

La dinámica interdisciplinaria del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en la carrera Ingeniería Civil

Model of the interdisciplinary dynamics of the teaching-learning process of Differential and Integral Calculus in the Civil Engineering career

M. Sc. Nilda Iglesias Domecq,^I Dra. C. Isabel Alonso Berenguer,^{II} Dr. C. Alexander Gorina Sánchez,^{III}

I. Universidad de Oriente, Cuba nilda@uo.edu.cu

II. Universidad de Oriente, Cuba ialonso@uo.edu.cu

III. Universidad de Oriente, Cuba gorina@uo.edu.cu

RESUMEN

La actual sociedad de la información demanda que los ingenieros civiles posean un adecuado dominio de los contenidos del Cálculo Diferencial e Integral como base para su desempeño profesional exitoso. Sin embargo, se reportan numerosas insatisfacciones a nivel nacional e internacional relacionadas con el insuficiente aprendizaje de estos contenidos durante su periodo de formación de pregrado. El objetivo del presente artículo consiste en exponer la dinámica interdisciplinaria que subyace en el proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en la carrera Ingeniería Civil. Los métodos de investigación empleados fueron el análisis de contenido de fuentes teóricas relevantes y la modelación holística-configuracional. Como principal resultado se devela la lógica interdisciplinaria que se establece entre la sistematización y funcionalidad ingenieril del contenido del Cálculo Diferencial e Integral y su generalización proyectivo-estructural, la cual se constituye como condición necesaria esencial para el desarrollo de la competencia para la aplicación del referido contenido a la resolución de problemas proyectivo-estructurales.

Palabras clave: matemática educativa, matemática aplicada, aprendizaje, enfoque interdisciplinario, didáctica.

ABSTRACT

The current information society demands that civil engineers have an adequate command of the contents of Differential and Integral Calculus as a basis for their successful professional performance. However, there are many national and international reports of learning difficulties of these contents during the undergraduate training period. The objective of this article is to explain the interdisciplinary dynamic that underlies the teaching-learning process

of Differential and Integral Calculus by Civil Engineering students. The research methods used were the content analysis of relevant theoretical sources and holistic-configurational modeling. The main result reveals the interdisciplinary logic established between the systematization and engineering functionality of the content of Differential and Integral Calculus and its projective-structural generalization, which constitutes an essential necessary condition for the development of competence for the application of the referred content to the resolution of projective-structural problems.

Keywords: mathematics instructions, applied mathematics, learning, interdisciplinary approach, didactics.

INTRODUCCIÓN

La Ingeniería Civil es una rama de la ingeniería que aplica conocimientos de Física, Matemática, Química, Mecánica, Hidráulica, Topografía y Geología para la elaboración de infraestructuras, principalmente edificios, obras hidráulicas y de transporte (en general de gran tamaño), haciendo uso de materiales que cumplen con los objetivos constructivos, como el concreto, acero, suelo, etc. En consecuencia, la carrera de Ingeniería Civil tiene el encargo social de preparar a un profesional con capacidad para diseñar, proyectar, planificar, gestionar y administrar proyectos que implementen soluciones proyectivo-estructurales racionales y creativas (Ministerio de Educación Superior (MES), 2007).

Entre las ciencias básicas que requiere el ingeniero civil para desempeñarse eficientemente en su campo de acción se destaca la Matemática, pues contribuye al desarrollo de su pensamiento lógico y algorítmico, aportándole fundamentos básicos para realizar representaciones técnicas y científicas en términos matemáticos, con las cuales puede reflejar rasgos cuantitativos y cualitativos de fenómenos proyectivo-estructurales (De la Rosa, 2013; Trejo, Camarena y Trejo, 2013; Leontina, Firmino, Gorina y Alonso, 2016).

En el currículo del Ingeniero Civil, entre las asignaturas de la disciplina Matemática, se destacan las asignaturas y contenidos relacionadas con el Cálculo Diferencial e Integral (CDI), las que ayudan a formar en los estudiantes una plataforma conceptual sólida y un conjunto de herramientas matemáticas claves para la resolución de problemas técnicos-ingenieriles. A través del CDI se estudian las funciones y sus propiedades, siendo las funciones el modelo matemático por excelencia para representar rasgos cuantitativos y cualitativos de diversos fenómenos proyectivo-estructurales (Iglesias y Alonso 2017).

A pesar de la demostrada importancia del CDI para el desarrollo de las profesiones ingenieriles, en la actualidad se manifiestan numerosas dificultades en su proceso de enseñanza-aprendizaje. En tal dirección, en un artículo de Cantoral y Mirón (2000) se señala una dislexia escolar en CDI, ya que su enseñanza logra que los estudiantes deriven, integren y calculen límites elementales, pero no son capaces de dar un sentido más amplio a esas nociones. Mientras que en el de Iglesias y Alonso (2017) se presentan los resultados de un estudio diagnóstico realizado a estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente, en Santiago de Cuba, el que evidenció bajo dominio de los contenidos del CDI, deficiente empleo de estrategias heurísticas y metacognitivas y la existencia de creencias que dificultan el aprendizaje de esta ciencia.

Por su parte en otro estudio realizado por Iglesias y Alonso (2017) se analizaron las principales tendencias a nivel internacional del proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI, concluyendo que a pesar de los importantes resultados que se han producido todavía se demanda una adecuada concepción didáctica que integre las especificidades que distinguen la dinámica de este proceso, con una lógica interdisciplinar que aporte niveles superiores de contextualización, interpretación y de resolución de problemas profesionales.

Consecuentemente, el objetivo del presente trabajo fue elaborar un modelo didáctico de la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería Civil, como base para aportar información relevante a los profesores interesados en perfeccionar este proceso.

MÉTODOS

Se empleó el análisis de contenido de fuentes teóricas relevantes para sintetizar las bases teórico-metodológicas de la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería Civil. Además, se utilizó la Teoría Holístico-Configuracional (Fuentes, Álvarez, & Matos, 2004), pues brinda un sistema categorial (configuraciones, dimensiones, eslabones) que facilitó la fundamentación de la naturaleza dinámica del proceso modelado. El carácter sistémico, dialéctico y totalizador de esta teoría fue esencial para la modelación realizada, facilitando revelar un sistema de relaciones esenciales y su regularidad, como base para profundizar en el nuevo conocimiento, auténticamente generado sobre la citada dinámica interdisciplinar.

RESULTADOS

Fundamentos teóricos del modelo didáctico

Se asumió que la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería Civil está dada por todas aquellas relaciones, regularidades y metodologías que se dan en la didáctica de dicho proceso, que permiten establecer y predecir el movimiento del mismo, desde una lógica integradora de los conocimientos matemáticos e ingenieriles.

Para modelar didácticamente dicha dinámica se utilizaron aportes de la Didáctica de la Matemática y teorías o enfoques que permitieron explicar pertinentemente su interdisciplinariedad. Desde lo epistemológico se empleó el sistema categorial de la Teoría Holístico-Configuracional para realizarla referida modelación con un enfoque sistémico y totalizador (Fuentes, Álvarez, & Matos, 2004). Desde la Psicología, se utilizó la Teoría del Aprendizaje Significativo (Ausubel, 2002), el Enfoque del Procesamiento de la Información (Best, 2001) y la Teoría de la Educación Desarrolladora (Vygotski, 1978), que posibilitaron explicar la forma en que los estudiantes incorporan los nuevos conocimientos matemáticos a su estructura cognitiva y los relacionan con los adquiridos previamente, así como garantizar su aprendizaje desarrollador desde sus conocimientos matemáticos, los objetos que componen las situaciones problemáticas de la Ingeniería Civil y sus interrelaciones con la orientación del profesor y el contexto profesionalizante.

Se asumió un enfoque moderno para el proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI, caracterizado por una combinación entre lo formal y la rigurosidad del procesamiento didáctico del contenido matemático, con su adecuada contextualización y tratamiento transdisciplinario, adoptando suficiente flexibilidad para la formación de competencias matemáticas (Reyes & Pérez, 2015; Santiesteban, Alonso & Gorina, 2012; Álvarez, Alonso & Gorina, 2012; Trejo, Camarena & Trejo, 2013).

Modelación de la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería Civil

Para poder atender las necesidades profesionales en la organización del aprendizaje del CDI, en el estudio realizado se tomaron en cuenta tres dimensiones, las que son expresión de sus movimientos internos y permiten revelar la transformación cualitativa de la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería Civil. Estas son: la valorativo-ingenieril del CDI desde el contenido nodal, la abstractivo-conceptual del contenido del CDI desde lo proyectivo-estructural y la de concreción proyectivo-estructural del contenido del CDI (figura 1).

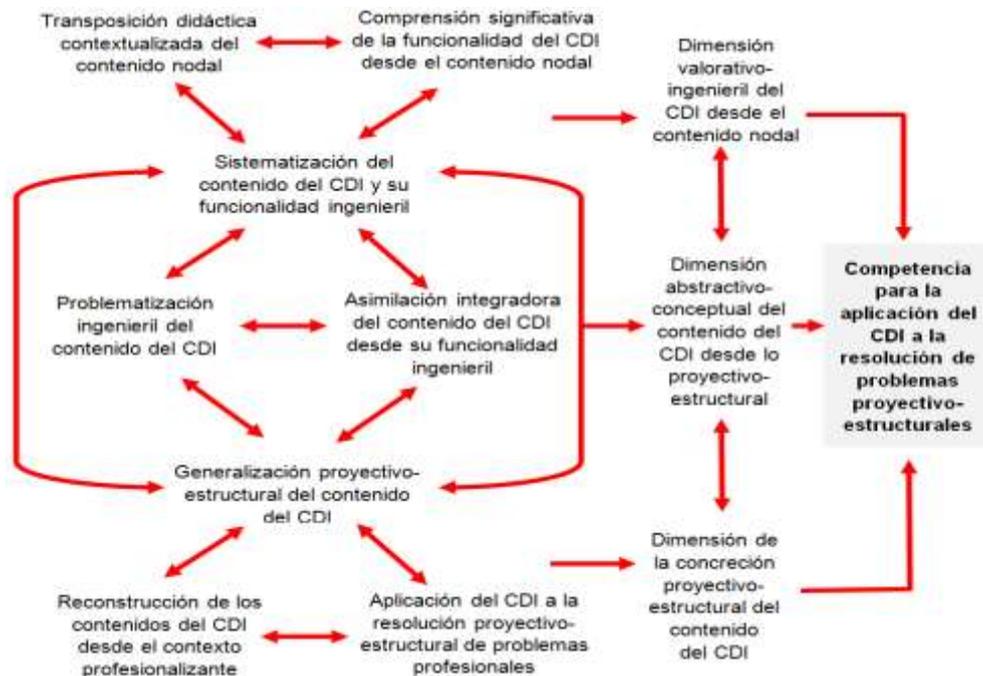


Figura 1. Modelo didáctico de la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en la carrera de Ingeniería Civil

Dimensión valorativo-ingenieril del CDI desde el contenido nodal

El movimiento interno de esta dimensión parte de la configuración transposición didáctica contextualizada del contenido nodal, que expresa el conjunto de transformaciones adaptativas que realiza el profesor para estructurar dicho contenido y convertirlo en objeto de enseñanza, para que responda a las especificidades de la profesión del ingeniero civil, pues para que ocurra un aprendizaje significativo, tiene que aproximar ese contenido a un contexto profesionalizante, que lo haga viable y revelador para los estudiantes.

Es decir, que partiendo del contenido integrador del nodo interdisciplinario, se hicieron las transposiciones didácticas necesarias para que este fuese accesible y adecuado a la estructura

mental del estudiante y se correspondiera con el contexto profesionalizante, lo que facilitó la comprensión de la ventaja de aplicar el CDI a la solución de problemas de la Ingeniería Civil, a la vez que llegar a un profundo entendimiento de la base matemática de los métodos y procedimientos ingenieriles. Para ello se privilegió el empleo de métodos de ejemplificación y contextualización del contenido, ya que, al suministrar información sobre su naturaleza ingenieril, se potencia la percepción de su funcionalidad.

Así, sobre la base del contenido nodal transpuesto y empleando métodos de enseñanza-aprendizaje esencialmente productivos, se estimuló en el estudiante el convencimiento sobre la necesidad de aplicar el CDI a la solución de problemas de la Ingeniería Civil, para llevarlo a comprometerse con el estudio de esos contenidos matemáticos y a movilizar sus conocimientos en función de su aprendizaje.

Para que se logre una adecuada sistematización del contenido nodal, no es suficiente con esta transposición didáctica hecha por el profesor, pues fue necesario que los estudiantes alcanzaran una comprensión significativa de la funcionalidad del CDI desde el contenido nodal, la que es expresión del proceso de discernimiento de sus aplicaciones ingenieriles, a través de un proceso de análisis de los diferentes objetos matemáticos que integran el contenido nodal presentado por el profesor, de manera que se pudieran identificar sus funciones proyectivo-estructurales, y se favoreciera la formación de un juicio valorativo sobre su importancia para la Ingeniería Civil.

Todo este proceso de comprensión significativa fue potenciado por el profesor, facilitando la motivación y la formación de habilidades para analizar conscientemente las situaciones que se le presentan sobre aplicaciones del contenido del CDI a la solución de importantes problemas ingenieriles.

Ahora bien, entre las configuraciones transposición didáctica contextualizada del contenido nodal y comprensión significativa de la funcionalidad del CDI desde el contenido nodal, se establece una relación dialéctica, a partir de reconocer que en la medida en que el profesor va enseñando el contenido nodal didácticamente transpuesto, se va produciendo en el estudiante una comprensión significativa de su funcionalidad; y a su vez, mediante esta comprensión se verificó la pertinencia de la transposición didáctica realizada y su correspondencia o no con la naturaleza proyectivo-estructural de los contenidos nodales.

Esta relación dialéctica se sintetiza en una sistematización de dicho contenido y su funcionalidad ingenieril, comprendida como un proceso secuencial y acumulativo de conocimientos sobre la naturaleza proyectivo-estructural de los contenidos nodales definidos para el CDI, que se sustenta en un progresivo procesamiento didáctico del contenido contextualizado.

Para alcanzar la referida sistematización los autores orientaron actividades docentes en las que se promueve la discusión sobre aplicaciones del contenido del CDI a la elaboración de proyectos estructurales, lo que permitió ascender en niveles de complejidad, y enfatizar en las relaciones que se establecen entre el contenido matemático y el profesional. Debe reconocerse que en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje, no se logró de una sola vez una satisfactoria aproximación a toda la riqueza y diversidad del citado contenido. Su evolución se efectuó en la medida en que se logró sistematizar la valoración de la aplicabilidad de sus objetos, características y relaciones a la resolución de problemas de naturaleza proyectivo-estructural, lo que posibilitó regular progresivamente su funcionalidad ingenieril.

De este modo se origina un nuevo movimiento de la dinámica interdisciplinar, a partir de las relaciones que se establecen entre las tres configuraciones explicadas, lo que deviene en un primer nivel de sistematización del contenido nodal, que está dado por la dimensión valorativo-ingenieril del CDI desde el contenido nodal, que es concebida como expresión del proceso de análisis y estimación de la funcionalidad proyectivo-estructural del contenido del CDI, como base para la formación de juicios calificativos sobre su aplicabilidad, lo que favorecerá la sistematización de este contenido y su funcionalidad ingenieril.

Una valoración de la naturaleza proyectivo-estructural del contenido del CDI se sustenta esencialmente en procedimientos de carácter lógico-interpretativos y se enfoca a responder interrogantes sobre características estructurales, a partir de indicadores que dan cuenta de exactitud, precisión, factibilidad, operacionalidad, entre otras cualidades. Entre los citados procedimientos se destaca la observación, análisis, síntesis, inducción, deducción, analogía, modelación, cuantificación, aproximación, generalización, concreción y comparación.

A su vez esta valoración de la naturaleza proyectivo-estructural constituye un proceso complejo, contradictorio, dinámico y abierto, de creación objetiva, subjetiva y consciente a partir de los indicadores ingenieriles gestionados. De manera que dicha valoración depende, en primera instancia, de la experiencia y competencia del estudiante; las que influirán en las decisiones que tome en el transcurso del proceso valorativo y lo orientarán durante el proceso de aprendizaje del CDI con fines ingenieriles.

Dimensión abstractivo-conceptual del contenido del CDI desde lo proyectivo-estructural

A su vez la configuración síntesis, sistematización del contenido del CDI y su funcionalidad ingenieril, genera otro movimiento del proceso, que, a través de la dimensión de la formación abstractivo-conceptual de dicho contenido, expresa la relación que se establece entre la problematización ingenieril del contenido del CDI y su asimilación integradora desde una funcionalidad ingenieril (ver figura 1).

En consecuencia, la configuración problematización ingenieril del contenido del CDI es interpretada como el proceso de interacción que lleva a cabo el profesor con este contenido y sus relaciones nodales, para plantear problemáticas concretas del contexto profesional, que dinamicen la solución de conflictos cognitivos, creados a partir de los objetivos del proceso de enseñanza-aprendizaje de los citados contenidos y teniendo en cuenta los conocimientos, habilidades y necesidades formativas de los estudiantes, facilitando la comprensión funcional del mismo.

Un aspecto distintivo de esta problematización es que no muestra el contenido del CDI de manera ordenada y resuelta, sino como un conjunto de fenómenos, interrogantes y situaciones desconocidas para las que hay que encontrar un orden lógico, elaborar explicaciones plausibles y generar hipótesis de trabajo que serán analizadas por los estudiantes para su posible corroboración o refutación. En esta problematización el profesor debe promover una actitud crítica, abierta y flexible, además de un amplio conocimiento sobre dicho contenido, el dominio de elementos esenciales para su procesamiento didáctico y su relación con métodos básicos para el tratamiento de la naturaleza proyectivo-estructural del objeto de estudio de la Ingeniería Civil.

Ahora bien, para que la citada problematización ingenieril resultara eficaz, debió desarrollarse en estrecha relación con la asimilación integradora del contenido del CDI desde su

funcionalidad ingenieril, como configuración que da cuenta del proceso de aprendizaje del estudiante, a partir de integrar en su base de conocimientos y experiencias elementos relativos a los objetos, características y relaciones del CDI, los que en esa dinámica adquieren un significado para la resolución de problemas proyectivo-estructurales.

De manera que, a partir de las situaciones de aprendizaje problematizadas por el profesor, los estudiantes pudieran apropiarse de los contenidos de CDI, a la vez que asimilar progresivamente diferentes formas de emplearlos en la resolución de problemas proyectivo-estructurales de la Ingeniería Civil. Por ejemplo, al estudiar las funciones, se profundizó en el papel que juegan estas en los estados tensionales o en el diseño de estructuras. Así mismo, cuando abordaron los contenidos de límites, se procuró asociarlos con el cálculo de fuerzas externas en las secciones de cargas de las edificaciones y con diseños de puentes. De igual forma, al estudiar las derivadas se procuró interpretar su uso para determinar momentos flectores, configuración racional del acero y cálculo de flechas, entre otras aplicaciones posibles.

En esta dinámica los estudiantes pueden percibir las complejidades del proceso de modelación de situaciones proyectivo-estructurales y asimilar los significados ingenieriles que adquieren los objetos (funciones, límites, derivadas, integrales, etc.), características (linealidad, concavidad, convexidad, etc.) y relaciones (tangencia, distancia, perpendicularidad, equivalencia, isomorfismos, proporcionalidad, etc.) inherentes al CDI, para el éxito en dicha modelación. De esta forma se apropian de los principales conceptos que distinguen dicha modelación, a la vez que desarrollarán su pensamiento abstracto.

Entre las configuraciones problematización ingenieril del contenido del CDI y su asimilación integradora desde la funcionalidad ingenieril se establece una relación dialéctica, la que se manifiesta por el hecho de que a medida que el profesor va orientando situaciones problemáticas a resolver, se va produciendo en el estudiante una asimilación integradora de la relación entre los objetos físicos que componen las situaciones proyectivo-estructurales y los objetos abstractos que proporciona el CDI, generándose representaciones matemáticas que facilitan la solución ingenieril; y a su vez, sobre la base de esta asimilación integradora se verifica la eficacia de la problematización realizada.

De modo que la relación que se establece entre la problematización ingenieril del contenido del CDI y su asimilación integradora desde su funcionalidad ingenieril, se sintetiza en un segundo nivel de sistematización de dicho contenido, al propiciar la asimilación en el estudiante de nuevos conocimientos sobre la naturaleza proyectivo-estructural de los contenidos nodales definidos para el CDI, potenciado desde situaciones problemáticas del contexto profesional y expresado mediante las abstracciones conceptuales válidas y pertinentes que generan los objetos, características y relaciones del CDI.

Además, la relación explicada anteriormente se sintetiza también en una generalización proyectivo-estructural del contenido del CDI, la que es concebida como un constructo teórico que es síntesis y dinamizador de la lógica interdisciplinaria desplegada. Esta relación es expresión del proceso de resignificación y reestructuración del contenido del CDI, a partir de la identificación de su funcionalidad ingenieril, lo que conduce a una interpretación más esencial del mismo. Este proceso de generalización trasciende al simple aprendizaje mecánico del contenido del CDI, encaminándose hacia el reconocimiento de las funciones proyectivo-estructurales del mismo, como herramienta base para resolución de problemas.

A tales efectos fue necesario involucrar al estudiante en el análisis y discusión de diversas situaciones proyectivo-estructurales que demandaban de representaciones abstractas como las que propician los diferentes objetos del CDI, de manera que desarrollaron habilidades intelectuales que les permitieran avanzar en su aprendizaje desarrollador. Además, es conveniente que los estudiantes aprendan a buscar analogías entre diferentes situaciones problémicas de la Ingeniería Civil, modeladas mediante las herramientas del CDI, y aprovechar el trabajo en grupos para debatir nuevas situaciones, con el objetivo de que se apropien de métodos y modos de actuación para la identificación de los patrones que manifiestan las mismas.

En síntesis, las relaciones dialécticas que se producen entre las configuraciones representadas en la figura 1, dan lugar a una nueva dimensión, la abstractivo-conceptual del contenido del CDI desde lo proyectivo-estructural, la que da cuenta de los niveles de abstracción requeridos para el aprendizaje de los conceptos del CDI, desde el marco de referencia que proporcionan las principales situaciones problémicas que se abordarán durante el estudio de la ingeniería civil.

Dimensión de la concreción proyectivo-estructural del contenido del CDI

La configuración síntesis, generalización proyectivo-estructural del contenido del CDI, genera otro movimiento del proceso, que, a través de la dimensión de la concreción proyectivo-estructural de estos conocimientos, expresa la relación que se establece entre la reconstrucción de los contenidos del CDI desde el contexto profesionalizante y su aplicación a la resolución proyectivo-estructural de problemas profesionales (ver [figura 1](#)).

La configuración reconstrucción de los contenidos del CDI desde el contexto profesionalizante es concebida como el proceso de enseñanza-aprendizaje llevado a cabo por las asignaturas del ejercicio de la profesión ingenieril, las que retoman dicho contenido considerado en los nodos de articulación interdisciplinar, lo reinterpretan desde su funcionalidad ingenieril y explicitan su presencia en el sustento teórico de los métodos ingenieriles y su importancia para la resolución de problemas profesionales.

La citada reconstrucción requirió de la organización de actividades docentes que facilitaran la activación, en el estudiante, de su capacidad de observación e interpretación del contexto profesionalizante, de manera que pudieran percibir las potencialidades de concreción proyectivo-estructural del contenido del CDI para propiciar la solución de situaciones ingenieriles. Por consiguiente, al planificar este proceso reconstructivo, el profesor deberá tener en cuenta las particularidades individuales de sus estudiantes, preparando actividades especiales para satisfacer los requerimientos de aquellos de alto y de bajo aprovechamiento, previendo mecanismos de retroalimentación sobre la apropiación de los contenidos, en aras de conducir el proceso sin caer en situaciones que puedan desmotivar a unos, o dejar atrasados a otros, con lo que no se lograría una participación afectiva.

El reto que debe enfrentar esta reconstrucción es superar a la actividad docente tradicional, para lo que se requiere presentar los contenidos ingenieriles haciendo alusión al sustento matemático que poseen, explicando apropiadamente los métodos ingenieriles (derivados de la Matemática), destacando que están compuestos por objetos, características y relaciones matemáticas, frecuentemente del CDI.

De lo que se trata es de estimular un redimensionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de ingeniería, que permita dar cuenta de los procedimientos

heurísticos y meta-cognitivos a desarrollar para participar desde el CDI en la solución de problemas proyectivo-estructurales, que transmitan información necesaria para modificar la forma de pensar sobre la Matemática y faciliten crear abstracciones de la realidad profesional, siguiendo una lógica racional, con lo cual el estudiante podrá aplicar los contenidos matemáticos y de las asignaturas de la profesión para generar soluciones creativas, y no crear una dependencia mecanicista de los métodos existentes sin posibilidad de innovaciones.

Sin embargo, de acuerdo a los resultados, dicha reconstrucción se completa cuando se lleva a cabo una aplicación del CDI a la resolución proyectivo-estructural de problemas profesionales, en la que el estudiante tuvo la oportunidad de implicarse en el contexto profesionalizante a partir de situaciones prácticas, es decir, fue asumiendo actividades ingenieriles desde una perspectiva realista que propició tomar consciencia sobre la diversidad interactiva que brindan los objetos, características y relaciones del CDI, a través de la búsqueda de sucesivas vías de inserción en un proceso de interrelación constante entre los contextos matemáticos y los contextos profesionalizantes, lo que le permitió ir descubriendo integradamente los datos y claves necesarios para generar el tránsito hacia un nivel matemático más esencial.

Lo anterior posibilitó la formación de habilidades en los estudiantes para el planteamiento y posterior resolución de problemas proyectivo-estructurales de la Ingeniería Civil. Esto logró dinamizarse a partir de la planificación didáctica realizada, como guía para la conducción y el control de las actividades docentes, potenciando el vínculo entre los contenidos matemáticos que aporta el CDI y la riqueza que aporta por el contexto profesionalizante.

De esta forma, el estudiante puede apreciar la diversidad interactiva y generadora de conflictos que se le presenta, la que puede comprender, explicar y transformar a partir del desarrollo de su formación matemática y del intercambio con la realidad profesional. Para ello tiene que activar y contextualizar sus conocimientos y experiencias, de acuerdo con la variabilidad de situaciones de aplicación del CDI en las que se vea inmerso, desde un reconocimiento de los parámetros que rigen y condicionan los contextos ingenieriles y que determinan sus procesos formativos.

Estas dos configuraciones explicadas se dan en unidad dialéctica, pues una reconstrucción de los contenidos del CDI desde el contexto profesionalizante es la base para que se logre su aplicación a la resolución proyectivo-estructural de problemas profesionales, al permitir identificar y discernir dichos contenidos en los citados problemas. A su vez, una aplicación de estos contenidos a la resolución proyectivo-estructural de problemas, permite una mejor reconstrucción de los mismos desde el contexto profesionalizante, al aportarles mayor nivel de generalidad y significación proyectivo-estructural.

Esta relación dialéctica sintetiza y refuerza, la generalización proyectivo-estructural del CDI, como configuración de orden superior, que adquiere un mayor nivel de interpretación proyectivo-estructural del contenido del CDI, a partir de las relaciones entre la reconstrucción de dicho contenido desde el contexto profesionalizante y su aplicación a la resolución de problemas proyectivo-estructurales.

En resumen, el movimiento que emerge producto de la relación dialéctica que se establece entre las configuraciones representadas en la figura 1, da lugar a la dimensión de la concreción proyectivo-estructural del contenido del CDI, la que se constituye en un proceso mediante el cual el estudiante genera conocimientos productivos asociados a este contenido, a partir del establecimiento de nuevos vínculos con el contexto profesionalizante y la resolución de problemas profesionales, posibilitando la recuperación de información relevante desde su base

de conocimientos y experiencias y la asimilación de la naturaleza proyectivo-estructural del contenido bajo análisis.

Debe señalarse que resulta imprescindible hacer una concreción del contenido del CDI a la realidad proyectivo-estructural, lo que ayuda al surgimiento del conocimiento matemático productivo. Con la reconstrucción de estos contenidos en el contexto profesionalizante, el estudiante abre dicha realidad, la identifica y la descubre en varios de sus aspectos, mientras que con la aplicación de los mismos a la resolución de problemas profesionales la construye, la crea y, sobre todo, la comprueba en su esencia, para luego transformarla en correspondencia con las demandas existentes.

Sin embargo, debe tenerse conciencia de que la información matemática que puede extraer el estudiante sobre el objeto de la Ingeniería Civil, en un contexto profesionalizante, no tiene toda su riqueza, a pesar de considerar múltiples aspectos sobre el mismo. En el estudio su evolución tuvo lugar en la medida que se alcanzaba la concreción de su esencia, en la medida en que se fueron develando nuevas cualidades y relaciones sobre la realidad proyectivo-estructural. Esta concreción permitió a los estudiantes comprender mejor el significado práctico del contenido del CDI, relacionándolo con aquello que le era dado en su experiencia sensorial, aproximándolo a lo que le es más objetivo y conocido, lo que posibilitó la reconstrucción sistemática de este contenido matemático.

Finalmente, debe señalarse que la integración de las tres dimensiones de la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería Civil potencia la formación de una competencia para su aplicación a la resolución de problemas proyectivo-estructurales.

Esta competencia se concibe como la actuación integral del estudiante para identificar, interpretar, argumentar y resolver problemas del contexto de la Ingeniería Civil, desde el modo de actuar proyectivo-estructural adquirido, corroborando la pertinencia, viabilidad y coherencia de las soluciones que propone; demostrando idoneidad y compromiso ético, al articular el saber matemático con el saber hacer ingenieril y saber ser, para lograr un desempeño eficiente y eficaz en el diseño y construcción de infraestructuras, principalmente de edificios, obras hidráulicas y de transporte, en general de gran tamaño, a la vez que transformar y enriquecer sus conocimientos sobre el CDI y su sistema de valores profesionales.

DISCUSIÓN

La modelación de la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería Civil da lugar a un sistema de relaciones esenciales, que permite interpretar su comportamiento y transformación. Dicho sistema está integrado por las siguientes relaciones: 1) la sistematización del contenido del CDI a partir de una transposición didáctica contextualizada del contenido nodal y de la comprensión significativa de la funcionalidad del mismo, que facilita que se llegue a una concreción valorativo-ingenieril de este; 2) la problematización ingenieril del contenido del CDI para su asimilación integradora, potencia el logro de una generalización proyectivo-estructural del mismo, dando lugar a un movimiento que genera una abstracción conceptual de dicho contenido; 3) la concreción proyectivo-estructural del contenido del CDI, a partir de su reconstrucción desde el contexto

profesionalizante y de su aplicación a la resolución de problemas profesionales, da lugar a generalizaciones proyectivo-estructurales.

A partir de la profundización en el estudio de estas relaciones se devela entonces como regularidad: la lógica integradora entre la sistematización y la generalización proyectivo-estructural del contenido del CDI, que se constituye en condición imprescindible del desarrollo de una competencia para la aplicación de dicho contenido a la resolución de problemas proyectivo-estructurales.

Así, para llevar a la práctica el sistema de relaciones esenciales y la regularidad del modelo didáctico propuesto, se requiere de instrumentos prácticos que orienten a los docentes en la formación de la citada competencia y ayuden a concretar dichas relaciones y regularidad, como alternativa para perfeccionar la instrucción matemática del contenido del CDI.

CONCLUSIONES

En el modelo didáctico de la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI en la carrera de Ingeniería Civil se han representado las configuraciones y relaciones esenciales que integran dicha dinámica, dando lugar a la definición de las dimensiones valorativo-ingenieril del CDI desde el contenido nodal, la abstractivo-conceptual de dicho contenido y la de concreción proyectivo-estructural.

La regularidad que se revela en el modelo propuesto está dada por la lógica integradora entre la sistematización y la generalización proyectivo-estructural del contenido del CDI, que se constituye en condición imprescindible para el desarrollo de una competencia para su aplicación a la resolución de problemas proyectivo-estructurales, la cual requerirá para llevarse a la práctica de la elaboración y empleo de instrumentos prácticos que favorezcan su concreción, como alternativa para perfeccionar la instrucción matemática del referido contenido del CDI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, M. Y., Alonso, I., & Gorina, A. (2012). Dinámica del razonamiento inductivo en la resolución de problemas matemáticos. Una propuesta didáctica. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 25 (12), 625-634. Recuperado el 5 de enero de 2018 de <http://funes.uniandes.edu.co/4328/1/AlvarezDinamicaALME2012.pdf>
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento*. Una perspectiva cognitiva. Barcelona: Paidós.
- Best, J. B. (2001). *Psicología Cognitiva*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Cantoral, R., & Mirón, H. (2000). Sobre el estatus de la noción de derivada: de la epistemología de Joseph Louis Lagrange al diseño de una situación didáctica. *RELIME*, 3(3), 265-292. Recuperado el 5 de enero de 2018 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2147203>
- De la Rosa, P. (2013). *La importancia de las matemáticas en ingeniería civil*. Recuperado el 5 de enero de 2018 de <https://prezi.com/gh7kgcern3wh/la-importancia-de-la-matematicas-en-ing-civil/#prezi-comments>

- Fuentes, H. C., Álvarez, I. B., & Matos, E. C. (2004). La teoría holístico-configuracional en los procesos sociales. *Pedagogía Universitaria*, 9(1), 1-5. Recuperado el 5 de enero de 2018 de <http://cvi.mes.edu.cu/peduniv/index.php/peduniv/article/view/273/264>
- Iglesias, N. A. (2017). El Cálculo Diferencial e Integral en las carreras de ciencias técnicas. Especificidades de su enseñanza. *Revista Maestro y Sociedad*, 14(4), 660-670. Recuperado el 5 de enero de 2018 de https://www.researchgate.net/publication/321754079_El_Calculo_Diferencial_e_Integral_e_n_las_carreras_de_ciencias_tecnicas_Especificidades_de_su_ensenanza
- Iglesias, N., & Alonso, I. (2017). Estudio exploratorio sobre la importancia de la matemática para la carrera de ingeniería civil en la Universidad de Oriente. *REFCaIE: Revista Electrónica de Formación y Calidad Educativa*, 5(1), 45-62. Recuperado el 10 de enero de 2018 de <http://www.runachayecuador.com/refcale/index.php/refcale/article/download/1325/883>
- Leontina, D., Firmino, E. L., Gorina, A., & Alonso, I. (2016). Diagnóstico das habilidades matemáticas básicas dos estudantes que ingresam no primeiro ano do curso de Engenharia em Recursos Hidricos na Escola Superior Politécnica do Bié. *Revista Órbita Pedagógica*, 3(2), 35-50. Recuperado el 5 de enero de 2018 de <http://runachayecuador.com/refcale/index.php/rop/article/view/2307/1240>
- Ministerio de Educación Superior (MES). (2007). *Plan de estudio D para la carrera de Ingeniería Civil*. La Habana, Cuba: MES. Recuperado el 5 de enero de 2018 de <http://cujae.edu.cu/civil/carrera/ingenieria-civil>
- Reyes, D., & Pérez, M. (2015). Grupos de estudio para favorecer el aprendizaje del cálculo diferencial. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa* (2), 1-18. Recuperado el 5 de enero de 2018 de <http://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/download/510/549>
- Santiesteban, Y., Alonso, I., & Gorina, A. (2012). El proceso de formación del valor de la perseverancia en la resolución de problemas matemáticos. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 3(4), 1-14. Recuperado el 5 de enero de 2018 de <http://www.runachayecuador.com/refcale/index.php/didascalialia/article/download/156/115>
- Trejo, E., Camarena, P., & Trejo, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria*, 11(1), 397-424. Recuperado el 5 de enero de 2018 de <https://polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/5562/5552>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Pensamiento y lenguaje*. Madrid: Paidós.

Recibido: enero 2018

Aprobado: marzo 2018

Iglesias Domecq es Máster en Ciencias de la Educación y Profesora Auxiliar, Licenciada en Matemática, disciplina que explica en la carrera de Ingeniería Civil. Forma parte del Grupo de Investigación Didáctica de la Matemática y la Computación (GIDMAC) y realiza actualmente un doctorado en Ciencias Pedagógicas.