

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CÁLCULO INFINITESIMAL EN LAS CARRERAS DE INGENIERÍA

ESTRATEGIA PARA LA ENSEÑANZA DEL CÁLCULO INFINITESIMAL EN CARRERAS DE INGENIERÍA

AUTORES: Jorge Manuel Ríos Obregón¹

Regla María Bernal Gutiérrez²

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: jorge.rios@ikiam.edu.ec

Fecha de recepción: 10 - 05 - 2020

Fecha de aceptación: 26 - 07 - 2020

RESUMEN

Dada la necesidad de la mejora continua del proceso de enseñanza aprendizaje se propone una estrategia didáctica para el perfeccionamiento de la enseñanza del cálculo infinitesimal en las carreras de ingeniería la cual permitirá que los estudiantes logren una adecuada preparación en esta disciplina matemática. La estrategia se sustentada en un modelo para la dinámica del proceso de enseñanza aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería centrado en la sistematización formativa que dinamiza la contradicción entre la lógica formal del Cálculo Infinitesimal y la lógica de apropiación de nuevos contenidos.

PALABRAS CLAVE: Matemática; didáctica; enseñanza aprendizaje; estrategia de enseñanza.

DIDACTIC STRATEGY FOR THE TEACHING OF INFINITESIMAL CALCULUS IN ENGINEERING CAREERS

ABSTRACT

Given the need for continuous improvement of the teaching-learning process, a didactic strategy is proposed for the improvement of the teaching of infinitesimal calculus in engineering careers which will allow students to achieve adequate preparation in this mathematical discipline. The strategy is based on a model for the dynamics of the Infinitesimal Calculus teaching-learning process in engineering careers focused on formative systematization

¹ Licenciado en Matemática por la Universidad de Oriente (Cuba), Doctor en Ciencias pedagógicas por la Universidad de Oriente (Cuba) y Master en Matemática Aplicada por la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (Cuba). Profesor a Tiempo Completo. Titular Agregado 1. Universidad Regional Amazónica. Ecuador.

² Ingeniera Química, por la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (Cuba), Master en Eficiencia Energética, por la Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Master en Nuevas Tecnologías para la Educación, por la Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez. Profesor a Tiempo Completo. Ocasional. Universidad Estatal Amazónica. Ecuador. E-mail: reglabernal2@gmail.com

that dynamizes the contradiction between the formal logic of Infinitesimal Calculus and the logic of appropriation of new contents.

KEYWORDS: Mathematic; didactic; teaching-learning; teaching strategy.

INTRODUCCIÓN

La Educación Superior tiene como misión formar ingenieros con sólidas bases que le permitan una adecuada concepción científica del mundo, lo cual demanda una correcta construcción del conocimiento matemático. Para la formación de los futuros profesionales se ha de tener en cuenta el Cálculo Infinitesimal ya que constituye sustento de las asignaturas del ejercicio de la profesión y los estudiantes la necesitan como herramienta de trabajo para dar solución a los problemas que se presentan en el transcurso de la carrera.

Autores como Diéguez (2001), Carmona y Jaramillo (2010), Faustino (2014), Torrecilla (2015), Lagos (2017), Bagué (2017) y Fernández (2017) coinciden en la necesidad del fortalecimiento de la formación matemática. Otros investigadores aportan aspectos relevantes para la formación matemática. Garelik (2008), la reinversión del pensamiento abstracto en la enseñanza aprendizaje de la matemática; Godino (2011), indicadores de didáctica para el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática.

En la literatura se encuentran los trabajos de Ugalde, J. (1998), quien modela la lógica de actuación del profesional en una asignatura básica y obtiene como resultado un modelo didáctico de actuación profesional en la Matemática que destaca aspectos básicos del Cálculo Infinitesimal. También los de Diéguez, R. (2001), que propone un modelo del proceso de solución de problemas matemáticos contextualizados en la Matemática Básica para la carrera de Agronomía, el cual sustenta una metodología para el desarrollo del proceso formativo de la asignatura en cuestión y que hace énfasis en las particularidades del método de solución en dependencia de la aplicación del resultado.

Todos estos resultados evidencian importantes pasos de avance en el perfeccionamiento del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal en diferentes carreras de ingeniería. Sin embargo, se ha podido constatar que en los Centros de Educación Superior de Cuba aún existen dificultades en la formación en Cálculo Infinitesimal que limitan a los estudiantes de ingeniería en la solución de problemas profesionales.

Los autores (García, G. 1998), (Delgado, J. 1999), (Soler, L. 2003), (Andonegui, M. 2005), (Pérez, R. 2005), (Laffita, 2007) y (Escalona, M. 2013) realizan aportes significativos en torno a la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal y admiten que la sistematización constituye un recurso viable para alcanzar una clara visión de la unidad que pueda existir entre los diferentes significados de un objeto matemático, pero no connotan suficientemente el significado operacional del Cálculo Infinitesimal para el cálculo de magnitudes en ingeniería.

Los autores (Ríos, J. et al 2017) proponen un “Modelo para la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería centrado en la sistematización formativa” que permite el tratamiento pedagógico de los objetos matemáticos y su aplicación a la solución de los problemas relacionados con la práctica profesional del ingeniero. Este modelo se sustenta en dos relaciones dialécticas esenciales; una, la relación dialéctica entre la Formalización Matemática de Relaciones Espacio Temporales y la Representación Visual del Cálculo Infinitesimal; la otra, la relación dialéctica entre la Aplicación Ingenieril de Recursos Teóricos del Cálculo Infinitesimal y la Aplicación de Recursos Tecnológicos de la Matemática.

Las anteriores consideraciones y limitaciones enunciadas permitieron definir como objetivo de la presente investigación, la elaboración de una estrategia didáctica para la formación en Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería sustentada en un modelo de la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para dichas carreras.

DESARROLLO

El desarrollo de la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería se materializa mediante una estrategia formativa que, como constructo praxiológico estructurado a partir de acciones organizadas, permite definir y concretar los objetivos adecuados a esta formación, en estudiantes de ingeniería, desde una concepción holística.

Fundamentos teóricos de la estrategia didáctica para el perfeccionamiento de la enseñanza del cálculo infinitesimal en las carreras de ingeniería

La estrategia didáctica (Figura 1) que se propone es una abstracción teórica de la realidad que se fundamenta en el “Modelo para la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería centrado en la sistematización formativa” (Ríos, Bernal, & Morell 2017)

Basado en lo anterior podemos afirmar que la misma se configura teniendo en cuenta el carácter lógico e integrador de la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” que, como síntesis de procesos de construcción y aplicación de recursos del Cálculo, conduce a la “formación analítica en Cálculo Infinitesimal” y al “cálculo de magnitudes físicas” como expresión de la relación entre las dimensiones analítica infinitesimal del Cálculo para ingenieros y sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal.

Las carreras de ingeniería proyectan, ejecutan y controlan las prácticas culturales, expresadas a través de la resolución de ejercicios de cálculo de magnitudes físicas, para desarrollar esa práctica ingenieril a través de la conjugación de los objetivos formativos que tiene para el cumplimiento de su encargo social y los intereses formativos individuales de sus estudiantes; cuyo resultado es la conformación y desarrollo de un estudiante de ingeniería acorde a las exigencias sociales.

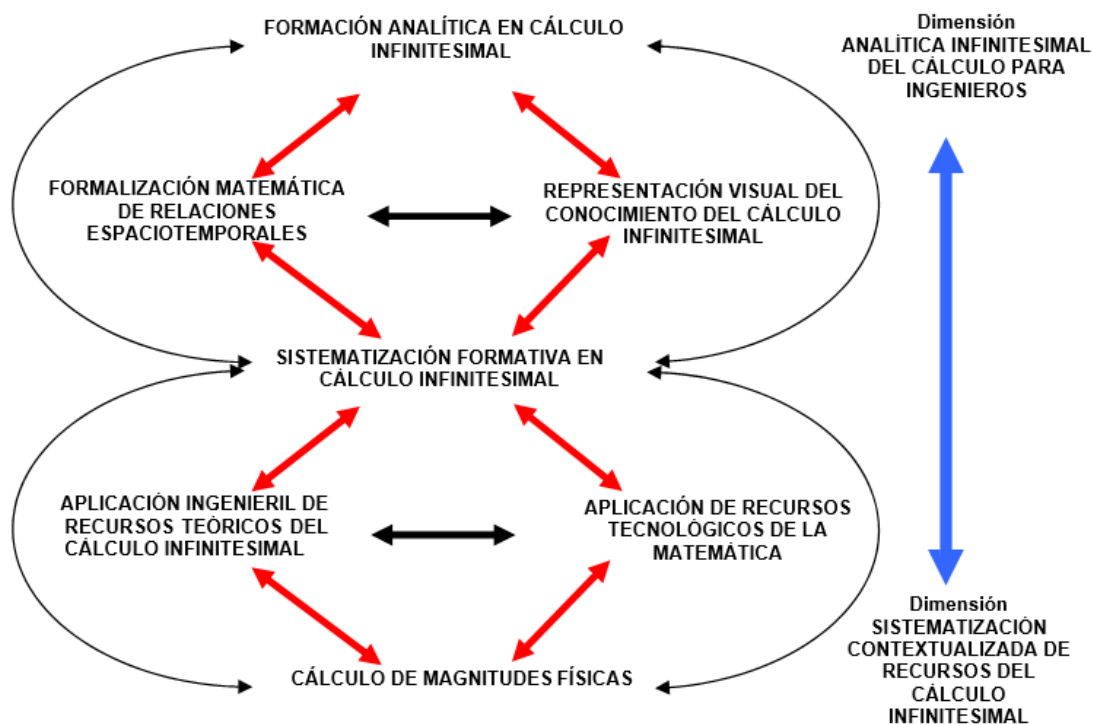


Figura 1. Modelo para la dinámica del proceso de enseñanza aprendizaje del cálculo infinitesimal en las carreras de ingeniería centrado en la sistematización formativa

Este complejo proceso hace que la estrategia didáctica en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería se configure en cuatro niveles: esencialidad, estratégico, concreción y evaluación.

Estos niveles expresan la regularidad del modelo para la dinámica del proceso de enseñanza aprendizaje del Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería centrado en la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal el cual conduce a dinamizar la relación entre la lógica formal del Cálculo Infinitesimal y la lógica de apropiación de nuevos contenidos.

Para la elaboración de la estrategia se tiene en cuenta el carácter dialéctico y contradictorio entre los diferentes niveles, lo que justifica una estrategia activa, contextualizada, flexible y que tenga en cuenta lo social e individual del proceso formativo y sus relaciones. Cada nivel está conformado por procedimientos que concretan en la práctica las configuraciones y las relaciones entre configuraciones del modelo. Se diseñan los procedimientos para el cumplimiento y perfeccionamiento del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería en su relación con el entorno social, condición indispensable para propiciar la apropiación de la cultura ingenieril desde la perspectiva matemática, y responder así a las demandas sociales.

Estructura de la estrategia didáctica para el perfeccionamiento de la enseñanza del cálculo infinitesimal en las carreras de ingeniería

El nivel de esencialidad tiene como objetivo determinar el estado actual y el estado deseado para la estrategia didáctica en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería.

El estado actual constituye el nivel de conocimientos de los estudiantes el cual se precisa a través de un diagnóstico al inicio de la asignatura y al inicio de cada tema para poder valorar los cambios que se dan en los conocimientos de los estudiantes luego de cada período que se evalúe la estrategia.

Las investigaciones didácticas, emplean diseños experimentales donde se combinan metodologías cualitativas y cuantitativas para diagnosticar el estado inicial de los estudiantes. Por tal razón, se recomienda el uso de alguna de estas variantes, con el objetivo de conocer el estado inicial de los estudiantes y de detectar sus potencialidades y dificultades. Ellas deben medir conocimientos precedentes de geometría tales como: cálculo de área de objetos geométricos del plano, cálculo de área total y volumen de objetos geométricos del espacio; y del análisis de funciones: dominio de definición y operaciones de funciones racionales y trascendentes, así con gráfica de funciones elementales.

El estado deseado tiene como objetivo establecer los requerimientos para la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal que, a través del cálculo de magnitudes físicas, logre la apropiación del contenido del Cálculo Infinitesimal en relación con su aplicación a la solución de problemas matemáticos relacionados con la práctica profesional.

La singularización de este nivel está en correspondencia con el estado actual y el estado deseado de la formación en Cálculo Infinitesimal para la carrera de ingeniería, que prevean tanto la realidad actual como los contextos futuros. El estado actual y el deseado, en este primer nivel, constituyen dos fundamentos esenciales para el logro del objetivo de la estrategia didáctica y desde ellos se determina un eje vertical que direcciona y una síntesis dinamizadora a través de la cual fluye el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería: la formación analítica en Cálculo Infinitesimal, la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal y el cálculo de magnitudes físicas.

Este nivel de la estrategia establece los requerimientos necesarios para la elaboración y aplicación de las acciones que conducen a la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería, por tanto, han de ser concebidos de acuerdo a una lógica donde la “formación analítica del Cálculo Infinitesimal para ingenieros”, la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” y el “cálculo de magnitudes físicas” conduzcan a niveles superiores en lo formativo ingenieril y lo formativo matemático.

La interpretación desde lo holístico configuracional permite comprender una relación dialéctica entre el estado actual y el estado deseado de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería y de esta interrelación dinamizadora emergen como síntesis la “formación analítica en Cálculo Infinitesimal” y la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” (Figura 2)

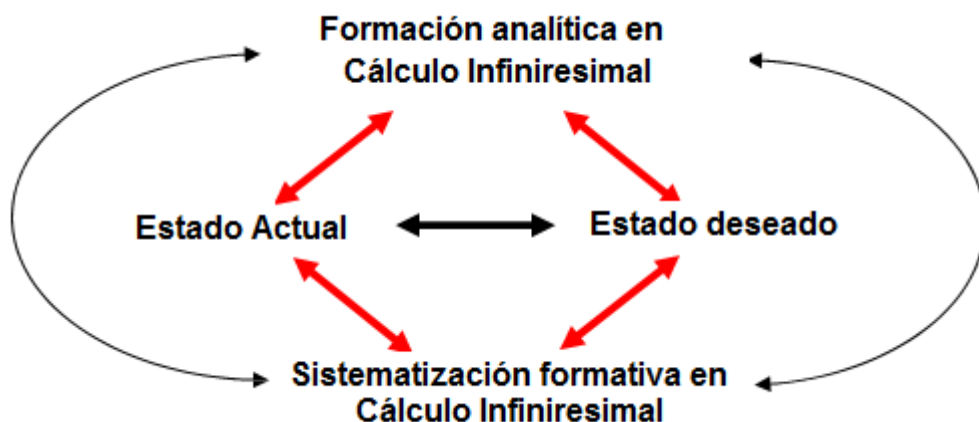


Figura 2. Nivel de esencialidad de la estrategia didáctica en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería.

El nivel estratégico tiene como objetivo proyectar e implementar el objetivo de la estrategia didáctica teniendo en cuenta las necesidades de los estudiantes de ingeniería y la valoración del entorno donde se aplica en correspondencia con las relaciones y regularidad del modelo propuesto. (Figura 3)

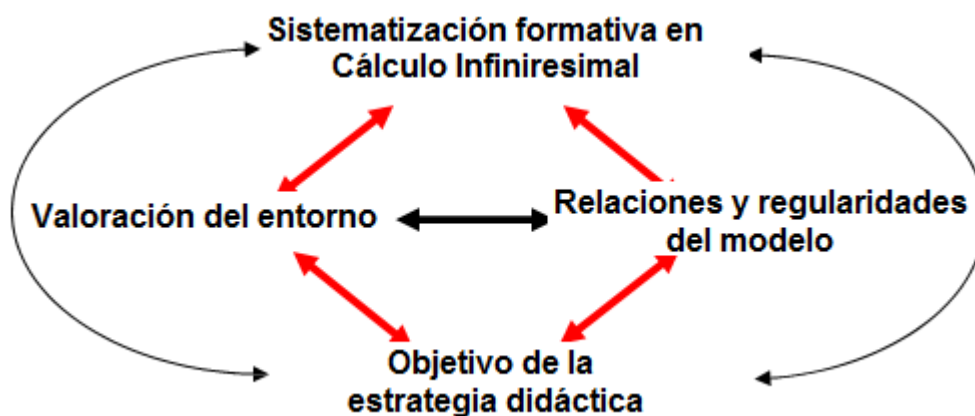


Figura 3. Nivel estratégico de la estrategia didáctica en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería.

Este nivel estratégico se configura a partir de la relación contradictoria entre la valoración del entorno donde se aplica la estrategia didáctica y las relaciones y regularidades del modelo.

En esta contradicción se expresa la relación entre lo general y lo contextual en tanto el modelo –lo general– es portador de los rasgos más generales del movimiento y transformación de la dinámica del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería que se corresponde con un

proceso que sustenta la formación de las capacidades transformadoras de los estudiantes desde la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal”, y la valoración del entorno –lo contextual- que posibilita la apropiación del contenido desde el cálculo de magnitudes físicas, propio de las carreras de ingeniería.

Entonces esta relación dialéctica se sintetiza en la cualidad expresada en el objetivo de la estrategia didáctica, el que por su alcance es condicionado y a su vez condiciona la estrategia didáctica en Cálculo Infinitesimal en las carreras de ingeniería, como referente esencial y obligado.

Por otra parte, se revela la sistematización en el Cálculo Infinitesimal como síntesis de la relación entre la valoración del entorno y las relaciones y regularidades del modelo; y, además, eje integrador de la formación del ingeniero con un propósito y un camino definido. El propósito está expresado en la “formación analítica en Cálculo Infinitesimal” y la vía, en la “el cálculo de magnitudes físicas”; aspectos que fueron teóricamente concebidos en el modelo.

La finalidad de la valoración del entorno es definir las condiciones que impone ese contexto, así como las limitaciones, potencialidades y posibilidades de prever los cambios y reaccionar, ante ellos, en el logro del objetivo de la estrategia con relación a la formación en Cálculo Infinitesimal de los estudiantes de ingeniería. Para ello es necesario desarrollar un análisis exhaustivo que tenga en cuenta, entre otros elementos, los siguientes aspectos:

- Características que tipifica a la carrera de ingeniería y a sus estudiantes.
- Problemas matemáticos que guardan relación con la práctica profesional del ingeniero que se forma.
- Competencias de los estudiantes para la formalización matemática de relaciones espaciotemporales y su representación.
- Posibilidades reales de infraestructura tecnológica que permita la aplicación de recursos tecnológicos de la matemática tales como asistentes matemáticos u otros.

Este estudio resulta una condición previa importante para el desarrollo del proceso de sistematización formativa del Cálculo Infinitesimal.

El objetivo de la estrategia didáctica es orientar el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería hacia el logro de una dinámica contextualizada en la que la formación analítica infinitesimal y la sistematización contextualizada de sus recursos teóricos constituyen sus procesos esenciales.

El objetivo se alcanza a través de un desarrollo coherente entre los subprocesos, sus orientaciones pedagógicas y acciones específicas; promoviendo y dinamizando la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal en las carreras de Ingeniería, lo cual conduce al tercer nivel de concreción de la estrategia propuesta.

El nivel de concreción comprende a los subprocesos que tienen relación directa con las dimensiones formación analítica infinitesimal y sistematización contextualizada de recursos del Cálculo Infinitesimal. Su propósito es establecer los objetivos específicos para cada subproceso, en correspondencia con el objetivo general de la estrategia didáctica. A su vez, las relaciones tienen correspondencia directa con las relaciones dialécticas del modelo y estas, a través de las orientaciones pedagógicas, determinan las acciones a seguir en cada subproceso. Las orientaciones pedagógicas y las acciones específicas para cada subproceso en relación con el modelo tributan a la intencionalidad formativa. (Figura 4)



Figura 4. Nivel de concreción de la estrategia didáctica en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería.

Sin perder su esencialidad cultural desde el reconocimiento del entorno, la concreción alcanzada en este nivel se expresa mediante orientaciones pedagógicas en relación con cada subproceso identificado, las que permiten reconocer acciones específicas sustentadas en las configuraciones o relaciones entre configuraciones del modelo.

Las orientaciones pedagógicas son aspectos encaminados a la ejecución de los subprocesos y posibilitan el logro y la calidad de las acciones. Por otra parte, ellas se interrelacionan de manera que propician una coherencia de todo el proceso al regular acciones que en su relación permiten la integralidad de la formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería, como un todo. Para ello se requiere que las orientaciones pedagógicas en cada subproceso se conjuguen con la concepción propia de la carrera, condicionando entonces una articulación horizontal.

Es así, que en este nivel se expresa la integración de los subprocesos como síntesis de la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal”, lo que coadyuva a una “formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería”. En tal sentido, la estrategia didáctica contiene dos subprocesos:

El subproceso formación analítica infinitesimal se materializa en las relaciones “formalización matemática de relaciones espaciotemporales”–“representación

visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal” y “formación analítica en Cálculo Infinitesimal”– “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal”.

Conforma también el tercer nivel de concreción de la estrategia, el subproceso sistematización contextualizada, que se materializa en las relaciones “aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal”–“aplicación de recursos tecnológicos de la matemática” y “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal”–“cálculo de magnitudes físicas”.

En la estrategia resulta significativa la “sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal” como constructo esencial dinamizador de los procesos que la conforman, sustentada en sus relaciones dialécticas. Se desarrolla de modo continuo en la medida que orienta y moviliza los esfuerzos para atender de manera particular la formación de los estudiantes de ingeniería y lograr la flexibilidad y trascendencia al solucionar problemas relacionados con la práctica profesional desde la eficiente aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo infinitesimal y la aplicación de recursos tecnológicos de la matemática sustentada en la “formalización matemática de relaciones espaciotemporales” y la representación visual del conocimiento del Cálculo Infinitesimal; por lo que también constituye nexo entre los subprocesos en el tercer nivel de concreción.

Subproceso formación analítica infinitesimal.

Su objetivo específico es realizar una estructuración del contenido, desde una sistematización formativa sustentada en la formalización matemática de relaciones espaciotemporales y su representación visual, que propicie una familiarización con las bases conceptuales y metodológicas del Cálculo Infinitesimal requeridas en la formación como ingeniero.

Este subproceso tiene también un marcado carácter sistemático e integrador que determina la formación en Cálculo Infinitesimal que exige la sociedad en las carreras de ingeniería y por su carácter holístico y dialéctico las acciones en este contexto deben tener en cuenta las siguientes orientaciones pedagógicas:

- Motivar al estudiante hacia la explicación de los significados de los conceptos básicos del tema.
- Inducir la comprensión conceptual por medio de gráficas.
- Establecer los nexos entre los diferentes conceptos del Cálculo Infinitesimal.

Comprende acciones que se concretan en:

- Formalizar matemáticamente los conceptos del Cálculo Infinitesimal y las relaciones entre ellos.
- Demostrar teoremas, propiedades y otros recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal.
- Desarrollar la interpretación geométrica de los conceptos del Cálculo Infinitesimal.

- Establecer los conceptos matemáticos como expresión de los modelos de los objetos de medición.
- Estimular la observación de la relación entre las características de los modelos de los objetos de medición y el procedimiento operacional que se utiliza para cuantificar la magnitud.
- Propiciar en las prácticas de cálculo, la diferenciación de las relaciones de dependencia entre las características de los modelos de los objetos de medición y el tipo de procedimiento operacional utilizado en su transformación.
- Potenciar la abstracción en las relaciones de dependencia que se diferencian.
- Propiciar que se comparta, confronte y discuta acerca de los elementos esenciales en las relaciones de dependencia diferenciadas; para precisar elementos que orientan la elección de uno u otro procedimiento operatorio en una situación concreta de cálculo.

Subproceso de sistematización contextualizada

Su objetivo específico es realizar una construcción del contenido del Cálculo Infinitesimal desde una realidad profesional en la que se efectúe la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal y el cálculo de magnitudes físicas sustentadas en la aplicación de recursos teóricos y tecnológicos de la matemática.

Por el carácter holístico y dialéctico las acciones en el contexto de formación ingenieril deben tener presente las siguientes orientaciones pedagógicas:

- Identificar y establecer correspondencia entre los objetivos de la carrera, disciplina y asignaturas.
- Facilitar la construcción de significados y sentidos desde los contenidos del Cálculo Infinitesimal, donde los estudiantes desarrollan y hacen suyos los conocimientos, habilidades, valores y valoraciones.
- Seleccionar y organizar, en un orden creciente de dificultad, una familia de ejercicios que será empleada en las actividades de cálculo que desarrollen los estudiantes (Laffita, 2007).

Esta familia de ejercicios se compone de dos subfamilias. La primera de ellas, que llamaremos Subfamilia I, está integrada por ejercicios a resolver mediante la aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal. Estos ejercicios deben estar ordenados a partir de su nivel de dificultad; en un orden creciente que va desde ejercicios cuya resolución ofrece ligera dificultad, hasta ejercicios más difíciles de resolver con aplicaciones de recursos teóricos.

La segunda subfamilia de ejercicios, llamada Subfamilia II, se compone de ejercicios que por las características del modelo del objeto de medición que

se considera resultan muy difíciles de enfrentar sin la aplicación de los asistentes matemáticos, como expresión de recursos tecnológicos de la matemática. Esta subfamilia también debe estar organizada en un orden creciente de dificultad.

En ambas subfamilias de ejercicios, como principal elemento a considerar en el establecimiento del orden creciente de dificultad, se han de tomar las características del modelo del objeto de medición que interviene en el ejercicio. Dentro de estas características se encuentran: naturaleza de al menos una de las variables que intervienen en el modelo (cantidad de valores que asumen estas variables y dominio al cual pertenecen), dominio al cual pertenecen las constantes involucradas en el modelo, número de operaciones aritméticas y de composición que conforman el modelo; entre otras.

- Los mayores niveles de dificultad en la familia de ejercicios seleccionada deben estar en correspondencia con el nivel de profundidad de los objetivos del proceso formativo en Cálculo Infinitesimal.
- Considerar que la selección de los ejercicios está dada por el tipo de carrera en la cual se lleva a cabo el proceso de sistematización. Las magnitudes a cuantificar y los modelos que se utilicen deben corresponderse con aquellos que más se aplican en la actividad profesional.

Comprende acciones que se concretan en:

- Asegurar el nivel de partida para el desarrollo de experiencias previas de cálculo de forma tal que adquieran significado los conceptos y procedimientos.
- Orientar el proceso de solución de ejercicios de la Subfamilia I, que puedan ser fácilmente resueltos por medio de la aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal.
- Dirigir el estudio de los conceptos y procedimientos fundamentales del Cálculo Infinitesimal y del trabajo con un asistente matemático, asociados al tipo de magnitud que se cuantifica y al proceso de su cuantificación.
- Orientar el proceso de solución de ejercicios de la Subfamilia II que puedan ser fácilmente resueltos por medio de la aplicación de asistentes matemáticos.
- Orientar el proceso de solución de ejercicios de la Subfamilia I con la aplicación de asistentes matemáticos y que fueron previamente resueltos por medio de la aplicación ingenieril de recursos teóricos del Cálculo Infinitesimal para establecer la comparación de sus resultados.
- Proponer la solución de ejercicios de las Subfamilias I y II, pero expresados como problemas de cálculo de magnitudes físicas.
- Propiciar análisis individuales y colectivos de las características de los modelos de los objetos de medición que se consideran y la influencia de

estos en la elección de uno u otro procedimiento operatorio.

El nivel de evaluación de la estrategia didáctica en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería (Figura 5.) que tiene como objetivo general el de evaluar la efectividad de la estrategia para el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería a través de indicadores que permiten medir la transformación lograda por los estudiantes.

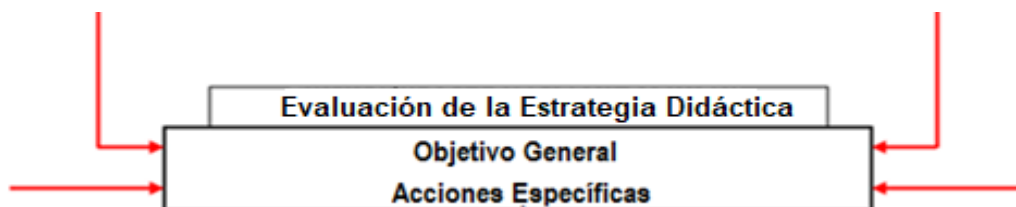


Figura 5. Nivel de evaluación de la estrategia didáctica en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería.

Para dar cumplimiento al objetivo se toman como referentes los criterios de evaluación de la efectividad de la estrategia propuestos por (Fardales, Diéguez, & Puga, 2012) en el artículo titulado “Estrategia didáctica para la formación estadística del profesional de medicina”; así como aspectos en este sentido tratados por (Pérez, 2009) en su tesis doctoral.

Acciones específicas:

- Seleccionar los indicadores para evaluar la efectividad de la aplicación de las acciones comprendidas en la estrategia.
- Establecer la escala de valores para evaluar los indicadores seleccionados.
- Elaborar instrumentos de medición teniendo en cuenta los indicadores establecidos.
- Aplicar los instrumentos.
- Interpretar los resultados obtenidos.
- Valorar la existencia de avances significativos en el desarrollo del proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería.

Para evaluar la efectividad de las acciones de la etapa anterior se proponen dos dimensiones, estructuradas a partir de tres indicadores evaluados en una escala de medición ordinal (desde la categoría valorativa muy bajo (1) hasta la categoría muy alto (5). Se asume una relación lineal entre cada dimensión y sus indicadores donde el valor de cada una de ellas es el resultado de promediar el valor de sus respectivos indicadores. Como instrumento de medición para la recolección de las evidencias empíricas se propone una guía de observación del producto de la actividad de los estudiantes durante el desarrollo de las actividades prácticas.

- Apropiación de las bases conceptuales y metodológicas del Cálculo Infinitesimal requeridas en la formación de ingenieros.

- ✓ Lenguaje matemático: Uso de un lenguaje oral y escrito que sea claro y preciso.
- ✓ Comprensión del contenido: Empleo de propiedades y características matemáticas de magnitudes en las variantes formal, gráfica y verbal; que le permita la descripción e interpretación de los diferentes fenómenos y procesos relacionados con la ingeniería.
- ✓ Independencia cognitiva: Desarrollo de estrategias de aprendizaje que le permita utilizar conscientemente sus propios mediadores en este proceso, dirigidos a formar sólidas estructuras mentales, flexibles, integradas y generalizadas a las que pueda acceder rápidamente.
- Construcción del contenido del Cálculo Infinitesimal desde una realidad profesional.
 - ✓ Estructuración metodológica: Determinación de los recursos requeridos para la solución de problemas relacionados con la práctica ingenieril.
 - ✓ Ejecución procedimental: Aplicación de procedimientos adecuados a los recursos seleccionados para la resolución del problema.
 - ✓ Proceder reflexivo: Inferencia e interpretación de resultados a partir del modelo matemático utilizado en la resolución de problemas y del recurso tecnológico empleado.

CONCLUSIONES

La estrategia didáctica en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería dinamiza la relación entre la lógica formal del Cálculo Infinitesimal y la lógica de apropiación de nuevos contenidos.

La estrategia formativa propuesta se constituye en instrumento teórico-metodológico para el proceso de formación en Cálculo Infinitesimal para las carreras de ingeniería donde adquiere relevancia la sistematización formativa en Cálculo Infinitesimal que se articula en los subprocesos formación analítica infinitesimal y sistematización contextualizada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andonegui Zabala, M. (2005). El conocimiento matemático. Serie: desarrollo del pensamiento matemático, No 1. Federación Internacional Fe y Alegría. Caracas, Venezuela. (En formato digital).
- Fardales, V, Diéguez, R, & Puga, A. (2012). Estrategia didáctica para la formación estadística del profesional de medicina. *PEDAGOGÍA PROFESIONAL*, 12(2).
- Laffita, P. (2007). *Una alternativa para sistematizar las ejecuciones computarizadas y no computarizadas de las habilidades de la matemática superior en una disciplina docente*. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias. Santiago de Cuba.
- Pérez, E. (2009). *Sistematización lógica del contenido en la dinámica del proceso enseñanza aprendizaje de la matemática general*. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran". Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.

Ríos, J. , Bernal, R. , & Morell , L. (2017). Modelo para la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo infinitesimal en las carreras de ingeniería centrado en la sistematización formativa. *REVISTA DIDASC@LIA: DIDÁCTICA y EDUCACIÓN*. ISSN 2224-2643, 8(2), 49-64.

Ugalde, J. (1998). El proceso de enseñanza de la matemática I en las carreras de ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Centro de Estudios de Educación Superior "Manuel F. Gran". Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.

Soler Leyva, G. (2003). Propuesta de sistema de habilidades de la asignatura Matemática I para la carrera de Agronomía de la facultad Agroforestal del Centro Universitario de Guantánamo. Tesis en opción al grado científico de Máster. Guantánamo.