



Revista Electrónica Educare

E-ISSN: 1409-4258

educare@una.ac.cr

Universidad Nacional

Costa Rica

Morales-García, Federico Alonso; Ramírez-Díaz, Mario Humberto  
Impacto educativo de un instrumento didáctico que complementa al TADIR para  
conceptos de la estática en estudiantes de ingeniería de México  
Revista Electrónica Educare, vol. 20, núm. 3, septiembre-diciembre, 2016, pp. 1-13  
Universidad Nacional  
Heredia, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194146862020>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

[Número publicado el 01 de setiembre del 2016]

doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

URL: <http://www.una.ac.cr/educare>

CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

## Impacto educativo de un instrumento didáctico que complementa al TADIR para conceptos de la estática en estudiantes de ingeniería de México

### Educational Impact of a Didactic Instrument That Complements the TADIR for Concepts of Statics in Engineering Students in Mexico



*Federico Alonso Morales-García<sup>1</sup>*

Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura  
México D. F., México  
[fmoralesg@ipn.mx](mailto:fmoralesg@ipn.mx)  
orcid: <http://orcid.org/0000-0001-6011-7882>

*Mario Humberto Ramírez-Díaz<sup>2</sup>*

Instituto Politécnico Nacional  
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada  
México D. F., México  
[mramirezd@ipn.mx](mailto:mramirezd@ipn.mx)  
orcid: <http://orcid.org/0000-0002-3459-2927>

Recibido 17 de junio de 2015 • Corregido 15 de julio de 2016 • Aceptado 16 de agosto de 2016

<sup>1</sup> Maestro en Ciencias Federico Alonso Morales García. Ingeniero Arquitecto y Maestro en Ciencias en la Especialidad de Arquitectura; Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional, México. Candidato a Doctor en Ciencias en Física Educativa; Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada; Instituto Politécnico Nacional; México. Actualmente profesor-investigador nivel profesional y posgrado en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Instituto Politécnico Nacional, México.

<sup>2</sup> Licenciado en Física y Matemáticas y Maestro en Ciencias con especialidad en Física, Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional, México. Doctor en Ciencias en Física Educativa; Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada; Instituto Politécnico Nacional; México. Actualmente; Departamento de Posgrado en Física Educativa, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada; Instituto Politécnico Nacional; México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I. Publicaciones recientes: Vinculo de la teoría con la práctica para la comprensión de la óptica geométrica en el nivel superior en las escuelas de ingeniería de la UANL a partir del modelo por competencias, en Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 32(2), 2015). Chespirito's characters helping to physics learning, en Journal of Modern Education Review, 5(6), 2015. El aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje de conceptos de calor y temperatura mediante aplicaciones en cerámica, en Innovación Educativa, 14(66), 2014. Diferencias en las creencias de profesores de ciencias sociales y física acerca del modelo por competencias en México, en Tlatemoani, 17, 2014. Ideas previas de estudiantes mexicanos de preescolar acerca de la electricidad en Latin American Journal Science Education, 1(2), 2014. Análisis del razonamiento conceptual en movimiento acelerado de estudiantes universitarios utilizando tutoriales de física introductoria. Latin American Journal Science Education, 8(3), 2014. Resultados cuantitativos de la aplicación del sistema 4MAT en mecánica en la Universidad del Quindío, en Latin American Journal Science Education, 8(4), 2014.

doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

URL: <http://www.una.ac.cr/educare>

CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

*Resumen.* A partir de observar en revisiones escolares de diseños estructurales, que el alumnado tenía un escaso dominio conceptual sobre la estática, y considerando que eso se debía a la aplicación de soluciones lineales de tipo memorístico, se buscó establecer una propuesta didáctica que elevara el nivel de dichos conocimientos entre estudiantes. Por lo anterior, el objetivo del estudio aquí presentado fue evaluar el impacto educativo que se logró con la aplicación de un instrumento didáctico diseñado tomando como base la secuencia establecida en el protocolo TADIR, complementado con actividades reflexivas que permitan organizar los conocimientos para preparar una presentación ante grupos. Se consideró que la implementación fuera en tres etapas: la primera corresponde con la evaluación del nivel de conocimientos conceptuales en la estática; en la segunda, se practicaba la resolución de problemas mediante el instrumento propuesto, y la tercera se enfoca en la preparación de la presentación ante grupos y cierra con una segunda evaluación conceptual. La aplicación del instrumento didáctico se hizo en un grupo de 23 estudiantes de un semestre intermedio de la carrera de Ingeniería Arquitectónica que se imparte en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura (ESIAT), del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en México. Para medir el impacto educativo se compararon los resultados de las dos evaluaciones conceptuales, que se realizaron mediante el uso de cuestionarios que permiten respuestas redactadas dentro de un formato establecido, para facilitar la codificación y el análisis correspondiente. Para mejor referencia se contrastó con las calificaciones del curso. El principal hallazgo que se encontró fue que, aunque el incremento en el dominio conceptual es mayor al de la calificación escolar, dicho incremento puede ser muy importante para mejorar los índices de aprobación escolar.

*Palabras claves.* Educación superior, enseñanza de la física, investigación educativa, métodos de enseñanza, arquitectura.

*Abstract.* Observing in school structural designs reviews that students had little conceptual command of Statics, and considering that this was due to the implementation of linear solutions of rote-learning type, there was an effort to establish an educational proposal to raise the level of such knowledge among students. Therefore, the present study aimed to evaluate the educational impact achieved with the implementation of an educational instrument designed according to the sequence established in the TADIR protocol, and complemented with thoughtful activities to organize knowledge to prepare a presentation to the group. Three stages were considered for the implementation: the first one corresponds to the assessment of the level of conceptual knowledge in statics; the second one, a problem solving carried out with the proposed instrument; and the third stage focuses on the preparation of the presentation to the group, and closes with a second conceptual evaluation. The didactic instrument was applied in a group of 23 students from an intermediate level of Architect Engineer studies at the Superior School of Engineering and Architecture (ESIAT) of the National Polytechnic Institute (IPN) in Mexico. To measure the educational impact, the results were compared with the two conceptual evaluations conducted by using questionnaires that allow answers written within an established format to facilitate the codification and the corresponding analysis, and it was contrasted with school grades for better reference. The main finding was that although the increase in the conceptual command is greater than the school grading, this increase can be very important to improve the school approval rates.

*Keywords.* Higher education, teaching Physics, educational research, teaching methods, architecture.

doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>URL: <http://www.una.ac.cr/educare>CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

Consultando en la bibliografía relacionada con los procesos educativos, se puede encontrar una gran variedad de definiciones sobre los elementos que constituyen las labores educativas, puede mencionarse que los procesos educativos se integran por dos etapas o fases principales que se interrelacionan fuertemente: la enseñanza y el aprendizaje; para ambas actividades se puede identificar una estructuración similar, toda vez que aunque existen métodos o técnicas que son de aplicación específica para cada una de las fases mencionadas, prácticamente en ambas los principales actores son los mismos, docentes y estudiantes y, además, se puede considerar que también son guiados por los mismos intereses.

Se ha señalado que para lograr llevar a la práctica, de manera efectiva, los diferentes elementos teóricos que han sido planteados como sustento a los procesos educativos, deben considerarse las condiciones en las cuales se desarrollarían esas actividades, entre otras, se puede iniciar mencionando el ambiente de convivencia social que se presenta en un medio escolar, dicho entorno juega un papel muy importante en el desempeño del alumnado, ya que cuando la comunidad escolar, pero especialmente las autoridades encargadas, se enfocan en aplicar cotidianamente las condiciones cívicas y éticas para una convivencia comunitaria armónica y productiva, se fomenta la constitución de una cultura escolar que promoverá entre los individuos la práctica de actividades sanas y positivas hacia la sociedad (Tirado et. al., 2010).

También debe considerarse otra condición, cuya importancia ya ha sido señalada por varias investigaciones, en ellas se considera que los procesos de educación deben tener una base primordial para su realización, una adecuada estrategia de manejo para los conocimientos que previamente tenga el alumnado al iniciar un curso (Ausubel, Novak y Hanesian, 2009; Díaz y Hernández 2002; Mora y Herrera 2009). En el caso de que dichas ideas no sean correctas, debe procurarse que en los cursos el alumnado desarrolle un proceso de contraste, entre lo que se sabe y lo que se les presenta en la actualidad, para que se corrija la situación errónea o, de ser el caso, se consolide y enriquezca su información (Vadillo 2007); si no se toma en cuenta lo anterior, se ha señalado que puede resultar más difícil lograr, con un nuevo proceso de aprendizaje, la corrección de los errores que se producen por el uso de las ideas equivocadas que se adquirieron en etapas educativas anteriores, pues se considera que el proceso de sustitución que debe llevarse a cabo para corregir los conocimientos erróneos puede complicarse cuando existe información memorizada que es fuertemente aceptada por la persona, ya que le brinda cierta comodidad en la comprensión de su realidad (Amigues y Zerbato-Poudou 1999); una buena capacitación escolar hace necesario corregir esas ideas equivocadas, para que puedan ser reemplazadas por conocimientos correctos.

La ingeniería ha sido considerada como una actividad fundamental para cualquier sociedad, toda vez que, en forma permanente, se constituye como uno de los principales instrumentos con los que se puede impulsar el desarrollo económico y tecnológico (Barrera 2003). Para que su práctica sea correcta, se requiere la aplicación eficiente de un conjunto de

doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

URL: <http://www.una.ac.cr/educare>

CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

conocimientos y técnicas, con los que se busca la atención y solución de una gran diversidad de problemas, pues estos pueden obstaculizar e, incluso, detener el progreso social y, en ese caso, se dificultaría que la población pueda alcanzar mejores niveles de vida.

Por lo anterior, la adecuada formación de profesionales capacitados y capacitadas para la práctica de alguna de las especialidades en las que se divide la ingeniería se ha establecido como un proceso indispensable para buscar que el bienestar social se logre, especialmente en aquellos países que aún no han consolidado su progreso. Ello implica que el manejo de la base conceptual de las diferentes ciencias básicas que sirven de sustento a las actividades de diseño deba ser conocido y aplicado correctamente, para que lo proyectado y realizado por los ingenieros y las ingenieras tenga un uso adecuado y seguro.

Para que una capacitación escolar posea posibilidades de alcanzar niveles de gran calidad, debe planearse y realizarse considerando la utilización de todos los recursos disponibles para atender la problemática que puede acontecer en los procesos formativos dentro del ámbito de las instituciones educativas; dos ejemplos de esta problemática son:

- Conocimiento equivocado y uso erróneo de los conceptos que dan soporte a las aplicaciones técnicas que se enseñan, deficiencias que normalmente son mal atendidas desde los primeros niveles de aprendizaje, consecuentemente, no se van corrigiendo las ideas equivocadas, conforme el estudiantado avanza de nivel (Mora y Herrera, 2009).
- Otra deficiencia en el aprendizaje se presenta con la práctica estudiantil extendida, de resolver los problemas siguiendo, indiferentemente, la secuencia de solución que se les haya presentado en clase (Gil y de Guzmán, 1993), sin complementar el trabajo escolar realizando procesos de revisión o reflexión que ayuden a fortalecer su aprendizaje.

Siguiendo este lineamiento, también puede considerarse dentro de la planeación educativa la aplicación de algunas técnicas y estrategias didácticas, que se enfocan en la búsqueda de mejores resultados en el aprovechamiento escolar, y que han sido desarrolladas por diversos estudios. Como ejemplos se pueden mencionar los siguientes planteamientos:

- Las prácticas docentes se deben realizar de acuerdo con el resultado de investigar cuáles son las formas de aprendizaje que más agradan a estudiantes en los procesos escolares.
- Buscar que se incremente la eficiencia educativa aplicando el método de aprendizaje basado en la solución de problemas. Cabría mencionar que este planteamiento básico ha sido trabajado con algunas variaciones que buscan consolidar los resultados del aprendizaje entre el alumnado, ejemplo de ello es el denominado protocolo TADIR, técnica que ha sido presentada por el Dr. Jorge Barojas de la UNAM-México (Barojas, 2007).



doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

URL: <http://www.una.ac.cr/educare>

CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

- Se ha reportado que las denominadas prácticas metacognitivas han mostrado resultados favorables para elevar los niveles del aprendizaje escolar, en dichas actividades metacognitivas se considera que el individuo es capaz de planificar, valorar y manejar su capacidad de aprendizaje (Soto, 2002).
- Con la enseñanza mediante proyectos, se conduce al alumnado para que realice una propuesta de trabajo sobre el tema en estudio, ya que se considera que el aprendizaje puede lograrse, si mediante un trabajo teórico detallado sobre el objeto de estudio, alcanza un nivel de entendimiento tal, que le permita materializar dicha propuesta de proyecto (Badia, 2005).

Es posible reconocer, entonces, que una de las principales capacidades que debe adquirir el alumnado de la carrera profesional ya referida, consistirá en que pueda desarrollar una aplicación correcta de los diversos conocimientos técnicos necesarios para la realización de diferentes tipos de diseños estructurales, por lo que es fundamental lograr que alcance un dominio suficiente de algunos conceptos básicos de la física, en este caso primordialmente de la estática, que deben emplear en forma apropiada dentro de sus diseños, a fin de que su preparación para la práctica profesional sea de calidad; por ello, la comprensión y el adecuado manejo de conceptos fundamentales como son: el de la fuerza, el esfuerzo en sus diferentes tipos, y el momento de una fuerza, son de gran importancia para esos futuros ingenieros.

Si en la práctica docente del diseño estructural en ESIAT, se estableciera como un objetivo el conseguir mejorar o incluso eliminar esa deficiencia de dominio conceptual entre estudiantes, sería necesario tomar en cuenta algunos planteamientos importantes que ya han sido desarrollados en diversas investigaciones de tipo educativo. Una primera línea de posible solución puede surgir si se trabaja con la preparación alcanzada en niveles previos por el alumnado, ya que con ella abordará el aprendizaje de las materias de diseño estructural; esto es, identificar cuál es el nivel de manejo conceptual básico que tiene al respecto, lo cual se puede considerar necesario toda vez que algunos estudios han señalado que para mejorar en general los procesos de enseñanza de las ciencias, se debe partir averiguando cuáles son las ideas previas del alumnado cuando inicia un curso (Mora y Herrera, 2009).

Otra posibilidad para mejorar el aprendizaje conceptual puede basarse en la aplicación de una técnica que busca aprovechar los procesos de racionalización, que normalmente se deben emplear, durante la aplicación del proceso ideal para la solución general de problemas, y que ha sido denominada como aprendizaje basado en problemas (ABP) (Badia, 2005). En ella, el estudiantado debe seguir, de una manera analítica y crítica, la secuencia de solución presentada por su docente, para ello es recomendable que se organice en equipos pequeños, en los que, conforme se avance hacia la respuesta, se puedan desarrollar diferentes dinámicas, como la de una investigación documental, la del planteamiento de hipótesis, rondas de discusión y razonamiento en común; esto debe permitir que el avance logrado en su aprendizaje se vaya contrastando con sus pares, motivándole para lograr un avance semejante.



doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

URL: <http://www.una.ac.cr/educare>

CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

De forma similar al planteamiento anterior, se han desarrollado otras propuestas que buscan lograr un mejor proceso de aprendizaje, mediante la implementación de pasos o actividades que al irse desarrollando fomenten la consolidación del conocimiento que se está trabajando; por ejemplo, en el caso del aprendizaje de las ciencias, mediante la solución de problemas, este puede abordarse utilizando esquemas como el desarrollado por Barojas, quien ha presentado un protocolo denominado TADIR (Barojas, 2007). En esta metodología se identifican los pasos a seguir para alcanzar la solución buscada, y cada uno de los procesos que se proponen le dan nombre al protocolo, utilizando para ello la inicial correspondiente (traducción, análisis, diseño de la solución, implementación de los cálculos y revisión).

Este planteamiento didáctico busca aprovechar los procesos mentales que están implícitos en las fases de: traducción e interpretación del planteamiento, análisis de los fundamentos, diseño e implementación de la solución del problema, ya que, en el desarrollo de estas, generalmente se da en el alumnado una construcción de representaciones semióticas que les pueden permitir entender la naturaleza de los objetos involucrados, así como el tipo de relaciones que se establecen entre ellos. En la parte final de este método, la revisión, se retoman los pasos ya desarrollados, pero esta actividad se debe realizar con un sentido de práctica metacognitiva: para detectar, en lo trabajado, las posibles omisiones o fallas en que se pudo incurrir, buscando con esto que el individuo se haga más consciente del nivel de aprendizaje que ha alcanzado.

De manera similar a lo anterior, pero proponiendo abarcar más allá de la solución a un solo problema, existe la propuesta de una técnica didáctica que busca consolidar el aprendizaje entre estudiantes con la realización de un proyecto (ARP). Se considera que para alcanzar dicha meta se debe fomentar un gran acercamiento teórico entre estudiantes y el tema en estudio, para que puedan proponer la realización de un trabajo, que al ser concretado permita mostrar el dominio adquirido sobre el tema.

El diseño de un método didáctico que se apoye en los fundamentos teóricos de las técnicas del ABP, del protocolo TADIR y del ARP puede innovar para buscar mejores resultados, si se considera adicionar esas secuencias de actividades básicas, con la aplicación de un ejercicio de características metacognitivas, para que el alumnado realice procesos reflexivos que lo lleven a organizar sus conocimientos adquiridos, a fin de estar en capacidad de realizar una explicación ante otros compañeros y compañeras sobre los conceptos trabajados en el curso, para que con la meta de la preparación de dicha práctica puedan mejorar su comprensión y dominio del tema (Badia, 2005). Una adecuada exposición ante el grupo podría constituir una evidencia de que se está logrando una consolidación del aprendizaje adquirido, además de que puede considerarse, en este punto, que es deseable un reconocimiento, grupal o personal, por los avances logrados, y con ello se pueda adquirir la convicción de que sus esfuerzos se han concretado en un mejor dominio de la materia en estudio (Vadillo, 2007).



doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>URL: <http://www.una.ac.cr/educare>CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

Concretando las anteriores consideraciones sobre la factibilidad de realizar una investigación de tipo educativo, dada la conveniencia de corregir las deficiencias del aprendizaje conceptual mencionado en la ESIAT, se puede establecer el siguiente planteamiento: Para mejorar el nivel de aprendizaje conceptual sobre la estática, entre estudiantes de la ESIAT que cursan materias de diseño estructural en niveles intermedios, es posible la aplicación de una técnica didáctica que desarrolle los siguientes pasos: primero, determinar la calidad de sus ideas previas, esto es el nivel de manejo conceptual con el que se abordará el trabajo escolar; segundo, desarrollar las secuencias de solución de los problemas parciales que integran al proyecto escolar, promoviendo que desarrollen procesos de reflexión sobre los pasos realizados y manteniendo presente cuál es la relación que existe con los conceptos físicos involucrados, para que puedan, posteriormente, organizar los conocimientos adquiridos; y tercero, deben preparar la presentación de una explicación ante su grupo, para que al realizarla de manera correcta demuestren que han consolidado su aprendizaje y, también, han logrado un adecuado dominio conceptual sobre la rama de la física relacionada con este tema.

La búsqueda de condiciones para que asuman un papel más activo en su formación, puede ser un eje fundamental para algunas investigaciones de tipo educativo, ya que al respecto, se puede considerar lo manifestado en algunos reportes sobre la implementación de actividades metacognitivas, en donde se señala que los procesos de aprendizaje dependen en gran medida de:

- La voluntad del alumnado.
- De su formación previa, que necesariamente es resultado del entorno en el cual se ha desenvuelto la persona.
- De la toma de conciencia del individuo, quien debe realizar un esfuerzo para aprender.

Se considera que especialmente este último factor puede implicar un cambio entre el alumnado, motivándolo para adopte una actitud positiva sobre los procesos escolares (Soto 2002).

El fin principal de la propuesta de investigación fue la aplicación de una técnica didáctica para mejorar el aprendizaje y manejo conceptual de la estática entre estudiantes del caso de estudio; de manera particular, los objetivos serían: primero, determinar la calidad de los conocimientos previos que poseen el alumnado que participará en la investigación; segundo, promover entre este alumnado, que el desarrollo de las soluciones a los problemas correspondientes al curso se complementen con actividades de reflexión respecto al uso dado a la base conceptual empleada; y tercero, promover la demostración del dominio conceptual adquirido, mediante la organización y presentación de una explicación de la base conceptual utilizada y la correspondiente relación con el trabajo desarrollado.





doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

URL: <http://www.una.ac.cr/educare>

CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

En el presente artículo se mostrarán los detalles de la aplicación de un instrumento didáctico que, apoyándose en las anteriores consideraciones, se construyó, aplicó y evaluó para buscar una mejoría en el manejo conceptual de la estática entre estudiantes de la ingeniería en arquitectura que se imparte en la ESIAT.

## Metodología

Retomando la hipótesis planteada para el desarrollo del presente trabajo, y de acuerdo con lo mencionado en los puntos anteriores sobre la metodología de investigación, se puede explicar con qué características se diseñó el trabajo de indagación que se aplicó para alcanzar los objetivos considerados en la referida conjetura inicial.

En primer término, se puede establecer que para la investigación se procuró presentar, en forma clara, la definición del planteamiento, así como estructurar el trabajo según el marco teórico, el cual también se elaboró para que se pudieran contrastar los resultados y se tendiera a lograr una interpretación adecuada y, con todo ello, se buscó desarrollar una prueba objetiva de la referida hipótesis de trabajo.

Adicionalmente, y con la intención de evaluar la posible relación entre una mejoría en el conocimiento conceptual de la estática con la aplicación de la técnica didáctica propuesta en este trabajo, se realizó la comparación entre los resultados obtenidos en las dos evaluaciones que se aplicaron, una al inicio y otra al término del trabajo, para medir el nivel de conocimiento que tenían en esos momentos el alumnado participante en este estudio.

El diseño del instrumento de investigación se basó en la técnica anteriormente mencionada del TADIR, ya que se le da seguimiento a una serie de pasos definidos para el desarrollo de un proyecto o la resolución de un problema, buscando que el alumnado no realice un aprendizaje basado exclusivamente en la memorización de soluciones, ya que debe ejecutar procesos reflexivos para entender la relación entre los conceptos teóricos y el desarrollo de las soluciones practicadas.

En el caso de estudio aquí presentado, se complementa la aplicación de los pasos básicos para la elaboración de un trabajo escolar, solicitando al estudiantado que, al finalizar su proyecto, presenten una explicación ante otros compañeros y compañeras, de los conceptos de la estática involucrados en su trabajo, para demostrar el nivel de conocimiento conceptual alcanzado; por ello, se le incentiva para la realización de los procesos reflexivos, con la finalidad de que se consolide el aprendizaje conceptual, ya que se considera que solo cuando se logra un entendimiento completo puede presentarse la mencionada explicación de una forma adecuada.

La secuencia de evaluación-método de aprendizaje-evaluación implicó establecer un control sobre las variables que se estudiaban y, finalmente, el trabajo se realizó a lo largo de un periodo que abarcó desde el planteamiento, al inicio del curso, de la temática del proyecto estructural a desarrollar, hasta la conclusión y, adicionalmente, se realizaron dos evaluaciones para contraste.

doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>URL: <http://www.una.ac.cr/educare>CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

## Implementación, análisis y resultados

Como ya se ha mencionado, el método propuesto retoma los principios básicos del protocolo TADIR, complementandolos con un ejercicio de características metacognitivas, que se enfocó en la realización de una presentación multimedia ante el grupo, lo que debe mejorar el manejo conceptual del estudiantado.

Especificando la programación del trabajo, esta se conforma por tres etapas de diferente duración. El primer paso consistió en la aplicación de una evaluación del dominio conceptual, para determinar con qué nivel de conocimientos previos iniciarían su trabajo semestral. Para la segunda parte, se desarrolla la actividad escolar de la temática correspondiente al programa de la materia que se cursa, en este caso, se condujo al grupo para que resolvieran problemas de diseño estructural de mampostería, realizando los ejercicios con una secuencia que implicara entender el planteamiento, desglosar los componentes, diseñar y aplicar la solución requerida, revisando la solución para corregir si fuera necesario; en esta fase debe mantenerse un constante proceso reflexivo sobre la relación de los conceptos básicos de la física que ocupan en el diseño que están aprendiendo. Para la tercera parte, se realiza la presentación conceptual ante el grupo y se aplica una segunda evaluación conceptual.

La aplicación de esta técnica se realizó en un grupo de tercer semestre de la carrera profesional para Ingeniero Arquitecto, en la ESIAT. La lista de estudiantes del grupo base contaba con 28 sujetos, de ellos solo se consideraron a 23 que presentaron las dos evaluaciones, y de estos solo 15 optaron por realizar la exposición. La diferencia entre los números anteriores se presenta por motivos de asistencia o incluso deserción.

De la selección de 23 estudiantes, se pueden señalar los siguientes elementos descriptivos: Las edades van desde un mínimo de 18 años hasta un máximo de 24, estableciéndose un rango de 6 años, la edad que más se presenta es de 19 años, con 16 casos, que representan un 69.6% del grupo, teniendo un promedio de 19.26 años. Cabe señalar que estos datos pueden considerarse como típicos para el semestre que estaban estudiando. En cuanto al sexo, el grupo se constituyó por 16 hombres que representan el 69.6% y 7 mujeres que fueron el 30.4% restante.

El análisis de los productos obtenidos se desarrolla en dos bloques para ubicar adecuadamente dichos resultados. En el primero se comparan los datos de las dos evaluaciones conceptuales que se aplicaron. Para acotar debidamente los indicios que surgieron, en el segundo bloque se comparan las calificaciones que mantenían en materias previas, con la calificación que obtuvieron en el curso que se trabajó.

Comenzando con el primer bloque de análisis, se puede mencionar que, al inicio del esquema de trabajo, se aplicó una evaluación para determinar el nivel de conocimiento que mantenían sobre los conceptos de: fuerza, momento, esfuerzo y esfuerzo cortante. Al evaluarse los resultados de esta



doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

URL: <http://www.una.ac.cr/educare>

CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

prueba, en porcentaje de dominio conceptual, se encontró lo siguiente: un valor mínimo de 0% y un máximo de 45%, quedando el rango en 45%. El promedio se estableció en 22.61% y la mediana en 25%, la moda fue un 15% con 7 casos. Como se puede apreciar, el porcentaje de conocimiento conceptual fue muy bajo, prácticamente ninguno alcanzaría un dominio aprobatorio.

Para la parte final de la aplicación del método, se realizó una nueva evaluación del manejo conceptual que tenían en ese momento, se encontraron los siguientes datos: un porcentaje mínimo de 0% y un máximo de 85%, estableciéndose el rango en 85 puntos porcentuales, el promedio se dio en un 45.87%, la mediana quedó en 50%, la moda fue el 0% con 4 casos. A primera vista, si se compara con la primera evaluación, se aprecia un incremento significativo en casi todos los indicadores. En relación con los casos de 0%, se puede explicar porque la evaluación conceptual formó parte de un examen de conocimientos de la materia escolar, y pudo suceder que no tuvieron tiempo para contestar adecuadamente sobre los conceptos.

Los notables cambios pueden ser un primer indicio de que el método rinde buenos efectos, pero para sustentar esta apreciación se procede a revisar los resultados aplicando una herramienta estadística, con el uso de un demo del programa de cómputo SPSS, registrado comercialmente, tomando en cuenta las características de las mediciones efectuadas.

Primero se efectúan pruebas de normalidad para ambas mediciones, utilizando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, para la primera medición se obtienen valores de 0.148 y 0.175 respectivamente, lo que permite asumir la hipótesis de que la medición tiene un comportamiento tendiente a la normalidad; en el caso de la segunda medición se obtienen valores de 0.200 y 0.048 para cada prueba mencionada, en el caso del segundo valor que corresponde a la prueba de Shapiro-Wilk, se obtuvo menos de 0.05, por lo que se debe rechazar la hipótesis de que esta medición tiende a la normalidad.

Por lo anterior, se considera que se debe aplicar una prueba no paramétrica para dos muestras relacionadas, en este caso corresponderá a la prueba de Wilcoxon. Al aplicar esta prueba en ambas mediciones se obtiene un valor de .003 que es inferior a 0.05, y, por ello, se rechaza la hipótesis nula que se establece en esta prueba de que las medianas de las diferencias entre ambas mediciones son igual a cero, por esto se puede pensar que el cambio observado entre ambas mediciones no se debe al azar. Esto robustece la consideración de que el método propuesto sí da buenos resultados.

Como segundo bloque y para acotar debidamente el entorno de los resultados obtenidos, se procede a comparar los datos obtenidos entre el promedio de las calificaciones que el alumnado mantenía en relación con las materias previas, y la calificación que obtuvo en el curso que se estuvo trabajando.

doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>URL: <http://www.una.ac.cr/educare>CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

De sus antecedentes escolares, y de acuerdo con información dada por el estudiantado mismo, la calificación promediada que obtuvieron en los dos semestres anteriores en las materias relacionadas con el cálculo estructural mostraba que había un mínimo de 1 hasta un máximo de 8, por lo que el rango quedo en 7 unidades; la mayoría, un 39.1%, tenía una calificación de 5 puntos o menos, lo cual es insuficiente para aprobar; la calificación más frecuente fue de 6 puntos, con 9 casos. El promedio de las calificaciones fue de 5.5217; estos valores pueden considerarse también como típicos en estas materias.

En el caso del curso trabajado para esta indagación, el alumnado obtuvo la siguiente descripción de calificaciones: dentro de este grupo se presentó un mínimo de 4 y un máximo de 7, quedando el rango en 3 unidades, la mayoría obtuvo una calificación de 7, representando un 52.2%, y los que obtuvieron calificación menor a 6, fueron 7, que son un 30.4%; y el promedio se ubicó en 6.1304.

Para comparar el promedio con la calificación del curso, se someten ambas mediciones a pruebas de normalidad, una vez más, las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk, en el caso del promedio se obtuvo una significancia de 0.003 y 0.041, respectivamente; y en el caso del curso realizado, 0 en ambas, por lo anterior, se puede considerar que ambas tienen tendencia a la normalidad, por lo que puede aplicarse una prueba de tipo paramétrico, pero como en el primer bloque se utilizó una prueba no paramétrica, para efectos de mantener un mismo criterio, se vuelve a utilizar la prueba de Wilcoxon, y se obtuvo un valor de significancia de 0.047, por lo que se rechaza la hipótesis nula de que no existen diferencias entre las medianas, esto es: el cambio observado no se debe al azar.

## Conclusiones

Para determinar si se alcanzaron los objetivos establecidos para el presente estudio, en cuanto a mejorar el nivel de dominio conceptual, se puede apreciar en los resultados comentados que dicho nivel se elevó desde un 22.61% de dominio al inicio del curso, hasta el 45.87% encontrado al final del trabajo escolar, pero como ya se mencionó, para acotar debidamente este cambio, se pueden comparar los resultados entre los promedios de calificaciones previas y la del curso y, en ellas, se puede apreciar que se da un incremento, del 5.5217 a 6.1304, lo que representa un avance, ya que se alcanzan valores mínimos para aprobar, pero este incremento no es tan sustancial como el cambio encontrado en el aspecto de dominio conceptual.

Por esto, se concluye que el avance de conocimiento conceptual puede significar un apoyo para que el alumnado mejore también en su desempeño escolar; pero, a manera precautoria, también se puede indicar que aunque mejore en dicho dominio, una cantidad aún no logra relacionar debidamente este aspecto con su trabajo escolar, lo que indicaría que los avances logrados podrían ser resultado de una mecanización del trabajo escolar, ya que si se ligara conceptualmente su trabajo escolar, el nivel de calificación para sus conocimientos debería elevarse aún más. Este punto podría ser tema de subsecuentes exploraciones.

doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

URL: <http://www.una.ac.cr/educare>

CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)

## Referencias

- Amigues, R, y Zerbato-Poudou, M.-T. (1999). *Las prácticas escolares de aprendizaje y evaluación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (2009). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo* (2ª ed.). México: Trillas.
- Badia, A. (2005). *Aprender autónomamente. Estrategias didácticas*. Barcelona: Editorial Laboratorio Educativo.
- Barojas, J. (Septiembre, 2007). Problem solving and writing I: The point of view of physics [El punto de vista de la física]. *Latin American Journal of Physics Education*, 1(1), 4-12. Recuperado de <http://www.lajpe.org/sep07/LAJPEVol%201%20No%201%202007.pdf>
- Barrera, J. (2003). *Estrategia pedagógica para el desarrollo de habilidades investigativas en la disciplina física de ciencias técnicas* (Tesis doctoral). Universidad de La Habana, Cuba.
- Díaz, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista* (2ª ed.). México: McGraw-Hill. Recuperado de <http://formacion.sigeyucatan.gob.mx/formacion/materiales/4/4/d1/p1/2.%20estrategias-docentes-para-un-aprendizaje-significativo.pdf>
- Gil, D. y de Guzmán, M. (1993). *Enseñanza de las ciencias y la matemática. Tendencias e innovaciones*. Madrid, Editorial Popular. Recuperado de <http://www.oei.org.co/oeivirt/ciencias.pdf>
- Mora, C. y Herrera, D. (Enero, 2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin American Journal of Physics Education*, 3(1), 72-86. Recuperado de [http://www.lajpe.org/jan09/13\\_Cesar\\_Mora.pdf](http://www.lajpe.org/jan09/13_Cesar_Mora.pdf)
- Soto, C. A. (2002). *Metacognición. Cambio conceptual y enseñanza de las ciencias*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Tirado, F., Martínez, M. Á., Covarrubias, P., López, M., Quesada, R., Olmos, A y Díaz, F. (2010). *Psicología educativa: Para afrontar los desafíos del siglo XXI*. México: McGraw-Hill.
- Vadillo, G. (2007). *De maestro a tutor académico. Cuarenta semanas de clases innovadoras y efectivas*. México: Paidós.



doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

URL: <http://www.una.ac.cr/educare>

CORREO: [educare@una.cr](mailto:educare@una.cr)



### Cómo citar este artículo en APA:

Morales-García, F. A. y Ramírez-Díaz, M. H. (Setiembre-diciembre, 2016). Impacto educativo de un instrumento didáctico que complementa al TADIR para conceptos de la estática en estudiantes de ingeniería de México. *Revista Electrónica Educare*, 20(3), 1-13. doi: <http://dx.doi.org/10.15359/ree.20-3.20>

**Nota:** Para citar este artículo en otros sistemas puede consultar el hipervínculo "Como citar el artículo" en la barra derecha de nuestro sitio web: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/EDUCARE/index>

