

LA INTERDISCIPLINARIEDAD EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL. UN INSTRUMENTO DIDÁCTICO PARA SU CONCRECIÓN

INTERDISCIPLINARITY IN THE TEACHING-LEARNING OF THE DIFFERENTIAL AND INTEGRAL CALCULUS. A DIDACTIC INSTRUMENT FOR ITS CONCRETION

AUTORES: Nilda Iglesias Domecq¹

Isabel Alonso Berenguer²

Alexander Gorina Sánchez³

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: nilda@uo.edu.cu

Fecha de recepción: 02 de noviembre de 2018

Fecha de aceptación: 19 de diciembre de 2018

RESUMEN

Uno de los modos de actuación del ingeniero civil es el cálculo proyectivo-estructural de obras civiles, que es justamente el que requiere un mayor dominio de los contenidos del Cálculo Diferencial e Integral, de aquí la necesidad de formar un ingeniero con amplios conocimientos y posibilidades de aplicación de esta ciencia. El objetivo del presente trabajo fue elaborar una matriz de articulación nodal que relaciona los contenidos del Cálculo Diferencial e Integral con los de las asignaturas del ejercicio de la profesión de Ingeniería Civil, para perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje a partir de un trabajo interdisciplinar. La matriz resultante se introdujo, con buenos resultados, en la docencia de esta carrera en la Universidad de Oriente, Cuba.

PALABRAS CLAVE: matriz de articulación nodal, interdisciplinar, Cálculo Diferencial e Integral, Ingeniería Civil, enseñanza-aprendizaje.

ABSTRACT

One of the modes of action of the civil engineer is the projective-structural calculation of civil works, which is precisely the one that requires a greater mastery of the contents of Differential and Integral Calculus, hence the need to train an engineer with extensive knowledge and possibilities of application of this science. The objective of the present work was to elaborate a matrix of nodal articulation that relates the contents of the

¹ Licenciada en Matemática, Doctora en Ciencias Pedagógicas, Profesora Auxiliar, Departamento de Matemática Aplicada, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

² Licenciada en Matemática, Doctora en Ciencias Pedagógicas, Profesora Titular, Departamento de Matemática, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba. <https://orcid.org/0000-0002-3489-276X> E-mail: ialonso@uo.edu.cu

³ Licenciado en Matemática, Doctor en Ciencias Pedagógicas, Profesor Titular, Centro Universitario Municipal de Contra maestre, Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba. <http://orcid.org/0000-0001-8752-885X> E-mail: gorina@uo.edu.cu

Differential and Integral Calculus with those of the subjects of the Civil Engineering profession, to perfect the teaching-learning process from an interdisciplinary work. The resulting matrix was introduced, with good results, in the teaching of this career at the Universidad de Oriente, Cuba.

KEYWORDS: matrix of nodal articulation, interdisciplinary, Differential and Integral Calculus, Civil Engineering, teaching-learning.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se centró en el proceso de enseñanza-aprendizaje del ingeniero civil, el que debe ser capaz de trabajar en grupos multidisciplinarios para el diseño y ejecución de proyectos estructurales de obras civiles de mediano y gran tamaño, reconociendo la especificidad de su actividad, enfocada a garantizar cálculos precisos que propicien estructuras seguras, resistentes y funcionales, las que deberán soportar su propio peso, más las cargas ejercidas por el uso y las producidas por eventos de la naturaleza: vientos, sismos o agua (Molina, 2017).

Es así que, uno de los modos de actuación de este ingeniero es el cálculo proyectivo-estructural de obras civiles, que es justamente el que requiere un mayor dominio de los contenidos del Cálculo Diferencial e Integral, por ello debe perfeccionarse su proceso de enseñanza-aprendizaje, en aras de potenciar las habilidades requeridas para desarrollar ese modo de actuación, que distingue el quehacer profesional del ingeniero civil (Iglesias, Alonso & Gorina, 2018; Iglesias, 2018).

Ahora bien, lo proyectivo-estructural connota la aplicación de conocimientos, métodos y técnicas de la Ingeniería Civil para satisfacer los requisitos de una estructura estática, durante un tiempo limitado y con un determinado presupuesto para alcanzar el objetivo constructivo; y su cálculo posibilita la evaluación de los diferentes escenarios que permiten llegar a la interpretación de las consecuencias que se derivan de los datos emanados del sistema estructural, a partir de lo cual será más efectiva la toma de decisiones (Ramírez, 2012).

De manera que, la contribución del aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral a ese cálculo proyectivo-estructural es a través del desarrollo del pensamiento lógico y algorítmico del ingeniero civil, aportándole fundamentos para realizar representaciones técnicas y científicas en términos matemáticos, con las cuales puede reflejar rasgos cuantitativos y cualitativos de los fenómenos proyectivo-estructurales que estudia, posibilitando su mayor comprensión (Iglesias, 2018; Iglesias, Alonso & Gorina, 2017, 2018).

Un rasgo característico de la aplicación del Cálculo Diferencial e Integral a los problemas de la Ingeniería Civil está dado por la relación que se establece entre lo abstracto y lo concreto, lo abstracto simbolizado por objetos ideales (funciones, límites, derivadas e integrales), que facilitan la representación de los elementos que componen los sistemas estructurales; lo concreto sensible, dado por las condiciones y exigencias de los requerimientos estructurales y, lo concreto conceptual, que se enmarca en el resultado del cálculo que permite culminar el proyecto estructural (Iglesias, 2018). Finalmente, la práctica proporciona el criterio para juzgar si las abstracciones

introducidas en el cálculo proyectivo-estructural han garantizado la seguridad, resistencia y funcionalidad, requeridas por dichas estructuras (Serna, 2014).

De manera que, el proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral se interpreta como aquel proceso que integra la actividad que realizan profesores y estudiantes con el contenido de esta materia, para facilitar didácticamente la apropiación del conocimiento sobre funciones, límites, continuidad, derivadas e integrales, así como la adquisición de habilidades asociadas a la aplicación de dichos conocimientos a la resolución de problemas; y la formación de determinados valores como la abstracción, representación, rigurosidad, responsabilidad, perseverancia y capacidad para realizar tareas de manera independiente, elevando los niveles de autoaprendizaje (MES, 2017).

Según Godino et al. (2003), una enseñanza efectiva del Cálculo Diferencial e Integral requiere comprender lo que los estudiantes conocen y lo que necesitan aprender, desafiándolos y apoyándolos para que puedan aprenderlo bien. En este trabajo se precisa que para ejercer una buena práctica docente no es suficiente con el conocimiento del Cálculo Diferencial e Integral y ciertas habilidades pedagógicas, pues se requieren, además, aspectos cognitivos (cómo se aprende), didácticos (cómo se enseña) y epistemológicos (cómo se concibe el saber a enseñar y aprender). Esto se sitúa en el entorno social que enmarca la interacción entre el contenido del Cálculo Diferencial e Integral, los estudiantes y el profesor (dónde se enseña y aprende).

Pero, a pesar de la demostrada importancia del Cálculo Diferencial e Integral para el desarrollo de las profesiones ingenieriles, en la actualidad se manifiestan numerosas dificultades en su proceso de enseñanza-aprendizaje. En tal dirección, en Iglesias & 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 insuficiente dominio de los contenidos del Cálculo Diferencial e Integral. En este propio trabajo se corroboró que a nivel internacional todavía se demanda una adecuada concepción didáctica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral, desde una lógica interdisciplinar que aporte niveles superiores de contextualización, interpretación y de resolución de problemas profesionales.

Consecuentemente, el objetivo del presente trabajo fue elaborar una matriz de articulación nodal que relaciona los contenidos del Cálculo Diferencial e Integral con los de las asignaturas del ejercicio de la profesión de Ingeniería Civil, para perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje a partir de un trabajo interdisciplinar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para elaborar la matriz de articulación del contenido nodal se diseñó una metodología que fue aplicada en la Universidad de Oriente durante los cursos 2014-2015 al 2015-2016, la que tuvo como objetivo, conformar la matriz de articulación del contenido nodal y evaluar el estado actual de la dinámica interdisciplinar del Cálculo Diferencial e Integral centrada en lo proyectivo-estructural de la Ingeniería Civil. Esta metodología dispuso de dos etapas, que se conformaron por varias acciones:

Etapa 1. Obtención de una matriz a priori de articulación de contenido nodal.

Acciones:

1. Analizar fuentes teóricas relativas a investigaciones sobre el vínculo del contenido del Cálculo Diferencial e Integral con los contenidos de las asignaturas ingenieriles.
2. Determinar los contenidos articulables, según el plan de estudio vigente (Plan D).
3. Elaborar una matriz de contenido nodal, conformada por los vínculos entre los contenidos del Cálculo Diferencial e Integral y de las asignaturas ingenieriles.
4. Entrevistar a especialistas de la carrera para validar las articulaciones de contenido establecidas.

Para ejecutar esta última acción se confeccionó un listado inicial de dieciocho profesores de tres de las universidades cubanas que desarrollan la carrera de Ingeniería Civil, con requisitos para ser considerados como especialistas, sobre la base del análisis de las siguientes variables estructurales: experiencia en la docencia, categoría docente principal, visión integral de los contenidos del plan de estudio de la carrera y grado académico y/o científico. Se empleó la metodología propuesta por Cruz (2009) para la determinación de la competencia de los especialistas.

Posteriormente, se tuvo en cuenta la opinión de estos especialistas y se les presentó la matriz de contenido nodal a priori para que valorasen la veracidad de las articulaciones del contenido propuestas (posibles relaciones a establecer entre los contenidos ingenieriles y los del Cálculo Diferencial e Integral). Para facilitar su valoración se le propuso que utilizaran la siguiente escala, con el objetivo de estandarizar las opiniones:

0	1	2
No existen suficientes elementos para conformar un nodo de articulación de contenidos.	Existen algunos elementos para conformar un nodo de articulación de contenidos.	Existen suficientes elementos para conformar un nodo de articulación de contenidos.

Además, se les precisó que podían enriquecer las articulaciones presentadas o proponer nuevas, explicando su sugerencia al final del documento.

Etapa 2. Evaluación de las relaciones contempladas en la matriz de articulación del contenido nodal en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera de Ingeniería Civil, en la Universidad de Oriente.

Acciones:

1. Aplicar una encuesta a profesores de Matemática de la carrera Ingeniería Civil para determinar el nivel de aplicación que hacen de los contenidos nodales en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La encuesta dispuso de una sección para obtener los datos generales de los profesores y otra donde se evaluaron los siguientes ítems, a partir de una escala tipo Likert con cinco niveles de respuestas (ver Tabla 1): 0-muy bajo, 1-bajo, 2-medio, 3-alto, 4-muy

alto. Además, dispuso de una pregunta abierta para valorar el trabajo metodológico que realiza el colectivo de disciplina y el de carrera para organizar el trabajo docente y controlar el desarrollo de la dinámica interdisciplinar.

Tabla 1. Ítems que conformaron la encuesta aplicada a profesores de Matemática de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad de Oriente.

<i>1. Nivel de aplicación que hace en su asignatura de los contenidos relativos a:</i>				
1.1 Topografía.			1.12 Terminaciones e instalaciones de edificios.	
1.2 Hidráulica aplicada.			1.13 Conservación de edificios.	
1.3 Modelación mecánica de las estructuras.			1.14 Sistemas constructivos.	
1.4 Resistencia de materiales.			1.15 Geotecnia.	
1.5 Análisis de estructuras.			1.16 Cimentaciones y estructuras de contención.	
1.6 Hormigón estructural.			1.17 Ingeniería de tránsito.	
1.7 Estructuras metálicas.			1.18 Diseño geométrico de carreteras.	
1.8 Puentes y Alcantarillas.			1.19 Maquinaria de movimiento de tierra.	
1.9 Estructura de hormigón y mampostería.			1.20 Explanaciones.	
1.10 Materiales de construcción.			1.21 Pavimentos.	
1.11 Tecnología de hormigón.			1.22 Proyectos Integradores.	
<i>2. Nivel de empleo de los siguientes componentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje:</i>				
<i>Métodos de enseñanza</i>	<i>de</i>	<i>Formas organizativas</i>	<i>Tipo de evaluaciones</i>	<i>de Medios de enseñanza</i>
Expositivos.		Conferencia.	Sistemática.	Pizarrón
De elaboración conjunta.		Clases prácticas.	Trabajo extractase.	Presentaciones en Power Point
Ejemplificación.		Seminario.	Seminario.	Pancartas
Problémicos.		Clase encuentro.	Prueba escrita.	Modelos icónicos
		Laboratorio.	Prueba oral.	Libros de texto Maquetas

[Fuente: los autores].

2. Aplicar una encuesta a profesores de las asignaturas ingenieriles de la carrera Ingeniería Civil para determinar el nivel de aplicación que hacen de los contenidos nodales en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje.

La metodología utilizada para esta encuesta fue similar a la presentada en la acción anterior. Con la diferencia de que se pidió a los profesores evaluar, con la misma escala Likert definida, el nivel de aplicación de los contenidos de Cálculo Diferencial e Integral durante el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de su asignatura, a través de los contenidos nodales siguientes: 1) elementos de Matemática Básica; 2) elementos

de trigonometría; 3) elementos de geometría; 4) funciones; 5) límite y continuidad; derivadas; problemas de optimización e 8) integrales.

También la encuesta dispuso de una pregunta abierta para valorar el trabajo metodológico que realiza el colectivo de disciplina y el de carrera para organizar el trabajo docente y controlar el desarrollo de la dinámica interdisciplinar.

3. Triangular la información gestionada y extraer conclusiones para valorar el estado actual de la dinámica interdisciplinar del Cálculo Diferencial e Integral en la Universidad de Oriente, centrada en lo proyectivo-estructural de la Ingeniería Civil.

RESULTADOS

En la primera etapa de la metodología, se realizó el análisis de contenido de las fuentes teóricas relativas al trabajo con los nodos de articulación del contenido del Cálculo Diferencial e Integral (CDI) con las asignaturas ingenieriles, lo que permitió conformar la Tabla 2, en la que se sintetizan algunos de los resultados que sirven de sustento a la elaboración de dicha matriz.

Tabla 2: Resultado del análisis bibliográfico de las fuentes teóricas relativas al trabajo con nodos de articulación del CDI con los contenidos de las asignaturas ingenieriles [Fuente: los autores, 2014].

<i>Autor</i>	<i>Objeto sobre el que trabajó</i>	<i>Contenido del CDI que vinculó</i>	<i>Resultados</i>
Zúñiga (2006)	Nivel cognitivo en los estudiantes de ingeniería del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Función de dos variables. ▪ Derivada parcial. 	En escenarios didácticos contextualizados se propicia un aprendizaje con significado para el estudiante, con sentido en el ámbito de su futura área profesional.
Arguedas, Coto y Trejos (2010)	Enseñanza del CDI a estudiantes de la Universidad de Costa Rica, como recurso para desarrollar competencias basadas en un modelo de pensamiento complejo.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Máximos y mínimos de funciones. ▪ Integral definida. 	Incorporación de las TIC como herramienta de desarrollo de competencias, y en el aporte de elementos de este modelo en el proceso de enseñanza-aprendizaje del CDI.
Morales y Peña (2013)	Modelación matemática concebida como una herramienta didáctica para la enseñanza del CDI en la formación de ingenieros de la Universidad de San Buenaventura, en Bogotá, Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funciones lineales y cuadráticas. ▪ Límites. ▪ Derivada y métodos de derivación. ▪ Integrales, técnicas de 	Una base teórica que permitió reevaluar los contenidos programáticos de los cursos y así, aproximar a los estudiantes a su área específica de conocimiento.

		integración y aplicaciones.	
Irazoque y Medina (2014)	Enseñanza del CDI de manera modular a estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad del Bío-Bío, Chile.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Funciones. ▪ Límites. ▪ Derivada de una función. ▪ Problemas de optimización. 	Implementación de actividades didácticas de aprendizaje mediante aprendizaje basado en problemas, no limitados al contexto matemático.
Trejo, Camarena y Trejo (2013)	La Matemática en contexto para fomentar la interdisciplinariedad en los estudiantes de ingeniería de la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital, México.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cálculo integral 	Se presentan resultados sobre la transferencia del conocimiento de la Matemática a otras áreas del conocimiento como las ingenierías.

[Fuente: los autores].

Luego, a partir de los resultados del análisis bibliográfico presentado en la Tabla 2 y tomando como base el examen de los contenidos del Plan de Estudio D de la carrera de Ingeniería Civil, se develaron las relaciones entre los contenidos del Cálculo Diferencial e Integral y el de las asignaturas ingenieriles, conformándose los nodos de articulación específicos, los que fueron valorados mediante sistemáticas consultas con los profesores de la carrera.

Posteriormente, se determinó la competencia de los dieciocho especialistas, quedando seleccionados doce de ellos, con un coeficiente de competencia que osciló entre medio y alto ($0,6 < K < 1,0$). Una vez desarrollada la entrevista, fue posible precisar la matriz a posteriori o matriz de articulación del contenido nodal que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Matriz de articulación del contenido nodal, conformada por contenidos del CDI y de las asignaturas ingenieriles. El contenido nodal de cada celda se denota por X_{i-j} , donde X: indica el tema, i: expresa el contenido de CDI, j: es el orden asignado al contenido nodal.

Disciplinas (temas)	Contenidos de Cálculo Diferencial e Integral					
	1: elementos básicos	2: funciones	3: límite y continuidad	4: derivadas	5: problemas de optimización	6: integrales
Topografía A-Topografía I y II	A1-1: Cálculo de distancias. A1-2: Medición de ángulos, distancias y desniveles de terrenos. A1-3: Conversión de coordenadas planas a polares y viceversa. A2-1: Representación de resultados de levantamientos mediante curvas de nivel. A2-2: Medición de terrenos y trazado de poligonales. A6-1: Determinación de volúmenes de tierra.					

<p>Hidráulica B-Hidráulica aplicada</p>	<p>B2-1: Modelación y simulación de procesos hidráulicos elementales. B2-2: Aplicación de las ecuaciones de continuidad y Bernoulli a fluidos reales. B5-1: Cálculo de gasto hidrológico máximo que escurre hacia un sistema de drenaje fluvial. B6-1: Dimensionamiento hidráulico de canales de drenaje. B6-2: Cálculo de pérdidas de energía y diámetro de tubería con régimen forzado de circulación. B6-3: Cálculo de carga y capacidades que se necesita para aplicación específica de bombas. B6-4: Cálculo del gasto en alcantarillas con entradas sumergidas libres.</p>
<p>Análisis y Diseño de Estructuras C-Modelación mecánica de las estructuras I y II D-Resistencia de materiales E-Análisis de estructuras F-Hormigón estructural I y II G-Estructuras metálicas H-Puentes y Alcantarillas I-Estructura de hormigón y mampostería</p>	<p>C1-1: Cálculo de fuerzas reactivas C2-1: Obtención del estado tensional de un punto. C2-2: Graficado de las fuerzas interiores C4-1: Determinación de momentos flectores, configuración racional del acero, ecuación de la generatriz de un arco. C5-1: Momentos de inercia, cálculo de armaduras, momentos flectores, configuración racional del arco. C6-1: Análisis cualitativos de armaduras. C6-2: Determinación de los momentos y productos de inercia en ejes rotados de secciones transversales conformadas por figuras geométricas conocidas o por perfiles laminados D2-1: Estados tensionales D4-1: Calculo de flechas. D4-2: Desplazamientos verticales y ángulos de giros. D5-1: Estados tensionales D5-2: Desplazamientos verticales y ángulos de giros. D6-1: Calculo de flechas. D6-2: Estabilidad o pandeo. E2-1: Cálculo de desplazamientos E5-1: Cálculo de desplazamientos. F2-1: Fuerzas externas en las secciones de cargas que están solicitando las edificaciones, función de resistencia. F3-1: Fuerzas externas en las secciones de cargas solicitadas las edificaciones. F4-1: Losas, Fuerzas externas en las secciones de cargas que están solicitando las edificaciones. F5-1: Características de los materiales. F6-1: Losa y elemento finito, fuerzas externas en las secciones de cargas que están solicitando las edificaciones. G2-1: Diseño de las uniones soldadas, pernadas o atornilladas entre diferentes elementos de la estructura. G2-2: Diseño de los elementos estructurales como vigas, columnas y bases de columnas. G4-1: Cálculo del ancho neto de los elementos sometidos a la tracción céntrica.</p>

	<p>H2-1: Diseños de puentes. H4-1: Análisis de los diseños de puentes. H5-1: Análisis de los diseños de puentes. H6-1: Análisis de los diseños de puentes. I4-1: Flexión, flexión compresión y tracción. I6-1: Flexión, flexión compresión y tracción.</p>
<p>Tecnología de Construcción y Conservación de Edificaciones J-Tecnología del hormigón y materiales de construcción. K- Terminaciones e instalaciones de edificios. L- Conservación de edificios. M-Sistemas constructivos.</p>	<p>J1-1: Calculo cuadro de acero encofre J5-1: Cuadros de acero y calcular eficiencia. K1-1: Cálculo de insumos para instalaciones. L2-1: Diseños de las estructuras. L6-1: Análisis de los diseños a conservar. M1-1: Cálculo para la selección del equipo de izaje.</p>
<p>Geotecnia y Cimientos N-Geotecnia, diseño de cimientos y estructuras de contenciones</p>	<p>N1-1: Relaciones de peso y volumen para clasificación de suelos. N2-1: Red de flujo. N2-2: Representación gráfica de los estados tensionales. N4-1: Medición de la consolidación en el tiempo. N4-2: Flujo de agua en el suelo. N4-3: Filtraciones a través de las masas de suelos. N4-4: Gradiente crítico y gradiente destructivo.</p>
<p>Proyecto y Conservación de Vías de Comunicación O-Ingeniería de tránsito y maquinaria de movimiento de tierra. P-Diseño geométrico de carreteras y</p>	<p>O1-1: Cálculo de predicción de volumen. O1-2: Cálculo del rendimiento de equipos. O2-1: Cálculo de velocidad. O5-1: Cálculo de predicción de volumen. P1-1: Trigonometría. P2-1: Cálculo de las curvas espirales. Q1-1: Operaciones de cálculo numérico. Q2-1: Cálculo de áreas y volúmenes en secciones transversales. Q6-1: Cálculo de volúmenes en secciones transversales. R1-1: Porciento y operaciones de cálculo numérico. R5-1: Diseño de pavimento flexible.</p>

conservación de carreteras. Q- Explanaciones y vías férreas. R- Pavimentos.	
Disciplina Principal Integradora S- Proyectos integradores	S1-1: Expresiones de Cálculo para el diseño de elementos estructurales. S1-2: Organización de obras y presupuesto. S1-3: Redes eléctricas y redes sanitarias. S1-4: Cálculo del peso real de montaje y altura de izaje de los elementos prefabricados. S1-5: Determinación del coeficiente de aprovechamiento de la capacidad de carga del equipo de izaje. S1-6: Cálculo hidráulico e hidrológico en obras de drenaje real. S2-1: Diseño de elementos estructurales. S6-1: Diseño geométrico de curvas horizontales en obras viales.

[Fuente: los autores].

En la segunda etapa de la metodología, se utilizó la encuesta a doce profesores de Matemática de la carrera Ingeniería Civil, para valorar el nivel de aplicación que hacen de los contenidos nodales en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje. Los resultados se presentan de forma visual en la Figura 1. Puede observarse que el valor medio alcanzado para cada uno de los 22 indicadores está por debajo de 2, lo que da cuenta de que es muy bajo el nivel de utilización de los contenidos nodales definidos.

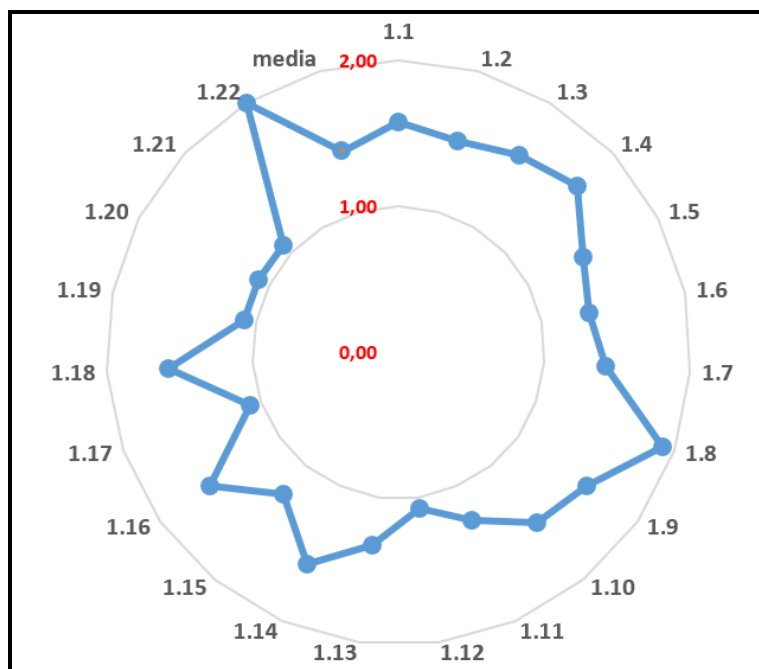


Figura 1. Valores medios del nivel de aplicación de los contenidos nodales que hacen los doce profesores encuestados para cada uno de los 22 ítems y valor de la media [Fuente: elaboración de los autores].

Por último, en cuanto al trabajo metodológico de la disciplina, la generalidad de las respuestas afirmó que se realizó con sistematicidad, pero no se priorizó el análisis de los aspectos relativos a la organización y control de la dinámica interdisciplinar que debe llevarse a cabo para perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral. Asimismo, ocurrió en el colectivo de la carrera. Sin embargo, tanto los profesores, como los directivos de la carrera, se mostraron muy interesados en transformar esta situación y estimularon el desarrollo de la presente investigación, asegurando que sus aportes orientarían el camino hacia el logro del necesario salto de calidad en el trabajo interdisciplinar, al proponer aspectos tan útiles como la citada matriz de articulación del contenido nodal.

En cuanto a la evaluación de la dinámica del Cálculo Diferencial e Integral, que conducen los profesores de Matemática, se observó la tendencia a desarrollarla desde una perspectiva tradicional que privilegió: i) los métodos expositivos sobre los problémicos, ii) las conferencias y clases prácticas sobre las clases encuentros, laboratorios y seminarios, iii) las pruebas escritas sobre las evaluaciones sistemáticas, trabajos extraclase, seminarios y pruebas orales, iv) el pizarrón y el libro de texto sobre las presentaciones en power point, pancartas, modelos icónicos y maquetas (ver Figura 2).

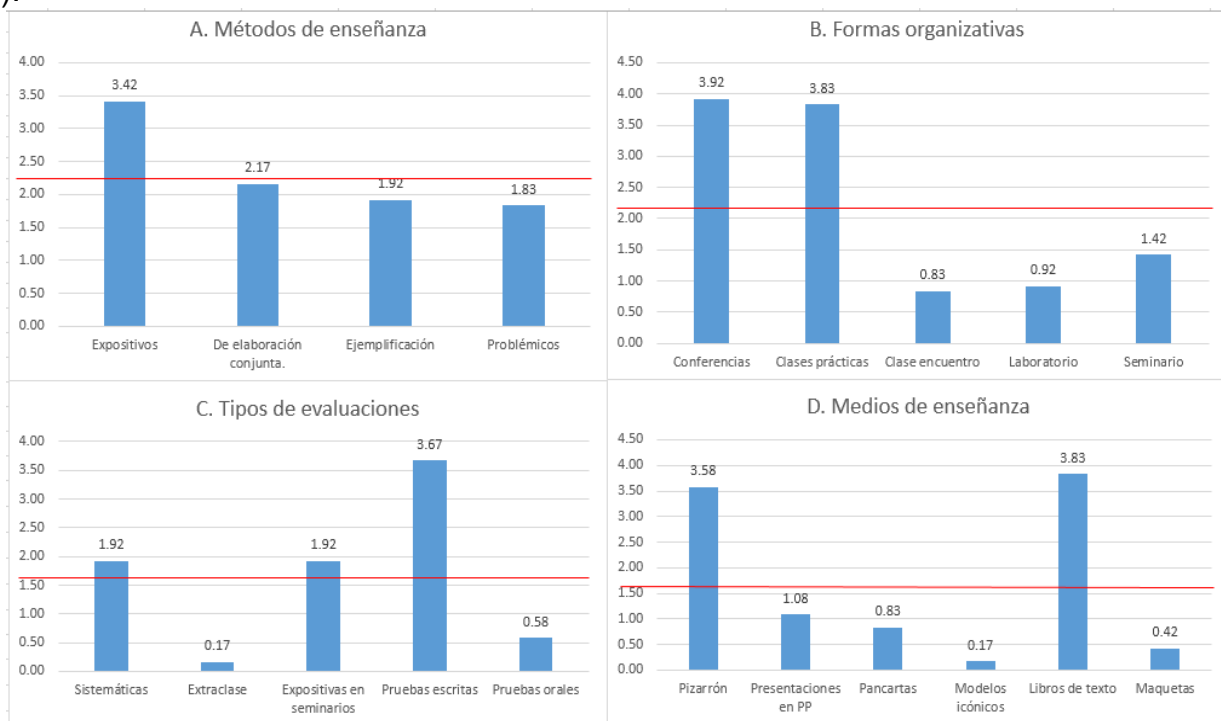


Figura 2. Valores medios del nivel de utilización de aspectos claves de la dinámica del CDI que hacen los profesores de Matemática [Fuente: elaboración de los autores].

En resumen, los elementos aportados por la encuesta a los doce profesores de Matemática, con experiencia en la impartición del Cálculo Diferencial e Integral en la carrera de Ingeniería Civil, permitió concluir que hasta el momento ha sido insuficiente el trabajo docente-metodológico realizado para motivar a los estudiantes por el estudio de ese contenido, proporcionándoles conocimientos que faciliten su comprensión sobre

los nexos existentes entre los mismos y los del ejercicio de la profesión de la Ingeniería Civil.

Los resultados del procesamiento de la encuesta aplicada a profesores de las asignaturas ingenieriles de la carrera, para determinar el nivel de aplicación que hacen de los contenidos nodales en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje, se sintetizan en la Figura 3. En esta se observa un nivel de aplicación bajo (media de 1.70), apareciendo algunos contenidos matemáticos que presentaron un nivel promedio de reconocimiento explícito *alto* (elementos de geometría y funciones). Sin embargo, el resto de los contenidos exhibieron un nivel promedio *bajo* (elementos de Matemática básica, elementos de trigonometría, límite y continuidad, derivadas, problemas de optimización e integrales).

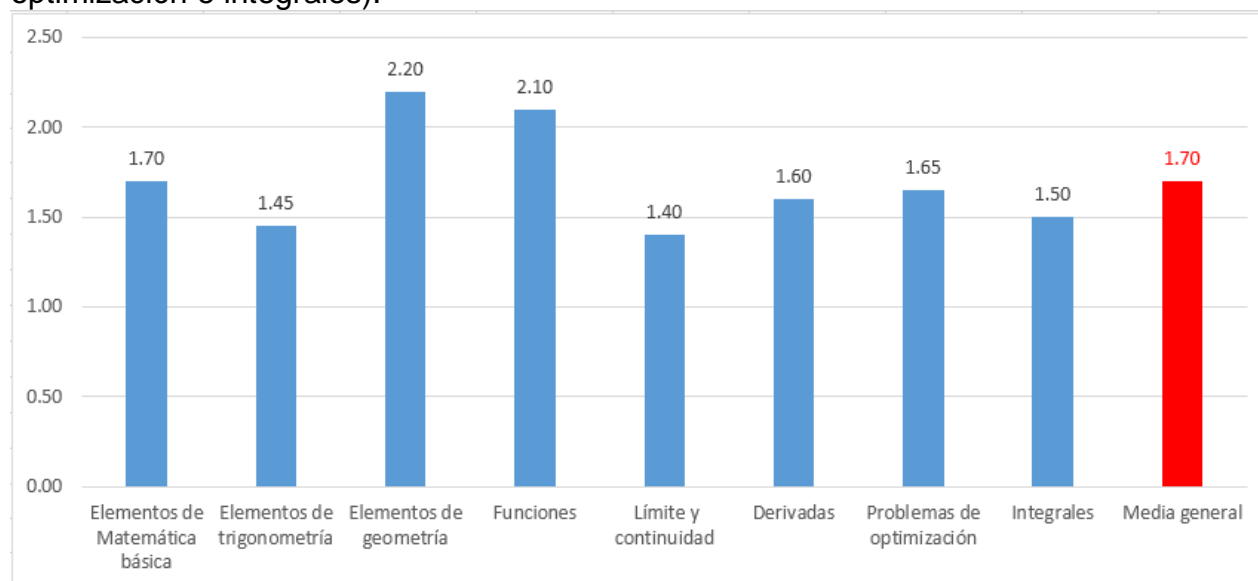


Figura 3. Valoración promedio de los 20 profesores del nivel de reconocimiento explícito de la aplicación de los contenidos de CDI en el desarrollo de las asignaturas ingenieriles [Fuente: elaboración de los autores].

Respecto al trabajo metodológico que deben realizar los colectivos de las disciplinas del ejercicio de la profesión y el colectivo de la carrera de Ingeniería Civil, para organizar el trabajo docente y controlar el desarrollo de la dinámica interdisciplinar, la mayoría de los encuestados consideró que se realiza un buen trabajo metodológico, pero este no se focaliza en la necesidad de revelar el uso de la Matemática en las clases.

Particularmente, ellos consideraron que sí es necesario revelar este uso, pero reconocieron que no acostumbran a hacerlo, tal vez por considerar que es evidente este sustento matemático. Sin embargo, coinciden en que los estudiantes no lo han estado apreciando y que están dispuestos a aplicar los resultados de la presente investigación para mejorar la situación que hasta ahora pensaban era responsabilidad solamente de los profesores de Matemática.

A partir del estudio realizado, el que profundizó en el empleo que hicieron del contenido nodal en sus clases, tanto los profesores de Matemática para Ingeniería Civil, como los de las asignaturas ingenieriles, se pudo concluir que dicho contenido no se utilizó suficientemente y que esta situación no fue objeto de análisis en las reuniones

metodológicas de la carrera, ni en el colectivo de Matemática. Esto trajo como consecuencia que la generalidad de los estudiantes del primer año de Ingeniería Civil no se interesase por el estudio del Cálculo Diferencial e Integral y no comprendieran los nexos existentes entre los contenidos de este y los problemas proyectivo-estructurales de la Ingeniería Civil, es decir, no se propició que los estudiantes pudieran apreciar las funcionalidades proyectivo-estructurales del Cálculo Diferencial e Integral, al no realizar un adecuado trabajo interdisciplinar. A pesar de ello, hubo buena voluntad en ambos colectivos docentes para transformar esa situación.

Mediante la triangulación de la información gestionada a partir de los diferentes métodos e instrumentos utilizados, y al tener en cuenta la observación de la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en la UO, centrada en lo proyectivo-estructural de la IC, pudo concluirse que la referida dinámica se desarrolló de manera tradicional, en la que los métodos, formas organizativas, medios didácticos y formas evaluativas no propiciaron un carácter activo y desarrollador de la referida dinámica. Todo ello permitió evidenciar la necesidad de transformar la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral centrada en lo proyectivo-estructural de la Ingeniería Civil, así como la conveniencia de utilizar, desde una perspectiva interdisciplinar, la matriz de articulación del contenido nodal para potenciar la formación de competencias de la aplicación del Cálculo Diferencial e Integral a la resolución de problemas proyectivo-estructurales.

DISCUSIÓN

La matriz de articulación del contenido nodal facilita la conexión interdisciplinar desde la estructura temática de cada una de las asignaturas ingenieriles y del Cálculo Diferencial e Integral en su conjunto, la que se apoya a su vez en la estructuración previa de su contenido, permitiendo potenciar el modo de actuación proyectivo-estructural del Ingeniero Civil, desde los contenidos del Cálculo Diferencial e Integral.

La literatura resumida en la Tabla 1 puede servir de base para profundizar en aspectos que contribuyan a perfeccionar la matriz aportada. Además, en Iglesias, Alonso y Gorina (2018) se fundamenta un modelo de la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en la carrera Ingeniería Civil y en Iglesias (2018) se propuso una estrategia didáctica para orientar la referida dinámica.

A su vez, en Iglesias (2018) se brinda evidencia empírica de las ventajas que aportó la aplicación de esta matriz de articulación del contenido nodal en los años primero y segundo de la carrera de Ingeniería Civil. Se utilizó para ello un cuasi experimento pedagógico, llegando a que, si bien no se resolvieron todas las insuficiencias que se manifiestan en el aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral por los estudiantes de esa carrera, sí se observaron transformaciones cualitativas significativas. La introducción de la matriz de articulación del contenido nodal desde el año 2017 ha evidenciado transformaciones cualitativas y cuantitativas en el aprendizaje de los estudiantes y en la calidad de las clases que desarrollan los profesores de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente (Iglesias, 2018).

Si bien la matriz de articulación del contenido nodal resulta provechosa para perfeccionar la dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en la carrera Ingeniería Civil, se tiene plena conciencia de que su estructuración y fundamentación son perfectibles. Es por ello que se invita a los investigadores interesados a enriquecerla a partir de analizar nuevos vínculos que permitan determinar otros nodos, utilizar otros métodos y realizar aplicaciones a otras carreras.

También se sugiere construir estrategias curriculares que, a partir de los nodos de articulación interdisciplinar establecidos, o de otros que se adicionen posteriormente, faciliten la organización y dirección de las asignaturas en el proceso formativo, así como sistemas de problemas que vinculen el contenido del Cálculo Diferencial e Integral a la Ingeniería Civil.

CONCLUSIONES

Se logró elaborar una matriz de articulación del contenido nodal, concebida para perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera de Ingeniería Civil, al vincular los contenidos de las asignaturas ingenieriles con los del Cálculo Diferencial e Integral.

Se evidenció la necesidad de transformar la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral centrada en lo proyectivo-estructural de la Ingeniería Civil, así como de utilizar, desde una perspectiva interdisciplinar, la matriz de articulación del contenido nodal para perfeccionar dicho proceso, como base para la formación de competencias de aplicación del Cálculo Diferencial e Integral a la resolución de problemas proyectivo-estructurales.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, por haber financiado el proyecto de investigación universitario «La gestión del conocimiento en función del desarrollo local sostenible», en cuyo marco se llevó a cabo la presente investigación. Así como a los especialistas encuestados, a los miembros del Grupo de Investigación Didáctica de la Matemática y la Computación (GIDMAC), que contribuyó con la obtención y revisión de los resultados y a todos aquellos que apoyaron en la validación de la matriz de articulación del contenido nodal y que posibilitaron aplicar estos resultados investigativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arguedas, J., Coto, M. & Trejos, J. (2010). Propuesta para la enseñanza del Cálculo utilizando las TICs como recurso didáctico en el curso MA-1210. Recuperado de: http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema01/62/archivos/PCC_CB_01_2010.pdf.

Cruz, M. (2009). El método Delphi en las investigaciones educacionales. La Habana: Editorial Academia.

Godino, J. et al. (2003). Estrategias generales y estrategias aritméticas en la resolución de problemas combinatorios. *Revista Educación matemática*, 15(2), 5-26.

Iglesias, N. (2018). *Dinámica interdisciplinar del Cálculo Diferencial e Integral centrada en lo proyectivo-estructural de la Ingeniería Civil*. (Tesis doctoral). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Iglesias, N., Alonso, I. & Gorina, A. (2018). La dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en la carrera Ingeniería Civil. *Revista Transformación*, 14 (2), 214-225.

- Iglesias, N., Alonso, I. & Gorina, 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.
- Iglesias, N. & Alonso, I. (2017). Estudio exploratorio sobre la importancia de la matemática para la carrera de ingeniería civil en la Universidad de Oriente. *Revista Formación y Calidad Educativa*, 5(1), 45-62.
- Irazoque, E. & Medina, A. (2014). Aplicación de un diseño curricular modular para la enseñanza del cálculo diferencial. Extraído de: <http://www.scielo.cl/scielo.php?>
- MES (2017). Plan de estudio E para la carrera de Ingeniería Civil. Ministerio de Educación Superior. La Habana, Cuba.
- Molina, A. (2017). La competencia profesional en el ingeniero del nuevo milenio. *Revista Facultad de Ingeniería*, (8), 65-71. Extraído: <https://public.slidesharecdn.com/favicon.ico?d8e2a4ed15>
- Morales, J. & Peña, L. (2013). Propuesta metodológica para la enseñanza del cálculo en ingeniería, basada en la modelación matemática. Extraído de: <bem.semur.edu.uy/7/actas/pdfs/942.pdf>
- Ramírez, M. (2012). Objetivo del proyectista estructural. *Arquitectura 21*, (equipo de redacción). Extraído de: <http://www.arquitectura21.com/2012/03/objetivo-del-proyectista-estructural.html>
- Serna, E. (2014). Lógica y abstracción en la formación de ingenieros: una relación necesaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(2), 299-310. Extraído de: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/14057743/15/2>
- 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 (Número especial), 397-424.
- Zúñiga, L. (2006). El cálculo en carreras de ingeniería: un estudio cognitivo. Extraído de <http://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v10n1/v10n1a7.pdf>

