora gráficamente en el análisis con Tracker.

			iii) Conocimientos y creencias sobre las preconcepciones e ideas previas que tienen los estudiantes en un tópico específico de física.	Sí	Sí, por lo regular se consideran a las velocidades constantes en los movimientos uniformes como escalares, con el análisis en Tracker y el modelo en Geogebra, el signo de la velocidad angular le da una connotación vectorial.  Además, se pueden inspeccionar casos en los que se tengan diferentes radios, pero las mismas velocidades angulares para confrontar ideas erróneas.
			iv) Conocimientos y creencias sobre el uso de recursos didácticos y estrategias para enseñar un tópico en particular de física.	Sí	Es común que en clase no se haga énfasis en la relación de la periodicidad del MCU, con el uso de Geogebra y Tracker se puede fomentar esa relación en forma gráfica.
			v) Conocimientos y creencias sobre las formas más efectivas de evaluar un tópico en específico de física.	Sí	El estudiante puede proponer previo al análisis de Tracker cómo es la gráfica velocidad angular versus tiempo, y confrontar sus ideas con el análisis, esto es un rasgo de la evaluación.

### Apartado 3

#### Extracto de las actividades para un curso didáctico-disciplinar con profesores de física en el tópico de gráficas cinemáticas.

Para acceder al diseño de las 10 actividades, utilice el siguiente enlace para descargarlas:

<https://bit.ly/33MGSeh>

**Actividad 1:** Modelar en Geogebra la colisión de dos partículas con movimiento rectilíneo uniforme.

**Objetivo:** Introducir a los profesores al uso del software de geometría dinámica Geogebra por medio de la creación de modelos dinámicos de MRU, en particular para simular las condiciones que se deben cumplir para que dos partículas colisionen.

Es común ver que los niños juegan con autos de juguete y ocasionalmente intentan hacer que éstos colisionen, empujándolos al mismo tiempo desde dos lugares diferentes, en este caso que surge la pregunta ¿es posible hacer que los autos colisionen sin importar las velocidades iniciales que cada niño le imprima? ¿Qué ángulo debe existir entre las trayectorias de ambos carros? ¿Cómo influye la distancia que los separa?

**Figura 1**  
Niño jugando con autos de juguete tratando que colisionen

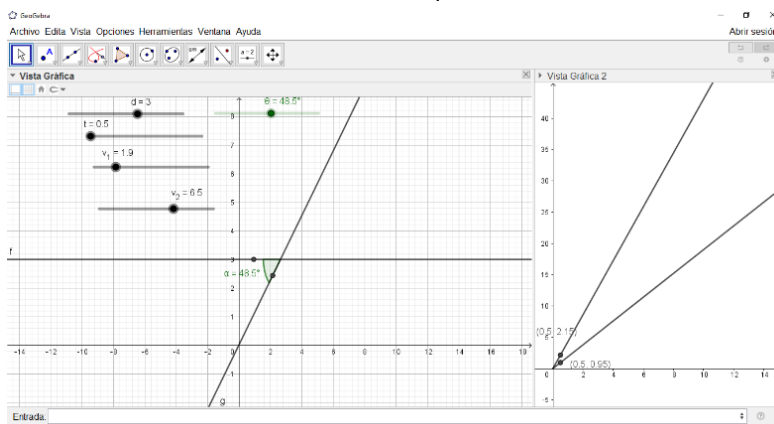


Fuente internet

El enunciado de la actividad es:

Dos partículas separadas una distancia “d” viajan a velocidades constantes y en línea recta en diferente dirección ¿qué ángulo  $\theta$  medido entre ambas trayectorias permitirá que las partículas choquen? (Campos y Torres, 2016).

**Figura 2**  
Posible modelo en Geogebra de la situación planteada



Fuente propia

Se guiará a los profesores en la construcción de un modelo dinámico que permita simular la posible colisión dependiendo de los parámetros involucrados, así se espera que los profesores se familiaricen con el uso del software y con las principales herramientas que permiten crear modelos dinámicos de problemas de cinemática, como el comando deslizador.

**Actividad 9: Movimiento circular modelado con Geogebra y analizado con Tracker.**

**Objetivo:** Los profesores construirán un modelo de movimiento circular en Geogebra y analizarán un video de movimiento circular uniforme con Tracker para comparar las gráficas cinemáticas de algunas variables.

Existen diversas situaciones en contexto que permiten introducir elementos del movimiento circular, por ejemplo el movimiento de las manecillas de un reloj, el movimiento de una noria o rueda de la fortuna en una feria o el movimiento de las aspas de un ventilador.

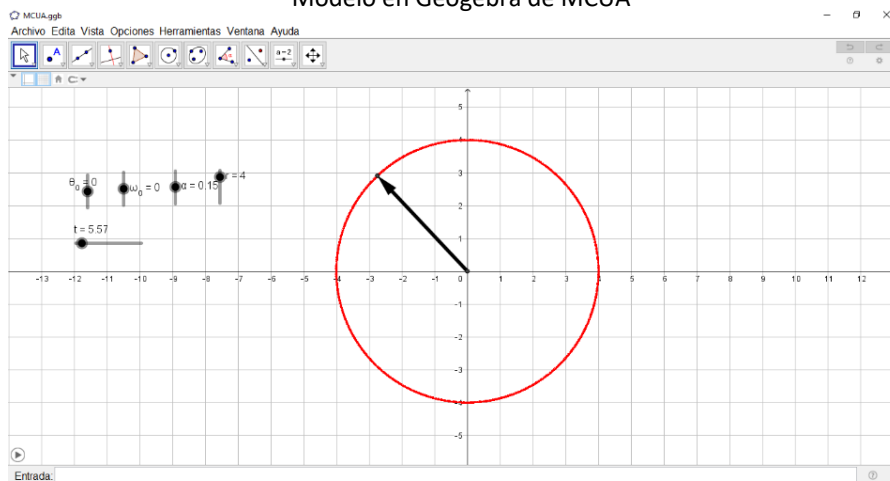
**Figura 17**  
Situación cotidiana de movimiento circular



Fuente internet

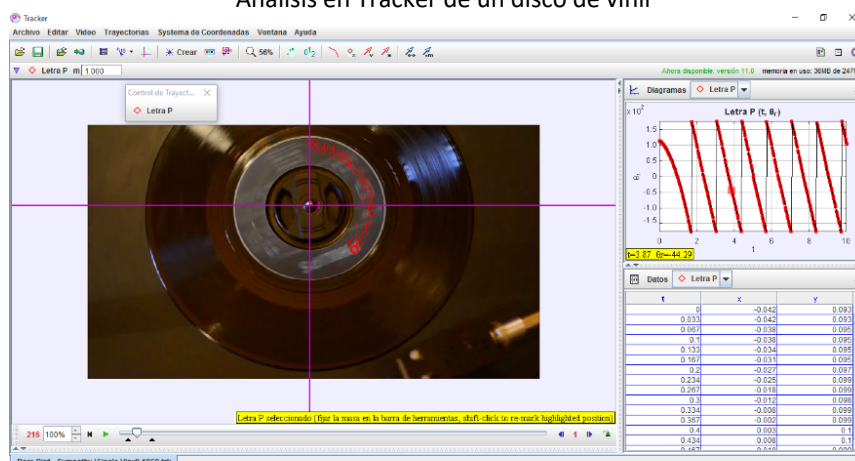
El modelo en Geogebra de movimiento circular se puede construir relativamente fácil a partir de los parámetros del mismo, como el radio, la velocidad angular y el tiempo; se puede incluir la aceleración angular si se desea hacer un modelo de movimiento circular con aceleración constante.

**Figura 18**  
Modelo en Geogebra de MCUA



Fuente propia

**Figura 19**  
Análisis en Tracker de un disco de vinil



Fuente propia

Si se cuenta con un video de un objeto con movimiento circular, por ejemplo de un disco de vinil, se puede analizar el mismo en Tracker, para corroborar por ejemplo, cómo es la gráfica del desplazamiento angular contra el tiempo y determinar de esta forma la velocidad angular.