

**REPÚBLICA DE CUBA**  
**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS PEDAGÓGICAS**

**“ENRIQUE JOSÉ VARONA”**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS**

**DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA-FÍSICA**

Alternativa didáctica para contribuir a la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas

**Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en**  
**Ciencias de la Educación**

Autor: M.Sc. Amilcar Rojas Taño

La Habana

2022



**REPÚBLICA DE CUBA**  
**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS PEDAGÓGICAS**

**“ENRIQUE JOSÉ VARONA”**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS**

**DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA-FÍSICA**

Alternativa didáctica para contribuir a la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas

**Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en**  
**Ciencias de la Educación**

Autor: M.Sc. Amilcar Rojas Taño

TUTORES:

Dr. C. José Benito Rodríguez Sosa

Dr. C. Magaly Cejas Negreira

La Habana

2022

## **AGRADECIMIENTOS**

*Muchos han sido partícipes de esta investigación que sin su apoyo y dedicación no hubiera sido posible la realización de este trabajo. A ellos mi eterno agradecimiento:*

- *A la Revolución Cubana por haberme dado la posibilidad de estudiar y superarme.*
- *A mis tutores Dr. C. José Benito Rodríguez Sosa y Dr. C. Magaly Cejas Negreira por su valiosa ayuda y colaboración incondicional.*
- *Al colectivo de profesores del Programa de Doctorado de la Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona", por los conocimientos, la dedicación y la entrega.*
- *A la Universidad de las Ciencias Informáticas y en especial a los profesores de Matemática, que comparten conmigo el deseo de hacer una educación más cercana a lo que necesita nuestra sociedad.*
- *A los miembros del tribunal del acto de la predefensa por sus oportunas sugerencias.*
- *A mi adorable familia: mis padres, por incentivar me a ser lo que soy hoy, reflejo del ejemplo que siempre me han dado, por su constante apoyo en cada etapa de mi vida, mi hermano y mis hijos quienes también estuvieron a mí lado en este empeño.*
- *A mis amigos, por apoyarme en todo momento.*
- *A todos los que de una forma u otra han contribuido a este éxito, les doy las gracias.*

## DEDICATORIA

*Este trabajo lo dedico a mis hijos Jonathan Rojas Romero y Lisett Rojas Orta porque son mi principal motivación y fuerza en este proceso doctoral.*

*A mis padres por sus enseñanzas durante toda la vida.*

*A mi hermano por la compañía y confianza que ha depositado en mí.*

*A todos mis profesores que han contribuido a mi formación.*

## SÍNTESIS

En esta investigación se presenta una alternativa didáctica para contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas mediante el empleo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y la resolución de problemas vinculados a la especialidad, la cual fue sometida a la consulta de especialistas y se implementó en la práctica en un grupo de Curso por Encuentro (CpE).

Con esta investigación se contribuye a:

- la teoría de la Didáctica de la Matemática en la Educación Superior con el empleo de las TIC, al develar cómo se potencian las relaciones entre los componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) del cálculo diferencial e integral con el trabajo en el Entorno Virtual de Enseñanza Aprendizaje (EVEA), en función de la significatividad del aprendizaje de estos temas en los estudiantes de la Ingeniería en Ciencias Informáticas.
- la práctica, pues se ofrece a los profesores una forma diferente de trabajo para la estructuración del PEA del cálculo diferencial e integral empleando las TIC y la resolución de problemas vinculados con la especialidad.

## ÍNDICE

	Pág.	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	1	
<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS</b>	11
	DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	
	DEL CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL EN LA	
	FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CIENCIAS	
	INFORMÁTICAS	
1.1-	Surgimiento del cálculo diferencial e integral.	11
	Evolución histórica.	
1.1.1-	Tendencias en el desarrollo del proceso de	20
	enseñanza-aprendizaje del cálculo	
	diferencial e integral.	
1.1.2-	Importancia del cálculo diferencial e integral	31
	en la formación de Ingenieros en Ciencias	
	Informáticas.	
1.2-	Aprendizaje significativo. Significatividad según el	36
	aprendizaje desarrollador.	
1.3-	Utilización de las tecnologías de la información y	48
	las comunicaciones y la resolución de problemas	
	de la especialidad en función de la significatividad	
	del aprendizaje en la formación de Ingenieros en	

Ciencias Informáticas.

<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS INFORMÁTICAS</b>	<b>64</b>
	2.1- Definición de la variable en estudio. Dimensiones, subdimensiones e indicadores.	64
	2.1.1- Caracterización del estado actual del proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la Ingeniería en Ciencias Informáticas.	68
	2.2- Presentación de la alternativa didáctica para contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la Ingeniería en Ciencias Informáticas.	70
	2.3- Valoración de los resultados de la implementación de la alternativa didáctica.	105
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>112</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>114</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## INTRODUCCIÓN

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) surge en el año 2002, a partir de una idea del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz, con el objetivo de que se llegara a convertir en una universidad de excelencia caracterizada por ser una institución experimental, educacional y productora en el área de la informática.

Esta universidad se crea con dos misiones:

- a) Formar profesionales comprometidos con su Patria y altamente calificados en la rama de la informática;
- b) Desarrollar aplicaciones y servicios informáticos, a partir de la vinculación estudio-trabajo como modelo de formación y servir de soporte a la industria cubana de la informática. (Colectivos de autores Plan de Estudio “E”, 2019, p. 4)

Como parte de este esfuerzo, la UCI ha graduado desde el año 2007, más de 20000 ingenieros, gracias a un trabajo conjunto de profesores y especialistas.

No obstante, los resultados obtenidos no han sido en todos los casos los esperados, el nivel de eficiencia y calidad en su proceso de formación no ha alcanzado los indicadores que se esperaban, en lo que han incidido fundamentalmente los bajos resultados de promoción y retención alcanzados en los primeros años de la carrera.

Para lograr el cumplimiento de las misiones se hace necesario incrementar la calidad en el proceso de formación del profesional y lograr una mayor excelencia en los resultados científico-tecnológicos, expresados en el incremento de la pertinencia, la calidad y el impacto de los productos que se desarrollan en la Universidad.

Estas necesidades se precisan en el Plan de Estudio “E” de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas, en el que se destaca la integración de los procesos



docente, de investigación y de producción de software y servicios informáticos. De esta forma los estudiantes se enfrentan a una práctica profesional en condiciones similares a los entornos laborales en los que se desempeñarán una vez egresados. Lo anterior implica que la carrera esté orientada a la formación de profesionales especializados en el área de la informática, a partir de la investigación, la producción de software y servicios informáticos para la sociedad cubana y para otros países, con altos valores éticos y políticos, portadores de niveles científicos y tecnológicos acordes a los avances actuales y futuros de la informática y especialidades afines, comprometidos con las necesidades, demandas y desarrollo de la nación cubana. Una de las disciplinas imprescindibles en la formación de los ingenieros es la disciplina Matemática, integrada por Álgebra Lineal, Matemática I, Matemática II y Matemática III. A través de estas asignaturas se pretende lograr que:

(...) el futuro Ingeniero en Ciencias Informáticas domine el aparato matemático que lo haga capaz de modelar y analizar los procesos técnicos, económicos, productivos y científicos, utilizando en ello, métodos analíticos o aproximados, desarrollando así los pensamientos: lógico, heurístico y el algorítmico. (Cuellar et al., 2019, p. 69)

Las asignaturas Matemática II y III incluyen el cálculo diferencial e integral respectivamente en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas. Su estudio es esencial para la formación del ingeniero, por cuanto deben contribuir al desarrollo de su pensamiento lógico y algorítmico, desarrollar su capacidad de resolver problemas y procesos reales, así como deben contribuir a su preparación en el empleo de la computación, mediante la utilización de asistentes matemáticos para realizar cálculos simbólicos, numéricos y gráficos.

Los programas analíticos de ambas asignaturas juegan un papel importante en la búsqueda de solución a los problemas de la profesión que debe enfrentar el ingeniero en su actividad laboral.

El estudio profundo del Modelo del Profesional, de los Planes de Estudio “D” y “E” de la carrera, del programa de la disciplina Matemática, y de los programas de las asignaturas Matemática I y II, junto a la revisión de informes de análisis de pruebas parciales y finales, informes de controles a clases, entrevistas grupales a estudiantes y entrevistas a profesores de las asignaturas Matemática I y II y directivos de la carrera (Anexo 1) propiciaron detectar dificultades en el PEA del cálculo diferencial e integral, entre las que se destacan:

- Dificultades en la comprensión de los conceptos esenciales del cálculo diferencial e integral, tales como:
  - la derivada de una función en un punto, su interpretación geométrica y física y las reglas de derivación de funciones.
  - la integral definida de una función en un intervalo cerrado, sus aplicaciones fundamentales y los métodos de integración.
- Poco uso de las TIC en las clases de cálculo diferencial e integral y en las actividades que se orientan para el estudio individual.
- No se resuelve la cantidad necesaria de problemas vinculados con la especialidad.
- Los estudiantes no demuestran el interés necesario por el estudio de estos temas ni por las aplicaciones que tienen en la vida cotidiana y en su especialidad.
- Los estudiantes no aprecian el valor que tienen estos temas en su formación como ingenieros informáticos y en el reforzamiento de rasgos de la personalidad

como, por ejemplo, la perseverancia y la responsabilidad, así como en el desarrollo del pensamiento lógico.

Es así que se evidencian dificultades en la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en los estudiantes, lo que conduce a la formulación de la **situación problemática**: “Resulta poco significativo el aprendizaje del cálculo diferencial e integral para los estudiantes de la Ingeniería en Ciencias Informáticas”.

Se releva así la **contradicción fundamental** entre la poca significatividad del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas y las exigencias del programa de la disciplina Matemática sobre el aprendizaje del cálculo diferencial e integral.

Investigaciones que dan cuenta de dificultades en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en diversas carreras universitarias han realizado importantes aportes para tratar de revertir la situación, por lo que constituyen referentes para el desarrollo de esta investigación. Tales son los casos de las realizadas por Rincón et al. (2014), Abreu (2015), Irazoqui (2015) y por Pico, Díaz y Escalona (2017).

Rincón et al. (2014) elaboró una estrategia sobre el aprendizaje activo basado en la técnica de la pregunta en los cursos de cálculo diferencial, especialmente en el área de negocios y ciencias sociales. La propuesta ayuda a mejorar el promedio de calificaciones y a reducir el porcentaje de no aprobados de forma significativa.

Abreu (2015) propuso una estrategia didáctica centrada en la resolución de problemas contextualizados y la integración de las TIC para el perfeccionamiento del PEA del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería Financiera en la Universidad Politécnica del Golfo de México. El trabajo con el asistente matemático wxMaxima, y el espacio virtual de la Universidad promovió un PEA participativo,

reflexivo y contextualizado de manera que mejoraron los resultados docentes. Irazoqui (2015) propuso una innovación curricular en materia de enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial que pasa por la participación decidida de profesores, alumnos y de los directivos de la Universidad.

Pico et al. (2017) elaboraron una alternativa didáctica para favorecer el PEA del cálculo diferencial en la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”, la cual está sustentada por la teoría del aprendizaje significativo, usando el asistente matemático DERIVE. El trabajo estuvo motivado por la necesidad de elevar a niveles superiores la motivación, y capacidades intelectuales para la resolución de ejercicios y problemas de esta temática del currículo de estudio. En ninguno de los casos estudiados, los resultados que proponen estos investigadores son aplicables en su totalidad en la UCI, por lo que se hace necesario buscar una solución a la contradicción descrita anteriormente, lo que conduce a la formulación del **problema científico**:

¿Cómo contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas?

El **objeto de estudio** lo constituye: el PEA del cálculo diferencial e integral en la formación de ingenieros. Se declara como **campo de acción**: la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.

Para encaminar el trabajo hacia la búsqueda de solución al problema científico se propone como **objetivo**: elaborar una alternativa didáctica para el PEA del cálculo diferencial e integral que contribuya a la significatividad de su aprendizaje en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

Para el logro del objetivo propuesto se formularon las siguientes **preguntas científicas**:

- 1- ¿Qué fundamentos teóricos y metodológicos sustentan la elaboración de una alternativa didáctica para propiciar la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas?
- 2- ¿Cuál es el estado actual de la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas?
- 3- ¿De qué manera se deben concebir los componentes del PEA del cálculo diferencial e integral y las relaciones entre estos componentes, en la elaboración de una alternativa didáctica que contribuya a la significatividad del aprendizaje de estos temas en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas?
- 4- ¿Qué resultados se obtienen en la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial a partir de la implementación de la alternativa didáctica propuesta, en un grupo de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas?

Para dar cumplimiento al objetivo se plantean las siguientes tareas **de investigación**:

- 1- Sistematización de los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan la elaboración de una alternativa didáctica para propiciar la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias informáticas.
- 2- Caracterización del estado actual de la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en primer año de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.
- 3- Concepción de los componentes del PEA del cálculo diferencial e integral y las relaciones entre estos componentes para la elaboración de una alternativa

didáctica que contribuya a la significatividad del aprendizaje de estos temas en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

- 4- Valoración de los resultados que se obtienen en la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial a partir de la implementación de la alternativa didáctica propuesta en un grupo de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

Se concibió la realización de una experiencia de implementación de la alternativa didáctica en un grupo de CpE conformado por 17 estudiantes, con el objetivo de perfeccionar la alternativa didáctica a partir de las experiencias que se obtengan y a partir de aquí planificar la realización de un pre-experimento, concebido como un ejercicio exploratorio para comprobar los efectos que produce la implementación de la alternativa didáctica en un grupo del Curso Diurno (CD).

En la investigación se asume el método dialéctico-materialista como método general de la ciencia que permite estudiar el objeto tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, su esencia y fenómeno.

### **Métodos del nivel teórico**

**Histórico-lógico:** se empleó en el estudio del surgimiento del cálculo diferencial e integral y del PEA de estos temas en la formación de ingenieros, sus antecedentes y las tendencias actuales en su tratamiento metodológico.

**Analítico-sintético:** en el estudio del PEA de la disciplina y las relaciones entre sus componentes, para valorar los resultados de las técnicas e instrumentos aplicados, así como en la interpretación de los datos empíricos de la investigación.

**Inductivo-deductivo:** para hacer generalizaciones a partir del conocimiento de las características de situaciones particulares relacionadas con el PEA del cálculo

diferencial e integral y para extraer conclusiones a partir de proposiciones generales en cuanto a las diferentes tendencias para su tratamiento metodológico.

**Análisis documental:** para la consulta y análisis de literatura especializada en el tema de investigación y en el estudio de diferentes documentos normativos e informes relacionados con la carrera y con la Educación Superior en general.

La **generalización:** en las valoraciones sobre diferentes tendencias en el tratamiento del cálculo diferencia e integral.

La **modelación:** en la concepción del PEA del cálculo diferencial e integral en la carrera para contribuir a la significatividad de su aprendizaje en los estudiantes.

**Sistémico estructural funcional:** permitió diseñar la estructura, los componentes de la alternativa didáctica y sus relaciones sistémicas, así como las acciones para propiciar la significatividad del aprendizaje.

**Sistematización:** permitió conformar el sustento teórico-metodológico que propició la elaboración de la alternativa didáctica.

### **Métodos empíricos**

**Observación:** para dar seguimiento a las particularidades del PEA del cálculo diferencial e integral en la etapa exploratoria y durante la caracterización de su estado actual, así como durante el pre-experimento, en el que se desarrolla este proceso con el uso de las TIC.

**Entrevista:** a los profesores, directivos y estudiantes para conocer sus criterios sobre el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral y sobre el aprendizaje en el tema por parte de los estudiantes de primer año de la UCI.

**Experimentación:** en la implementación práctica en un grupo del CpE en el tema de cálculo diferencial.

**Métodos estadísticos:** se emplearon distribuciones de frecuencias absolutas y relativas y la mediana para estudiar tendencias en el aprendizaje de los estudiantes.

**Contribuciones:** Con esta investigación se contribuye a:

- la teoría de la Didáctica de la Matemática en la Educación Superior con el empleo de las TIC, al develar cómo se potencian las relaciones entre los componentes del PEA del cálculo diferencial e integral con el trabajo en el EVEA, en función de la significatividad del aprendizaje de estos temas en los estudiantes de la Ingeniería en Ciencias Informáticas.
- la práctica, pues se ofrece a los profesores una forma diferente de trabajo para la estructuración del PEA del cálculo diferencial e integral empleando las TIC y la resolución de problemas vinculados con la especialidad.

La **novedad científica** está dada en la estructuración del PEA del cálculo diferencial e integral con apoyo de las TIC en la que se destaca el trabajo en el EVEA con los asistentes matemáticos para la resolución de problemas vinculados con la especialidad.

Se destaca, además, la elaboración de ejercicios interactivos que incluyen diferenciación de casos, trabajo con tesis positivas, negativas e indeterminadas, análisis de condiciones necesarias y suficientes, fundamentación y refutación de proposiciones vinculadas al desempeño de los Ingenieros en Ciencias Informáticas.

La **actualidad científica** se evidencia en que la alternativa está dirigida a contribuir a la formación de profesionales con una alta preparación para enfrentar los retos que imponen los avances que se producen sistemáticamente en las TIC, atendiendo a la implementación de los Lineamientos 145, 146 y 147 de la Política Económica y Social del Partido Comunista de Cuba. Se tributa además al cumplimiento del



objetivo 4 de la “Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible” que se propone “Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos”.

El resultado obtenido tributa al proyecto de investigación: “Desarrollo e innovación mediados por la pedagogía tecnológica”, en la mejora de la calidad en el proceso de formación en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

El informe de la tesis consta de introducción, dos capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

El Capítulo 1 contiene los fundamentos teóricos y metodológicos del PEA del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.

El Capítulo 2 presenta el estado actual del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de ingenieros en la UCI, especialmente en lo relacionado con su significatividad. Se expone la propuesta para propiciar la significatividad del aprendizaje en los estudiantes en el cálculo diferencial e integral usando las TIC y la resolución de problemas relacionados con la especialidad, la valoración de los especialistas y los resultados de la implementación práctica.

**CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS DEL PROCESO  
DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL EN  
LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CIENCIAS INFORMÁTICAS**

## **CAPÍTULO 1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS EN CIENCIAS INFORMÁTICAS**

El presente capítulo aborda los fundamentos teóricos y metodológicos referidos al PEA del cálculo diferencial e integral en la formación de ingenieros, que se ha conformado a partir de la revisión bibliográfica.

El capítulo se ha dividido en tres epígrafes, en el primero se aborda el surgimiento y desarrollo del cálculo diferencial e integral, así como diferentes tendencias en su estudio y relaciones que se establecen en la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas entre las asignaturas Matemática I y II y las disciplinas de la especialidad, en el segundo se analiza la significatividad del aprendizaje y en el tercero, se hace referencia a la utilización de las TIC y la resolución de problemas de la especialidad en función de la significatividad del aprendizaje.

### **1.1 Surgimiento del cálculo diferencial e integral. Evolución histórica.**

El cálculo constituye una de las grandes conquistas intelectuales de la humanidad. Detrás de numerosos inventos, descubrimientos o nueva teoría existe la evolución de ideas que hacen posible su nacimiento.

“Los razonamientos de Zenón De Elea (490 - 430 a.C.) constituyen el testimonio más antiguo que se conserva del pensamiento infinitesimal desarrollado muchos siglos después en la aplicación del cálculo infinitesimal (...)” (Barrera, 2015, p. 28). Los problemas que implicaban el concepto de límite no se hicieron esperar, pues,

grandes pensadores como Demócrito de Abdera (460-370 a.C.) intentan darles respuesta con la unificación de las matemáticas y la teoría filosófica del atomismo, considerando de esta forma la primera concepción del método a límite.

Se reconoce a Eudoxo De Cnido (408-355 a.C.) por los importantes aportes a la geometría. Fue el primero en realizar una explicación sistemática de los movimientos del Sol, la Luna y los planetas. Pero, además:

Eudoxo demostró que el volumen de una pirámide es la tercera parte del de un prisma de su misma base y altura; y que el volumen de un cono es la tercera parte del de un cilindro de su misma base y altura, teoremas ya intuitos por Demócrito De Abdera (460-370 a. C.). Para demostrarlo elaboró el llamado método exhaustivo o de agotamiento, antecedente del cálculo integral, para calcular áreas y volúmenes donde el método fue utilizado por Arquímedes de Siracusa (287 a.C.-212 a.C.). (Barrera, 2015, p. 32)

Arquímedes de Siracusa, había realizado los avances más significativos sobre estos problemas aplicando el método exhaustivo o de agotamiento para la determinación de áreas y volúmenes y obteniendo importantes resultados sobre el cálculo de tangentes para ciertas curvas particulares. El trabajo de ambos como precursores del cálculo fue únicamente superado en sofisticación y rigor matemático por Newton (1642-1727) y Leibniz (1646-1716).

En la primera mitad del siglo XVII, se renovó el interés por esos problemas clásicos y varios matemáticos como Bonaventura Cavalieri (1598-1647), John Wallis (1616-1703), Pierre de Fermat (1601-1665), Gilles de Roberval (1602-1675) e Isaac Barrow (1630-1677), lograron avances que prepararon el camino para la obra de Isaac

Newton (1642-1727) y Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), dos grandes creadores del cálculo que se utiliza en la actualidad.

Es importante que los estudiantes posean conocimientos previos sobre funciones reales de una variable real, límite y continuidad de funciones de una variable real que están estrechamente relacionados con el cálculo y que les resulte significativo en su estudio, puesto que:

Las cantidades que intervienen en todo proceso, como regla, no varían independientemente unas de otras; con frecuencia tales cantidades se encuentran en una estrecha vinculación, de forma que cualquier variación de una, por pequeña que sea, implica una variación de la otra. Estas cantidades que varían unas en dependencia de otras, en un cierto fenómeno o proceso, se dice que están en dependencia funcional. (Sánchez, 1982, p. 186)

El concepto de función es, por tanto, básico y fundamental para la matemática junto a las relaciones que se pueden establecer con ella. El desconocimiento de dicho concepto y sus alcances más inmediatos representa una seria dificultad para el aprendizaje del cálculo diferencial e integral.

El cálculo diferencial se origina en el siglo XVII al realizar estudios sobre el movimiento. El primero en desarrollar métodos matemáticos para resolver problemas de esta índole fue el inglés Isaac Newton (1642-1727) quien en el año 1664 inventó su propia versión del cálculo para explicar el movimiento de los planetas alrededor del Sol.

Newton generalizó los métodos que se habían utilizado para trazar líneas tangentes a curvas y para calcular el área encerrada bajo una curva, y descubrió que los dos

procedimientos eran operaciones inversas. Uniendo estos métodos en lo que él llamó el Método de las Fluxiones, Newton desarrolló en el otoño de 1666 lo que se conoce hoy como cálculo, un método nuevo y poderoso que situó a las matemáticas modernas por encima del nivel de la geometría griega.

Newton, hijo de granjeros, nació en Lincolnshire, Inglaterra, en 1642 y llegó en 1669 a ocupar la Cátedra Lucasiana como profesor de matemáticas en la Universidad de Cambridge.

En sus primeras investigaciones introdujo las series infinitas de potencias en una variable  $x$  para reformular resultados previos de John Wallis y bajo la influencia de su profesor Isaac Barrow utilizó infinitesimales para mostrar la relación inversa entre el cálculo de áreas y el cálculo de tangentes. (Flores, Valencia, Dávila y García, 2008, p. 14)

Casi al mismo tiempo, el filósofo y matemático alemán Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), realizó investigaciones similares e ideó símbolos matemáticos que se aplican en la actualidad.

Gottfried Wilhelm Leibniz fue el hijo de un profesor de filosofía y nació en la ciudad de Leipzig, Alemania, en 1646. Ingresó a la universidad a la edad de quince años y obtuvo el doctorado en filosofía a la edad de 21 años.

El interés de Leibniz por las matemáticas nació en 1672 durante una visita a París, donde el matemático holandés Christiaan Huygens (1629-1695) lo introdujo al estudio de la teoría de curvas. Después de varios años de estudio bajo la dirección de Huygens, Leibniz investigó las relaciones entre la suma y la diferencia de sucesiones infinitas de números y dedujo varias fórmulas famosas. (Flores et al, 2008, pp. 14-15)

Una de las contribuciones más importantes de Leibniz a las matemáticas consistió en enunciar en 1675 los principios fundamentales del cálculo infinitesimal. De acuerdo con los cuadernos de Leibniz, el 11 de noviembre de 1675 tuvo lugar un acontecimiento fundamental, ese día empleó por primera vez el cálculo integral para encontrar el área bajo la curva de una función. Esta aportación se produjo con independencia de los descubrimientos del científico inglés Isaac Newton.

En 1684 Leibniz publicó detalles de su cálculo diferencial (Nuevos Métodos para Máximos y Mínimos). En el artículo aparecen las reglas de las derivadas de las potencias, productos y cocientes, sin las demostraciones. Expuso los principios del cálculo infinitesimal, resolviendo el problema de la isócrona y de algunas otras aplicaciones mecánicas; utilizando ecuaciones diferenciales. Las notaciones del cálculo diferencial e integral, la palabra derivada y el nombre de ecuaciones diferenciales se deben a Leibniz.

Después de Newton y Leibniz, el desarrollo del cálculo fue continuado por Jacobo Bernoulli y Johann Bernoulli. Sin embargo, cuando Berkeley publicó su *Analyst* en 1734 atacando la falta de rigor en el cálculo y disputando la lógica sobre la que se basaba, entonces se hicieron grandes esfuerzos para trabajar el razonamiento. Maclaurin intentó poner el cálculo sobre una base geométrica rigurosa pero sus fundamentos realmente satisfactorios tendrían que esperar al trabajo de Cauchy en el siglo XIX. (Martínez, 2014, p. 2)

Se destacan otros matemáticos por haber hecho trabajos importantes relacionados con el cálculo diferencial, sobresaliendo entre otros, los siguientes:

- Pierre Fermat (1601-1665), matemático francés, quien en su obra habla de los métodos diseñados para determinar los máximos y mínimos, acercándose casi

al descubrimiento del cálculo diferencial, mucho antes que Newton y Leibniz.

Dicha obra influenció a Leibniz en la invención del cálculo diferencial.

- Johannes Kepler (1571-1630), tiempo después, coincide con lo establecido por Oresme, conceptos que permitieron a Fermat avanzar en su estudio de máximos y mínimos de las funciones.
- Isaac Barrow (1630-1677), maestro de Newton, construyó el "triángulo característico", en donde la hipotenusa es un arco infinitesimal de curva y sus catetos son incrementos infinitesimales en que difieren las abscisas y las ordenadas de los extremos del arco.
- Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), quien demostró por primera vez el teorema del valor medio.
- Leonhard Euler (1707-1783), quien, además de hacer importantes contribuciones a casi todas las ramas de las matemáticas, fue uno de los primeros en aplicar el cálculo a problemas de la vida real en la física. Sus publicaciones incluyen temas como construcción de barcos, acústica, óptica, astronomía, mecánica y magnetismo. La simbología se debe a él.
- John Wallis (1616-1703), enunció el concepto de "límite". (Martínez, 2014, p. 2)

Entre los matemáticos, durante mucho tiempo, primó la idea intuitiva de la continuidad de una relación funcional, pues las curvas se concebían como simples trazos sobre una hoja de papel. Posteriormente, se hizo necesario considerar funciones más complicadas y, a comienzos del siglo XIX, el cálculo tomó un estilo más riguroso, debido a matemáticos como Augustin Louis Cauchy (1789–1857), Bernhard Riemann (1826–1866) y Karl Weierstrass (1815–1897). Fue también



durante este período que el cálculo diferencial fue generalizado al espacio euclídeo y el plano complejo.

El concepto de continuidad de una función aparece explícitamente definido, por primera vez, en el trabajo del matemático checo Bernhard Bolzano (1781-1848).

Fue Bolzano el creador de la primera definición de función continua, muy próxima a la actual. Su definición la expuso en el trabajo publicado en 1817 "Una demostración puramente analítica del teorema que entre cualesquiera dos valores los cuales dan resultados de signo opuesto, hay al menos una raíz real de la ecuación".

En la introducción a esta obra, Bolzano critica la forma geométrico-intuitiva de referirse a la continuidad que existía en esa época y cuestiona la aceptación tácita de la afirmación siguiente: "Si A y B son dos puntos de una curva continua, entonces esta curva necesariamente corta a cualquier línea recta r que sitúe A y B en diferentes semiplanos. (Valdés y Sánchez, 2014, p. 120)

La obra de Bolzano no fue ni difundida ni reconocida por sus contemporáneos. Su trabajo de mayor significación "Estudio sobre las funciones", fue encontrada en 1920, 100 años después de ser escrita, y se publicó en 1930.

Fue el matemático francés Augustin Louis Cauchy (1789-1857) quien desarrolló la teoría de funciones continuas y los conceptos y procesos fundamentales del cálculo para ese tipo de funciones en los términos en que se utilizan en la actualidad.

Cauchy realizó una exposición rigurosa del cálculo basándose en el concepto fundamental de límite de una función, en sus obras más destacadas: "Curso de Análisis" (1821), "Resumen de Lecciones sobre el Cálculo Infinitesimal" (1822) y "Lecciones sobre el cálculo diferencial" (1829).

Fue él quien definió la derivada de una función como el límite de cocientes de los incrementos de las variables y demostró sus propiedades. Sus aportes son muy significativos. Se reconoce que fue él quien elaboró:

(...) el teorema del valor medio y sus aplicaciones a la aproximación de funciones por polinomios; establece rigurosamente los criterios para la existencia de máximos y mínimos de funciones; define la integral definida de una función continua en un intervalo mediante el límite de sumas asociadas a particiones de ese intervalo; y formula, con todo rigor, el llamado teorema fundamental del cálculo, estableciendo la relación inversa que existe entre los procesos de derivación e integración de funciones. (Flores et al., 2008, pp. 17-18)

El siguiente avance en la evolución histórica del cálculo, se debe a Bernhard F. Riemann (1826-1866), quién realizó contribuciones muy importantes al análisis y la geometría diferencial. Publicó en 1854 su obra: "Sobre la representación de una función por una serie trigonométrica", en ella se define por primera vez el concepto de integral definida de Riemann y se inicia la teoría de funciones de una variable real.

A pesar de los grandes esfuerzos por dotar al análisis matemático de bases sólidas, a mediados del siglo XIX varias suposiciones sobre la estructura de los números reales utilizadas en la prueba de las propiedades importantes de las funciones continuas, y otras suposiciones, como por ejemplo la existencia de derivada en casi todos los puntos para toda función continua, son señaladas críticamente y desmentidas por contundentes contraejemplos dados por matemáticos como el mismo Bolzano y el alemán Karl Weierstrass

(1815-1897) quienes, logran exhibir funciones continuas que no poseen derivada en punto alguno. (Flores et al., 2008, p. 18)

Las situaciones antes descritas propician que numerosos matemáticos se dediquen a tratar de construir el sistema de los números reales a partir del sistema de los números naturales

El año 1872 fue pródigo en resultados al respecto, pues se publicaron las construcciones de los números reales elaboradas por George Cantor (1845-1918), Richard Dedekind (1831-1916) y Edward Heine (1821-1881), basadas en los conceptos de límite y sucesiones, previamente desarrollados.

Durante el siglo XX, los resultados más importantes están vinculados a las aplicaciones del cálculo en diferentes áreas del conocimiento, sobre todo en las ciencias naturales y en las ingenierías, por solo citar algunas.

El cálculo diferencial se ha ido desarrollando a través de los años, consolidándose como una herramienta técnico-científica que se utiliza en el análisis de procesos que contienen magnitudes en constante cambio, por ejemplo: la velocidad de las reacciones químicas, los cambios atmosféricos, los desarrollos sociales y económicos de las naciones, en la astronomía para calcular las órbitas de los satélites y de las naves espaciales, en medicina para medir el flujo cardiaco, la estadística, y en una gran diversidad de otras áreas. (Martínez, 2014, p. 2)

Desde que la historia del cálculo diferencial e integral surgió han sido muchos los grandes matemáticos que han influido en su desarrollo, igualmente han sido muchas las culturas que han influido en sus avances, donde las matemáticas, actualmente

son la base de todas las ciencias que maneja el hombre, debido a que su campo de acción cubre la totalidad de los conocimientos científicos.

Son muy variadas las formas de tratar el cálculo diferencial e integral, en dependencia del perfil del profesional que se pretende formar: un investigador en el área de la matemática, un ingeniero en cualquiera de sus diferentes especialidades o un profesor de Matemática.

Resulta interesante indagar cómo, en la actualidad, es abordado el estudio de este tema en el currículo de diferentes carreras universitarias a nivel nacional e internacional.

### **1.1.1 Tendencias en el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial e integral.**

Es innegable el papel decisivo que juega la Matemática en el desarrollo de las sociedades actuales. El rápido crecimiento de las ciencias y las tecnologías exige la formación de profesionales con competencias matemáticas y científicas para afrontar los nuevos retos que impone un mundo más globalizado y competitivo. Desde esta perspectiva, la Educación Superior juega un rol primordial en el desarrollo social, cultural y económico del país, por tanto, requiere de profesionales altamente calificados, tal es el caso de los ingenieros, a los que se exigen sólidos conocimientos matemáticos y que sean competitivos en el ámbito nacional e internacional para hacer frente al proceso de globalización.

Para lograr la formación de estos profesionales es necesario "(...) replantear el modo en que se ha venido enseñando esta ciencia, con el propósito de lograr que los estudiantes tengan la capacidad para ser creativos, innovadores y razonar en

torno a la solución de problemas ingenieriles” (Iglesias, Alonso y Gorina, 2017, p. 661).

En ese sentido, Abreu (2015) afirma que “(...) los contenidos de la asignatura deben ser abordados de manera tal que se cumpla con las exigencias de la formación del profesional en su contexto con la necesaria utilización de las TIC, (...)”. (p. 4).

Por su parte, Zúñiga (2007) plantea que “utilizando un escenario contextualizado, el funcionamiento cognitivo de los estudiantes propicia una mejor comprensión de los contenidos de cálculo en el ámbito de su área de especialidad” (p. 170).

Se concuerda con los autores anteriores en que emplear alternativas con el fin de formar un egresado capaz de resolver los problemas de la profesión mediante sus modos de actuación, pero que además responda a las necesidades actuales de la sociedad y a los avances de la ciencia contemporánea, en especial en el campo de las ciencias informáticas, es lo que necesita el país en los momentos actuales.

De manera particular, el cálculo diferencial e integral está presente en los planes de estudio de las carreras de ingeniería. A pesar de su importancia para el desarrollo de las profesiones ingenieriles, se manifiestan numerosas dificultades en su PEA.

Martin, Pérez y Martínez (2017), aseguran que los mayores problemas están, fundamentalmente en la formación conceptual, apreciándose un fuerte predominio de la comprensión instrumental y evidenciándose insuficiencias en su concepción didáctica.

En esta misma dirección, es criterio del autor de esta tesis que las principales causas pueden estar en la gran cantidad de estudiantes en las aulas de esta asignatura, la falta de motivación por su estudio y la predominante tendencia a una enseñanza tradicional.

De igual forma, Iglesias et al., (2017) muestran un estudio diagnóstico realizado con estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente, en Santiago de Cuba, que incluyó el análisis de los resultados de todas las asignaturas de la disciplina de Matemática de dicha carrera, concluyéndose que en todas se presentan insuficiencias en cuanto al dominio de los contenidos y empleo de estrategias heurísticas y metacognitivas. También se concluyó que los porcentajes de promoción más bajos y de peor calidad los exhiben las asignaturas matemáticas de cálculo diferencial e integral.

La experiencia como docente en la UCI ha posibilitado establecer que, cuando los estudiantes arriban a la misma, tienen deficiencias en temas fundamentales de la matemática como el manejo de operaciones básicas con números reales, análisis e interpretación de problemas, no poseen un adecuado conocimiento de temas relacionados con la geometría o la trigonometría que son importantes al momento de abordar los contenidos relacionados con funciones.

En la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas se estudia el cálculo diferencial en la asignatura Matemática II y el cálculo integral en la asignatura Matemática III. En ambas asignaturas el texto básico que se utiliza es “Calculo con Transcendentes Tempranas” de James Stewart, cuarta edición.

A criterio del autor de la tesis este es un buen libro que constituye guía para orientar el aprendizaje del cálculo diferencial e integral. En diversos ejercicios relacionados con aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento humano como la física, la química, la biología, la economía y otras ciencias, orienta la utilización de asistentes matemáticos.

Esto propicia la planificación de su empleo en las clases de las dos asignaturas, aspecto que contribuye a motivar a los estudiantes y reduce la complejidad de los procedimientos de cálculo.

Cabe señalar como elemento deficiente que en el libro no abundan problemas relacionados con la Informática.

Un concepto básico y transversal en los currículos para la formación de ingenieros, matemáticos y para otras ciencias lo constituye la derivada de una función, por ser uno de los elementos centrales y estructurales de cualquier curso de cálculo, además, es una herramienta fundamental en el estudio y comprensión de fenómenos que involucran el cambio o variación de magnitudes.

En opinión del autor de la tesis, un factor que dificulta el correcto aprendizaje del concepto de derivada lo constituye la falta de conocimientos previos de los estudiantes en los conceptos de función, límite y continuidad. De esta manera:

(...) el alumno no podrá entender apropiadamente el concepto de derivada y posiblemente solo se quede en la parte operativa de calcular derivadas sin darse cuenta que la derivada de una función es una potente herramienta matemática que se usa para resolver problemas de la vida cotidiana. (Pineda, 2014, p. 2)

Según Dolores (2000) la orientación y enseñanza del concepto de derivada, han estado marcados por dos tendencias:

- Tendencia clásica formal, caracterizada por la estructura del Análisis Matemático para finalmente buscar sus aplicaciones.

- Tendencia desde la resolución de problemas, donde los conceptos se forman a partir de la actividad matemática, referida a la determinación de tangentes o de su significado físico.

Estas tendencias se manifiestan mediante enfoques que priorizan la estructura del contenido tales como: algebraico, numérico, formal, infinitesimal, aproximación afín local para la primera tendencia, así como geométrico, variacional y computacional para la segunda tendencia.

Desde el punto de vista del autor la importancia de la resolución de problemas ha sido creciente en el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral en el decursar del tiempo. Así se manifiesta en la forma en que se ha venido realizando el proceso y en diversos libros de cálculo que tienen sus influencias en cómo se perciben, conciben, enseñan y se aprenden los conceptos, sus significados, teoremas, propiedades y aplicaciones en el contexto del aula o fuera de esta.

(...) se debe reconocer la influencia que han tenido los textos de estudio en la forma en la que se ha desarrollado el currículo de matemática al enseñar el cálculo diferencial. Si en un primer momento estuvo marcado por una línea más próxima al Análisis Matemático, hoy en día se aprecia una postura distinta y más abierta a producir innovaciones en su enseñanza. (Irazoqui, 2015, p. 230)

Se refiere este último autor a que las propias universidades elaboran diversos materiales para facilitar su estudio, "(...) que si bien es cierto no representan un texto de estudio en sí, al menos, sirven de base para apoyar el PEA (...)" (Irazoqui, 2015, p. 230).



En la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas la línea que se sigue para introducir el concepto de derivada es ir preparando en primer lugar el problema de hallar la recta tangente. La determinación de las pendientes de las rectas secantes como aproximación a la pendiente de la recta tangente, es lo que conlleva a la solución de este problema geométrico y, da paso, a la noción de la derivada.

Luego se define la derivada de una función  $f$  en un valor “ $a$ ”, que denota como  $f'(a)$ , como el límite del cociente de Newton, a saber:

$$f'(a) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(a+h) - f(a)}{h}, \text{ siempre que este límite exista.}$$

Como la tecnología cobra cada día más interés debido a su extraordinario desarrollo, las computadoras han hecho realidad la posibilidad de la visualización dinámica del comportamiento gráfico de las funciones, de observar mediante simulaciones iterativas cómo la sucesión de secantes tiende a la tangente, de racionalizar considerablemente el trabajo con los métodos numéricos.

El uso del GeoGebra permite realizar dicho proceso al ofrecer recursos para la graficación, visualización y los procesos de aproximación, contribuyendo a una mejor comprensión del contenido, lo que constituye una idea de la alternativa didáctica que se propone.

Durante todo el desarrollo del cálculo diferencial se trabaja con la derivación de funciones empleando las reglas; incluyendo la regla de la cadena, la derivación implícita, la derivada de la función inversa, entre otras, hasta llegar al tratamiento de las aplicaciones de la derivada.

Por otra parte, la temática central del cálculo integral viene dada por el problema del área que se utiliza para formular la idea de la integral definida, sin embargo, su estudio en la carrera comienza después del estudio del cálculo integral por la

obtención de primitivas dando paso a la integración indefinida, definida e impropias empleando métodos de integración, concluyendo con las aplicaciones de la integración.

De igual forma, visualizar mediante un asistente matemático para lograr comprender como se construye el concepto de la integral definida de una función como el área bajo la curva de la misma, donde el verdadero propósito es obtener aproximaciones cada vez más precisas, permite transmitir al estudiantado la dinámica del concepto. Cabe notar que los docentes introducen el concepto en forma expositiva haciendo uso del libro principal de la asignatura donde se aprecian mejoras en su presentación con gráfico, pero son estáticos.

En la Facultad de Matemática-Computación de la Universidad de La Habana uno de los libros que se utiliza en el PEA del cálculo diferencial e integral es el texto “Análisis de funciones de una variable” de los doctores Concepción Valdés Castro y Carlos Sánchez Fernández.

Valdés y Sánchez (2014) introducen el estudio de la noción de la derivada de una función analizando dos problemas, uno geométrico (tangente a una curva plana) y otro físico (velocidad en un movimiento rectilíneo). Son dos problemas análogos y difieren solo por la interpretación que se adjudica a la función considerada. En ambos casos se trata del límite de la relación entre el incremento de los valores de la función y el incremento de la variable independiente, cuando este último tiende a cero.

Para ambos intelectuales la resolución de problemas concretos es de capital importancia en el análisis del problema inverso a la derivación.

Otros autores como Apóstol (1990), Hugues et al. (1999), Hamel y Amiotte (2007) introducen la derivada utilizando un problema físico. El ejemplo le sirve de base para definir de manera general la derivada como el límite de la variación media entre “x” y “x + h”. Así, la derivada  $f'(x)$  está definida como el límite de  $[f(x + h) - f(x)] / h$ , cuando h tiende a cero. Con esta definición ponen de manifiesto que la velocidad instantánea  $v(t)$  es un ejemplo del concepto de derivada.

En la formación de profesores de Matemática en Cuba se trabaja por abordar estos temas mediante:

(...) la organización del contenido en función de propiciar la organización del conocimiento matemático del estudiante a partir de los conceptos rectores: límite, continuidad, derivabilidad e integral definida de funciones reales, mediante condiciones necesarias, suficientes y, necesarias y suficientes. Esta estructuración posibilita poner al descubierto las regularidades del Análisis Matemático (...). (Jiménez, 2010, p. 11)

Una característica de este enfoque es que para la realización de las actividades de aprendizaje, se le brinda al estudiante un conjunto de estrategias tanto cognitivas como metacognitivas que se recomiendan utilizar en su proceso de resolución.

Esta forma invariante de organizar los contenidos del Análisis Matemático garantiza una continua sistematización de los saberes que el estudiante va construyendo, al contar con un referente a partir de esta organización en la comunicación, tanto del profesor con sus estudiantes como entre los estudiantes y del estudiante consigo mismo. Referente que resulta indispensable para coordinar las acciones de identificación, selección y

aplicación de los conocimientos, tanto en ejercicios como en problemas.

(Jiménez, 2010, p. 11)

Otra de las peculiaridades actuales en el estudio del cálculo diferencial e integral es la contextualización desde una integración disciplinar.

Carvajal (2010) considera que la integración disciplinar es parte fundamental de la flexibilización curricular y persigue formar profesionales más universales, aptos para afrontar los rápidos cambios de las competencias y los conocimientos; con una formación más humanística y ambiental, con ética, conciencia de equidad social y juicio crítico, que actúen como agentes de cambio social, dada la importancia de su trabajo para mejorar la calidad de vida de la población.

Camarena (2008) y Abreu (2015), entre otros autores, han trabajado en esa corriente. Camarena (2008) tiene una propuesta didáctica en la enseñanza de la Matemática en las carreras de ingeniería, que denominó "Matemática en Contexto de las Ciencias". En ella se lleva al estudiante a trabajar con un cálculo diferencial e integral contextualizado en las áreas del conocimiento de su futura profesión, en actividades de la vida cotidiana y en actividades profesionales y laborales, todo ello a través de eventos contextualizados, los cuales pueden estar presentes en problemas o proyectos.

Trejo, Camarena y Trejo (2013) se refieren a que la estrategia parte del presupuesto de que el profesor debe involucrarse con contenidos de la carrera de ingeniería donde imparte clases, dado que será necesario que cuente, no solo con los conocimientos matemáticos, sino también con los conocimientos que el evento o problema a contextualizar requiera.

De lo antes expuesto se infiere el desarrollo de metodologías de trabajo en equipos que conlleve integrar disciplinas, de manera que puedan contribuir al desarrollo de habilidades, conocimientos, valores, prácticas, que permita resolver los problemas ingenieriles actuales.

Por otra parte, Abreu (2015) presenta una propuesta didáctica para la resolución de problemas contextualizados y la integración de las TIC en el PEA del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería Financiera en la Universidad Politécnica del Golfo de México. Así refiere que:

“La resolución de problemas contextualizados en el PEA de la asignatura cálculo diferencial e integral exige que los profesores dirijan dicho proceso de modo que los estudiantes sean el centro”. (Abreu, 2015, p. 26).

Al respecto, Godino (2010) refiere que, mediante su uso, el estudiantado debería potenciar ciertas habilidades tales como: razonamientos más adecuados, la persistencia, la curiosidad y el logro de mayor confianza para enfrentar situaciones no rutinarias, que trascienden incluso el ámbito escolar.

Hoy en día se utilizan diversas herramientas tecnológicas para facilitar el PEA de las matemáticas y por lo tanto se impone un cambio con respecto a la enseñanza tradicional. Existen diversas experiencias, como la de la formación de ingenieros en la Universidad Tecnológica de la Habana en la que predomina el empleo de las tecnologías, especialmente con la plataforma Aprendist.

El análisis realizado evidencia diferentes tendencias en el tratamiento del cálculo diferencial e integral:

- estructuración del sistema de conocimientos teóricos como parte del Análisis Matemático y ejemplificación de sus aplicaciones en otras ciencias y en la vida cotidiana.
- introducción y tratamiento de los aspectos teóricos a partir de problemas propios de la especialidad en la que se estudian estos temas.
- tratamiento que considera un problema geométrico, un problema físico o ambos para introducir los conceptos básicos del tema.
- el tratamiento del contenido en función de la organización del conocimiento matemático del estudiante a partir de los conceptos rectores mediante condiciones necesarias, suficientes y, necesarias y suficientes.
- el protagonismo de las TIC para la introducción de los conceptos esenciales y para la resolución de ejercicios del tema y de problemas propios de la especialidad.

Se impone en estos momentos precisar algunos términos relacionados con la interdisciplinariedad, teniendo en cuenta las valoraciones anteriores y el interés de esta investigación en el trabajo con problemas contextualizados a la disciplina y al entorno en que se forman estos estudiantes.

Primeramente, se asume por interdisciplinariedad: "(...) un trabajo colectivo teniendo presente la interacción de las disciplinas científicas, de sus conceptos directrices, de su metodología, de sus procedimientos, de sus datos y de la organización en la enseñanza" (Fiallo, 2004, p. 24).

Se precisa por relaciones interdisciplinarias:

"una condición didáctica que permite (...) asegurar el reflejo consecuente de las relaciones vigentes en la naturaleza, la sociedad y el pensamiento mediante la

integración del contenido de las diferentes disciplinas que conforman el plan de estudio” (Fiallo, 2004, p. 24).

Y por último se asume que la formación interdisciplinaria:

Persigue estudiar problemas interesantes y relevantes desde el punto de vista de distintas disciplinas escolares, con el objetivo de que los alumnos se apropien de conocimientos, formas de pensar y modos de actuación importantes para su futuro desempeño profesional, de acuerdo con las exigencias de cada sociedad”. (Álvarez, 2004, p.37)

Se hace necesario entonces, responder a la interrogante de qué relaciones se establecen en la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas entre las asignaturas Matemática I y II y las disciplinas de la especialidad. A esto se dedica el próximo subepígrafe.

### **1.1.2 Importancia del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.**

Evidentemente, algunas de las tendencias antes estudiadas, ya sea de forma intuitiva o intencionalmente, influyen en el logro de la significatividad en el aprendizaje de los estudiantes. En esta tesis se contribuye precisamente en esta dirección, razón por la cual se profundiza en este aspecto.

En la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas el cálculo diferencial e integral se emplea en varias asignaturas de la carrera como se refleja a continuación:

La Inteligencia Artificial es una de las asignaturas de la disciplina Inteligencia Computacional. La misma ofrece posibilidades para la solución de los problemas profesionales que el estudiante debe enfrentar una vez graduado. Al respecto, Lima (2018) plantea y se concuerda con el autor:

(...) la solución de los problemas empieza por definir, conocer y entender en todas sus magnitudes lo que se pretende solucionar; definir los problemas implica análisis y reflexión sobre su magnitud, alcances y conciencias, y esto a su vez requiere de conocimientos específicos o aprendizaje profundo sobre lo que significa el problema, y es ahí donde el ingeniero informático hace uso del cálculo integral, ya que es una de las más poderosas herramientas matemáticas (...). p. 3

El aprendizaje automático supervisado es un contenido de la asignatura Inteligencia Artificial donde se utilizan derivadas, específicamente el método del gradiente descendiente. La misma "(...) permite automatizar de forma más eficiente el ir probando coeficientes de los modelos de *machine learning*" (Martínez, 2020, p. 5), es decir, "(...) es encontrar el conjunto de parámetros que minimizan la función de coste (error cuadrático medio)" (Martínez, 2020, p. 5).

Otro tema que se estudia en la Inteligencia Artificial, lo constituye el de sus aplicaciones. Una de estas es el procesamiento de imágenes digitales. Para la detección de bordes se utilizan derivadas. Se aplica el concepto de derivada de orden superior a fin de realizar procesamientos específicos sobre imágenes de interés. Cuando existen cambios en los valores de pixel se generará una variación en la derivada, permitiendo nuevamente establecer una asociación entre las propiedades de la región.

En ese sentido, Alba (2014) afirma:

Si lo que queremos es trabajar con imágenes es necesario contar con histogramas que representen la relación entre las escalas de grises que tenga una imagen con la cantidad de pixeles que posea dicha imagen; al



tratar el histograma como una función continua en cierto rango, el cual su tratamiento tiene que ver con el cálculo integral, esto con el fin de modificar la imagen ya sea para que se vea de forma más nítida o para comprimirla.  
(p. 4)

Basado en lo anterior, tanto el cálculo diferencial como el cálculo integral está presente en el trabajo con las imágenes.

En los proyectos productivos donde participan estudiantes a partir de 3er año de la carrera, para modelar una figura tridimensional se aplica el método de exhaustión usado por los egipcios para calcular áreas de círculos, donde se aplica el cálculo integral como una suma infinita de las áreas en el polígono de  $n$  lados que se forman en cada  $n$  pedazos del polígono.

Es conocido por los estudiantes que mientras mayor cantidad de lados tenga el polígono, más precisa será el área que se reduce, el espacio ocupado por las áreas despreciables que se forma entre el polígono y el círculo. Esto guarda relación con el estudio del concepto de integral definida impartido en Matemática II en el segundo año de la carrera.

Este mismo principio es usado en las gráficas por computadoras para producir las gráficas más precisas y reales de acuerdo a las capacidades de sus procesadores.

La disciplina Sistema Digitales, formada por las asignaturas Arquitectura de Computadora, Sistema Operativo, Redes y Seguridad Informática I y Redes y Seguridad Informática II, se considera dentro de las principales en la carrera, pues contribuye, "(...) a la explotación eficiente de sistema de cómputo y a la gestión adecuada de los servicios telemáticos y la seguridad informática" (Gámez, Reyes, Arango y Nuez, 2019, p. 116).

En el estudio de la Arquitectura de Computadora se evidencian las aplicaciones de las integrales en el análisis de los circuitos del hardware de una computadora, como es el caso de la energía disipada a partir de las potencias que tenga el circuito, por lo que es importante observar el comportamiento de un condensador debido a que la tensión de este, no solo depende de la corriente que circula por él, sino que también de la suma de las corrientes que atravesaron con anterioridad.

La Introducción a la Programación I y la Introducción a la Programación II son dos de las asignaturas esenciales dentro de la carrera y se empiezan a estudiar desde el primer año. Ambas pertenecen a la disciplina Técnicas de Programación de Computadoras que tributa a la formación del profesional desde dos aristas fundamentales:

Una primera de formación básica general, dirigida a la creación de habilidades imprescindible en el Ingeniero en Ciencias Informáticas como la abstracción y el pensamiento lógico y algoritmo y una segunda arista considerada como de formación básica específica que determina la preparación principal para el desempeño profesional en el rol de programación (...). (Proenza y Pérez, 2019, p. 108)

Si bien es cierto que para programar no es necesario aplicar el cálculo diferencial e integral y que su articulación con las Matemáticas es con las operaciones básicas, es importante que el estudiante que se está formando como Ingeniero en Ciencias Informáticas desarrolle una capacidad de análisis matemático y que tenga un mayor dominio de las Matemáticas posibles que se imparte en la carrera.

Es importante destacar que una disciplina que contribuye a la preparación de un egresado capaz de resolver los problemas más generales de la profesión lo es la

práctica profesional. La práctica profesional se imparte desde el primer año y está representada en todos los semestres de la carrera. “El estudiante al menos le dedica un día de la semana durante el curso académico a la realización de esta actividad, lo cual permite una mejor integración de los procesos de formación, producción de software e investigación” (Colectivo de autores Plan de Estudio “E”, 2019, p. 22).

Cabe señalar que el cálculo diferencial e integral está relacionado también con la Física, disciplina “que brinda las herramientas necesarias para la elaboración de modelos que expliquen y simulen los procesos y fenómenos del mundo real, por lo cual juega un papel fundamental en la formación de todo tipo profesional vinculado con las Ciencias Técnicas” (Hernández y Gulín, 2019, p. 79).

Cuando se estudian las interacciones electrodomésticas y ecuaciones de Maxell, los circuitos y oscilaciones se aplica el cálculo diferencial e integral y en las ondas electromagnéticas para el caso de la derivada.

También se evidencia la vinculación del cálculo diferencial e integral con las asignaturas de la disciplina Matemática. En Matemática II cuando se trabaja con las ecuaciones diferenciales se utilizan derivadas e integrales.

En cuanto a la Matemática Numérica cuando se trabaja con el tema de integración numérica se emplean integrales. La integración numérica constituye una amplia gama de algoritmos para calcular el valor numérico de una integral definida y por extensión, el término se usa a veces para describir algoritmos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales.

Se ha evidenciado que el cálculo diferencial e integral está presente en el transcurso de la formación del Ingeniero en Ciencias Informáticas. Los conocimientos que poseen los estudiantes sobre estos dos importantes temas los aplican en otras

asignaturas dentro de la carrera, relacionándolos con los nuevos conocimientos. Se evidencia entonces la necesidad de que el aprendizaje resulte significativo para ellos. Precisamente este asunto es abordado en el próximo epígrafe partiendo de la concepción de aprendizaje significativo de Ausubel hasta llegar a la concepción de aprendizaje desarrollador de grupos de investigadores de la Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona” que contempla como una de sus dimensiones la significatividad del aprendizaje.

## **1.2 Aprendizaje significativo. Significatividad según el aprendizaje desarrollador.**

Una de las aspiraciones de los profesores es conseguir que sus estudiantes aprendan de una manera eficaz, de forma tal que les permita utilizar los aprendizajes en la vida cotidiana. Como señala Ballester (2002),

(...) para que se produzca auténtico aprendizaje, es decir un aprendizaje a largo plazo y que no sea fácilmente sometido al olvido, es necesario conectar la estrategia didáctica del profesorado con las ideas previas del alumnado y presentar la información de manera coherente y no arbitraria, construyendo, de manera sólida, los conceptos, interconectando los unos con los otros en forma de red de conocimiento. (p.16)

Desde esta perspectiva, resalta la importancia de los conocimientos previos en el desarrollo o asimilación de nuevos conocimientos, por lo que el profesor debe saber, utilizando diversas vías, cuál es el estado real del aprendizaje de sus estudiantes para, sobre esa base dirigir el proceso hacia la búsqueda de lo nuevo. Este debe poseer significado y sentido para el aprendiz, de lo contrario carecerá de interés hacia él.

Según la teoría de Ausubel (2002), el aprendizaje significativo supone la interacción entre el conocimiento nuevo y el ya existente, de forma que ambos se modifican. Los conocimientos nuevos adquieren significado y a la vez, la estructura cognitiva del aprendiz se modifica, adquiriendo nuevos significados, más diferenciados y más estables.

Ausubel (2002) plantea que:

Es el producto significativo de un proceso psicológico cognitivo (conocer) que supone interacción entre unas ideas lógicamente (culturalmente) significativas, unas ideas de fondo (de anclaje) pertinentes en la estructura cognitiva (o en la estructura del conocimiento) de la persona concreta que aprende y la actitud mental de esta persona en relación con el aprendizaje significativo o la adquisición y la retención de conocimientos. (p. 7)

Silva (2011) considera que:

Se requiere de un proceso de organización sustancial, que tienda a identificar los conceptos esenciales que articulan una disciplina, y de un proceso programático, cuyo propósito es trabajarlos de modo adecuado para que resulten significativamente aprendidos. Los principios programáticos de diferenciación progresiva, reconciliación integradora, organización secuencial y consolidación se constituyen en una ayuda para planificar una enseñanza acorde con esta teoría. (pp. 86-87)

Según Moreira (2017), la teoría del aprendizaje significativo es todavía una respuesta válida y actual a los problemas del sistema educativo en un contexto en el que, a pesar del uso de metodologías innovadoras, la enseñanza sigue estando

dirigida a la superación de distintos test, estimulando así el aprendizaje mecánico en lugar del aprendizaje significativo.

Desde el punto de vista del autor de la tesis, el aprendizaje significativo se caracteriza por su aspecto evolutivo a lo largo del desarrollo del individuo en el que se evidencian algunas ventajas, tales como:

- facilita la adquisición de nuevos conocimientos relacionados con los ya aprendidos significativamente,
- produce una retención más duradera de la información. La nueva información, al relacionarse con la anterior, es incorporada en la memoria a largo plazo, en la que se conserva más allá del olvido de detalles secundarios concretos,
- se trata de un aprendizaje activo, ya que depende de la asimilación deliberada de las actividades de aprendizaje por parte del estudiante,
- es personal, ya que la significación de los aprendizajes de un estudiante determinado depende de sus propios recursos cognitivos (conocimientos previos y la forma en cómo se organizan en su estructura cognitiva).

Ausubel (2002), se refiere a:

- Aprendizaje de representaciones.

Es el más básico de los aprendizajes y consiste en la atribución de significado a determinados símbolos. Ocurre cuando se igualan en significado símbolos arbitrarios con sus referentes (objetos, eventos, conceptos) y significan para el estudiante cualquier significado al que sus referentes aludan.

- Aprendizaje de conceptos.

“Los conceptos se definen como objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos de criterios comunes designados por un mismo signo o

símbolo” (p. 26). Este tipo de aprendizaje puede darse por formación de conceptos en los primeros años de vida o por asimilación a medida que la capacidad cognitiva va madurando.

- Aprendizaje de proposiciones.

Las proposiciones son combinaciones de palabras en una oración que representan conceptos. La tarea consiste en dar significado a las ideas expresadas por dichas proposiciones para lo que será necesario haber dado significado a los conceptos que se combinan para dar lugar a dichas proposiciones. Es decir, para que se dé un aprendizaje proposicional, han de haberse producido primero un aprendizaje representacional y conceptual.

En cualquier caso, el aprendizaje significativo se da cuando se otorga significado a nuevas representaciones, conceptos y proposiciones, por la interacción con representaciones, conceptos y proposiciones existentes y relevantes en la estructura cognitiva del aprendiz o del alumnado.

Ausubel (2002) al referirse a la significatividad del aprendizaje, identifica dos ámbitos:

- La significatividad lógica: se refiere a la coherencia en la estructura interna del material, secuencia lógica en los procesos y consecuencia en las relaciones entre sus elementos componentes.
- La significatividad psicológica: que sus contenidos sean comprensibles desde la estructura cognitiva que posee el sujeto que aprende.

La significatividad del material es la primera condición para que se produzca el aprendizaje significativo. El segundo requisito es la disposición positiva del individuo

respecto del aprendizaje y requiere una red de conexiones entre la dimensión lógica, la cognitiva y la afectiva.

El significado y el sentido de lo que se aprende está relacionado con el grado de motivación que logra el estudiante, así como la correcta base orientadora que posea. Por otra parte, Díaz (2002) al referirse a la significatividad del aprendizaje plantea que para que sea significativo, este debe reunir varias condiciones:

(...) la nueva información debe relacionarse de modo no arbitrario y sustancial con lo que el alumno ya sabe, dependiendo también de la disposición (motivación y actitud) de este por aprender; así como, la naturaleza de los materiales o contenidos de aprendizaje. (p. 21)

Díaz (2002) es del criterio que “durante el aprendizaje significativo el alumno relaciona de manera no arbitraria y sustancial la nueva información con los conocimientos y experiencias previas que posee en su estructura cognitiva” (p. 22).

Aunque el aprendizaje reviste caracteres individuales, éste se produce en un proceso de interacción con otros, dentro de un grupo, cuya dinámica puede condicionar el desarrollo individual, en ello es decisiva la labor de facilitador y de dirección del profesor.

El grupo contribuye al crecimiento personal de cada miembro, a su vez cada miembro aporta al crecimiento del grupo, siempre y cuando el profesor organiza y orienta tareas y actividades que impliquen, colaboración, de los más aventajados con los menos aventajados, ya sea en trabajo en dúos, tríos o más miembros.

(...) el desarrollo es fruto de la interacción social con otras personas, que representan los agentes mediadores entre el individuo y la cultura. Tales interacciones, que tienen un carácter educativo implícito o explícito, se



producen en diferentes contextos específicos no formales, incidentales y formales, como son, por ejemplo, la familia, los grupos sociales en general, los grupos de pares en particular y la escuela, entre otros. (Castellanos et al., 2001, p. 21)

Se asumen en esta tesis los referentes teóricos de los especialistas del Centro de Estudios Educativos (CEE) de la Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona” (UCPEJV), cuyo soporte teórico esencial es el enfoque histórico-cultural de Vigotsky, con su concepto básico zona de desarrollo próximo o potencial (ZDP) definido como:

(...) la distancia entre el nivel que alcanza el alumno o la alumna cuando soluciona una tarea de manera independiente (su desarrollo actual), y el nivel que puede alcanzar cuando la realiza con ayuda del docente o de sus compañeros y compañeras más competentes en este terreno (su desarrollo potencial). (Castellanos, et al, 2001, p. 95)

Y en consecuencia define como PEA desarrollador:

(...) aquel que constituye un sistema donde tanto la enseñanza como el aprendizaje, como subsistemas, se basan en una educación desarrolladora, lo que implica una comunicación y actividad intencionales, cuyo accionar didáctico genera estrategias de aprendizajes para el desarrollo de una personalidad integral y autodeterminada del educando, en los marcos de la escuela como institución social transmisora de la cultura. (Addine et al., 2004, p. 48)

Según Castellanos et al. (2001) el PEA desarrollador es aquel que:

(...) se caracterizará igualmente por enfatizar en el necesario equilibrio entre la unidad y la diversidad, mediante la presencia de elementos generales (regularidades), válidos para las diferentes manifestaciones y niveles del proceso (acorde con su esencia), y su expresión en forma que puedan ser aplicados o desarrollados no sólo en contextos diversos, sino también en función a la diversidad natural, psicosocial, socioeconómica y cultural de protagonistas del proceso (acorde al reconocimiento del carácter individual de los procesos del aprendizaje). (p. 43)

Bajo el mismo enfoque histórico-cultural de Vigotsky se plantea que enseñanza desarrolladora es:

(...) el proceso sistémico de transmisión de la cultura en la institución escolar en función del encargo social, que se organiza a partir de los niveles de desarrollo actual y potencial de los estudiantes, y conduce el tránsito continuo hacia niveles superiores de desarrollo, con la finalidad de formar una personalidad integral y autodeterminada, capaz de transformarse y transformar la realidad en un contexto sociohistórico concreto. (Castellanos et al., 2001, p. 44)

Por otro lado:

Un aprendizaje desarrollador es aquel que garantiza en el individuo la apropiación activa y creadora de la cultura, propiciando el desarrollo de su auto-perfeccionamiento constante, de su autoestima y autodeterminación, en íntima conexión con los procesos de socialización, compromiso y responsabilidad social. (Castellanos et al., 2001, p. 33)

Castellanos et al. (2001) destacan que para que un aprendizaje sea desarrollador tiene que cumplir con tres criterios básicos:

- a) Promover el desarrollo integral de la personalidad del educando, es decir, activar la apropiación de conocimientos, destreza y capacidades intelectuales en estrecha armonía con la formación de sentimientos, motivaciones, cualidades, valores, convicciones e ideales. En otras palabras, un aprendizaje desarrollador tendría que garantizar la unidad y equilibrio de lo cognitivo y lo afectivo-valorativo en el desarrollo y crecimiento personal de los aprendices.
- b) Potenciar el tránsito progresivo de la dependencia a la independencia y a la autorregulación, así como el desarrollo en el sujeto de la capacidad de conocer, controlar y transformar creadoramente su propia persona y su medio.
- c) Desarrollar la capacidad para realizar aprendizajes a lo largo de la vida, a partir del dominio de las habilidades, estrategias y motivaciones para aprender a aprender, y de la necesidad de una autoeducación constante. (p. 33)

Una de las principales dimensiones del aprendizaje desarrollador que destaca Castellanos et al. (2001) y que sintetizan los tres criterios básicos lo es la significatividad, conformada por el establecimiento de relaciones significativas en el aprendizaje y su implicación en la formación de sentimientos actitudes y valores planteada anteriormente.

Castellanos et al. (2001) plantean que “la significatividad posee tanto un matiz intelectual como un matiz emocional, o más precisamente, se expresa como un resultado de la interacción entre lo cognitivo y lo afectivo-valorativo” (p. 49). “(...) la

significatividad de los aprendizajes se manifiesta también en la capacidad de estos para generar sentimientos, actitudes y valores en los/las estudiantes” (Castellanos, et al, 2001, p. 50).

En las ideas expresadas anteriormente se manifiesta la posibilidad del estudiante de:

- establecer relaciones entre los nuevos conocimientos con los anteriores, con los de otras asignaturas del currículo, con sus experiencias prácticas y con su mundo afectivo motivacional.
- la reconstrucción de las formas de pensar y actuar que le permitan aprender el contenido en diferentes contextos de aprendizaje, caracterizados por la implicación personal (mediante valoraciones, reflexiones, diferentes puntos de vista y perspectivas, análisis de consecuencias, entre otros) sobre cómo se vinculan los contenidos con su conducta, modo afectivo y necesidades auténticas de interacción con el medio circundante.

A criterio del autor de la tesis, el empleo de las TIC resulta muy importante para el logro de aprendizajes significativos:

- el ordenador actúa como elemento motivante,
- el estudiante podrá avanzar a su propio ritmo, pues puede personalizar su aprendizaje,
- fomenta el trabajo en equipo,
- da cierta independencia en el aprendizaje.

Precisamente, una tarea permanente de la estrategia curricular de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas es el uso de las TIC en el aprendizaje de los estudiantes. Por ello, en el programa de la disciplina Matemática se plantea dentro de los objetivos generales la utilización de asistentes matemáticos para la resolución

de problemas “(...) como vía para la racionalización del trabajo mental y práctico y como contribución a la fijación de conceptos, procedimientos y para el establecimiento de conjeturas” (Cuellar et al., 2019, p. 71).

Se destaca, además, el uso de la plataforma educativa como medio de apoyo al trabajo del profesor en lo que respecta a “(...) la dirección de la actividad cognitiva de los estudiantes; el profesor podrá interactuar con dichos recursos y orientarles a los estudiantes diferentes actividades hacia y con el uso de estos” (Colectivo de autores Plan de Estudio “E”, 2019, p. 73).

Un aspecto que ha sido abordado por profesionales vinculados a la investigación del PEA de la Matemática es el de cómo abordan los estudiantes los problemas matemáticos del cálculo diferencial para su solución; y aunque ha habido avances, la diversidad de particularidades y de entornos no ha permitido encontrar una solución específica para optimizar el PEA. Algunos trabajos que tratan de dar solución a esta problemática son los realizados por:

- García, Moreno y Azcarate (2006), quienes hacen referencia a que una estrategia activa y dinámica para la enseñanza del cálculo diferencial es el aprendizaje basado en problemas. Esta estrategia consiste en el planteo y resolución de problemas en cuya actividad se produce el aprendizaje, y la dificultad en esta tendencia de enseñanza está dada en la elaboración de problemas relacionados con el objeto de enseñanza, donde el cálculo diferencial implica la elaboración de problemas que abarquen desde lo conceptual hasta procedimental.
- López (2008) habla sobre cómo la era de la tecnología va creciendo en todos los campos y en el de educación no se puede quedar atrás, y plantea cómo

esas herramientas tecnológicas pueden ayudar a profundizar el aprendizaje de los estudiantes en una de las ramas básicas, para muchos, la más compleja, las matemáticas, específicamente el cálculo.

- Llerena (2012) indica que software como el Matlab y Descarte pueden ayudar para la solución de problemas del cálculo diferencial.
- Morales y Peña (2013) dan una perspectiva de lo fructífera que puede ser la aplicación de programas tecnológicos que conjuntamente con la estrategia apropiada pueden facilitar la comprensión de las matemáticas y su aplicación.
- Falsetti, Favieri, Scorzo y Williner (2013) hacen referencia a la utilización del software “Mathematica” en el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas del cálculo diferencial.
- Martínez (2014), muestra que la aplicación de la estrategia del aprendizaje basado en problemas es una de las que más se utiliza en la enseñanza de las matemáticas, que si se pudiera aplicar para la modelación de problemas del cálculo diferencial utilizando un software le serviría al estudiante para confrontar sus conocimientos adquiridos y así lograr mejor resultado académico.

A partir del análisis realizado, el autor de esta tesis considera que se debe seguir estudiando la forma en que deben enseñarse los contenidos del cálculo diferencial e integral para el desarrollo profesional del ingeniero.

En este sentido, los contenidos del cálculo diferencial e integral deben ser abordados de manera tal que se cumpla con las exigencias de la formación del profesional en su contexto con la necesaria integración de las TIC. Y aunque en las

TIC no está la total solución de las dificultades que presentan los estudiantes en el PEA, su empleo puede producir un cambio en la manera en que se enseña.

Al respecto es de vital importancia fomentar la necesidad de un cambio en las metodologías tradicionales de enseñanza.

Cuando se produce el cambio del PEA tradicional a un entorno tecnológico se produce una redefinición de sus tareas, donde las actitudes, la competencia y su formación muestran una influencia sustancial en el proceso de adopción de la tecnología en su práctica docente (Newhouse, 2002).

Por lo tanto, “el profesor debe dejar de ser un orador o instructor que domina los conocimientos, para convertirse en asesor, orientador, facilitador y mediador del PEA” (Segura, Candiotti y Medina, 2007, p. 6).

Los resultados de los trabajos de los investigadores antes mencionados no ofrecen una concepción del PEA del cálculo diferencial e integral que contribuya a la significatividad de su aprendizaje en los estudiantes con el uso de las TIC y la resolución de problemas de la especialidad y de su vida cotidiana. Por ello, en esta investigación, el autor tiene en cuenta la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas sobre la base de las dimensiones referidas:

- Establecimiento de relaciones significativas en el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral.

Abordan las relaciones entre los nuevos conocimientos y los que ya se poseen, las valoraciones de los estudiantes sobre la importancia de la resolución de problemas de la especialidad y de su vida cotidiana y el empleo de las TIC para lograrlo, así

como la implicación afectivo-motivacional de los estudiantes en el PEA del cálculo diferencial e integral.

- Implicación en la formación y desarrollo de sentimientos, actitudes y valores en el PEA del cálculo diferencial e integral.

Se asumen aspectos actitudinales y afectivos que implican a los estudiantes en el estudio del cálculo diferencial e integral.

En la presente investigación se utilizan los recursos del espacio virtual de la universidad denominado plataforma educativa Moodle para facilitar el intercambio entre los profesores-estudiantes, estudiantes-estudiantes con el empleo del asistente matemático GeoGebra.

### **1.3 Utilización de las tecnologías de la información y las comunicaciones y la resolución de problemas de la especialidad en función de la significatividad del aprendizaje en la formación de Ingenieros en Ciencias informáticas.**

El desarrollo científico técnico alcanzado exige la formación de profesionales altamente calificados que sean capaces de atender las necesidades de la sociedad.

Unos de los desafíos de la universidad en la época actual lo constituye la formación de ingenieros con la más alta preparación no solo en su especialidad, sino, además, con valores y cualidades de la personalidad que le permitan insertarse en la sociedad de forma exitosa y cumplir con las expectativas que esta propia sociedad espera sobre su desempeño.

Para lograr los propósitos antes citados, se requiere explorar nuevas concepciones del PEA que acentúen la participación activa del estudiante, con énfasis en el nuevo rol del docente que permita desarrollar habilidades que lo preparen y lo conduzcan a



ser flexible para desempeñarse laboralmente, lo cual demanda formación, transformación e innovación durante toda la vida.

Los elementos apuntados requieren dotar al estudiante universitario de un conjunto de habilidades o destrezas que le permitan enfrentar el futuro; la Junta de Acreditación para la Ingeniería y la Tecnología las caracteriza en siete categorías:

1. Destrezas de aprendizaje independiente e interdependiente para toda la vida.
2. Habilidades de pensamiento crítico y creativo para la solución de problemas.
3. Habilidades o competencias para el trabajo interpersonal y el trabajo en equipo.
4. Competencias comunicativas.
5. Habilidades para expresar juicios y capacidad de auto-juicio (evaluación y autoevaluación)
6. Integración del conocimiento disciplinar.
7. Capacidad para manejar el cambio.

Consideran que la formación de los profesionales universitarios requiere cambios en la concepción del proceso de formación. En el caso del ingeniero se debe lograr dotarlo de las habilidades mencionadas para que se desempeñe adecuadamente durante sus estudios y en el entorno laboral en que se desenvolverán. Esto requiere que el docente se convierta en orientador para acceder al conocimiento y gestione el ambiente propicio en que se desarrolla el PEA.

Las categorías antes mencionadas tienen su relación con los valores responsabilidad, solidaridad, honestidad y laboriosidad a desarrollar en la disciplina Matemática en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

En tal sentido, es importante que el estudiante tenga la responsabilidad de tomar parte activa en su propio aprendizaje y no sólo permanecer como un receptor pasivo del conocimiento.

El profesor debe tener la expectativa de que el aprendizaje es un proceso gradual de asimilación, y transmitir confianza que se traduce en una actitud de que algo importante puede surgir de cada clase. Esta actitud promueve en los estudiantes la seguridad necesaria para preguntar o analizar sobre lo que se pretende enseñarles, lo que poco a poco va resultando en una independencia de criterio, que puedan darle nuevos y creativos modos de aplicación al material de estudio; se busca que los estudiantes sean autónomos en su aprendizaje, y resolver los problemas profesionales a los que se enfrentarán al salir de la Universidad.

Construir su propio conocimiento a través de la interacción con sus compañeros es uno de los mayores beneficios que aporta el trabajo en equipos y que fomenta el valor solidaridad con una combinación de estudiantes con capacidades y limitaciones. La interacción entre los estudiantes activa procesos mentales, como la comprensión, el pensamiento crítico, el razonamiento, entre otras, en la realización de tareas de media y alta complejidad promoviendo la integración del conocimiento disciplinar.

En el propio escenario, en un ambiente de respeto por los demás, de un sentido de ética personal, manifestada en un espíritu crítico y autocrítico al evaluar la calidad de una solución propia o de una persona se favorece en el estudiante la honestidad.

Las TIC son un medio adecuado para fomentar el trabajo en equipos. Su uso se hace cada día más necesario, específicamente, en las instituciones de enseñanza superior, pues contribuyen al desarrollo del individuo y consecuentemente de la

sociedad, en consonancia con la globalización del acceso a la información y democratización del conocimiento.

El acelerado desarrollo científico, generador de los avances en el campo de las TIC, hace que la sociedad necesite de un hombre capaz de usar estas tecnologías para aprender a aprender a lo largo de toda la vida. En la sociedad de la era digital la información y el conocimiento adquieren un valor cada vez mayor.

En el actual contexto tecnológico en que se desarrolla el PEA se imponen nuevas formas de enseñar y aprender en el mundo moderno. En este proceso, el docente debe dominar el trabajo con las tecnologías y ser capaz de crear nuevas estrategias para el desarrollo del PEA en las que se fomente el papel principal del estudiante en la gestión del conocimiento. Se coincide con el siguiente criterio:

En la actualidad el acceso al conocimiento es ilimitado, se puede adquirir en disímiles instituciones o instalaciones, incluso en el hogar y se le puede dedicar al aprendizaje todo el tiempo que se desee e incursionar en las más variadas materias, lo que precisa que el PEA sea perfeccionado en función de que toda la tecnología que se dispone en las universidades u otros espacios académicos sea integrada a dicho proceso en beneficio de la labor de los profesores y estudiantes que permita elevar los niveles de formación de los estudiantes. (Abreu, 2015, pp. 26-27)

La incorporación de las TIC al PEA, demanda no solo de su aprendizaje, sino del uso y aprovechamiento de las potencialidades que estas ofrecen para estar en correspondencia con las constantes transformaciones que se llevan a cabo en el actual siglo.

Con la introducción de la computadora, el DVD, asistentes matemáticos, teléfonos inteligentes, tabletas y otros recursos, se debe desarrollar un PEA más activo, interdisciplinario y contextualizado a las necesidades de los estudiantes y de la sociedad. Estos recursos, además de servir de medios en el PEA, motivan y despiertan intereses de los estudiantes, lo que favorece que ellos se inserten en un mundo en el que las redes informáticas alcanzan un mayor protagonismo, acortando distancias y socializando los conocimientos y nuevos descubrimientos con gran rapidez.

Al respecto, se coincide con Granera (2017) en que “(...) en la medida que el docente reconozca la utilidad que tiene el uso de la computadora y aumente sus habilidades informáticas, contribuirá a la mejora continua del PEA (...)” (p. 18).

El propio autor refiere y concuerda con ello el investigador de esta tesis, que:

(...) si el profesor asume una actitud positiva hacia la herramienta computacional, valorando las virtudes y potencialidades de dicha herramienta, además generando estrategias que lleven a su inclusión en la práctica, tendremos estudiantes creativos e innovadores. Estos podrán dar respuesta y/o solución a las situaciones de aprendizaje en las que se vean involucrados. (pp. 18-19)

Una de las bondades que ofrecen las computadoras es la interactividad que se crea con el estudiantado; una forma de conseguirlo es mediante el empleo del software educativo, lo que se convierte en una herramienta para propiciar la actividad de construcción y reconstrucción del conocimiento por el propio estudiante en interacción con el software y el grupo, bajo la dirección del profesor, quien actuará como mediador en el proceso.

Un proyecto realizado en Cuba de forma exitosa fue el de la elaboración de las colecciones de software educativos para los diferentes niveles de enseñanza; de esta manera se confeccionaron las colecciones: A Jugar, Multisaber, El Navegante y Futuro que cubren curricularmente los contenidos de las diferentes asignaturas en todos los grados. Estas colecciones se desarrollaron bajo el concepto hiperentorno de aprendizaje que no es más que un sistema informático basado en la tecnología hipermedia que contiene una mezcla o elementos representativos de diversas tipologías de software educativos.

Otros programas muy utilizados en la actualidad son los asistentes matemáticos, algunos son de propósito general, tienen incorporados una amplia serie de herramientas de cálculo y de representación que permiten abordar distintas ramas de la Matemática: aritmética, álgebra simbólica, geometría, cálculo vectorial y matricial, funciones, curvas y superficies, entre otros. Entre estos se encuentran el DERIVE y el GeoGebra.

Álvarez y Villegas (2014) hacen una caracterización del GeoGebra y refieren que es:

(...) un recurso escrito en Java y disponible en múltiples plataformas, este permite el dinamismo de las figuras geométricas, lo que facilita analizar la variación o no de sus propiedades y relaciones al modificarlas. De la misma forma posibilita examinar un objeto matemático en diferentes registros de representación, por medio de la articulación de su interfaz gráfica con una algebraica, una de cálculo simbólico y una hoja de cálculo, lo que favorece el establecimiento de relaciones y una comprensión más profunda de lo que se estudia. Este software permite visualizar propiedades y relaciones, experimentar, efectuar simulaciones, elaborar conjeturas, y obtener ideas

para su demostración, sin excluir la interacción con otros para gestionar el conocimiento y enriquecer sus ideas matemáticas. Tiene como gran ventaja que permite muy fácilmente la representación de objetos en 3D. (Álvarez y Villegas, 2014)

Por otra parte, Gilbert y Hernández (2019) plantean que el GeoGebra:

(...) es un software libre que combina geometría, álgebra y cálculo. (deriva, integra, representa y otras operaciones); es dinámico, (...); permite desplazar las construcciones geométricas sin que estas pierdan las cualidades matemáticas contempladas en su creación; (...), permite observar simultáneamente distintas representaciones de un objeto matemático (gráfica, algebraica y tabular), hace posible generar animaciones que pongan en evidencia una propiedad; posibilita realizar simulaciones; observar la variación de la gráfica de una función al variar algunos de sus parámetros. (p. 5)

Los propios Gilbert y Hernández (2019) consideran que:

Estas características del GeoGebra posibilitan potenciar la significatividad y la motivación en el aprendizaje de la Matemática, pues brinda la posibilidad de concebir el trabajo de forma experimental, posibilita que los estudiantes establezcan relaciones entre los contenidos, sus experiencias prácticas, con su mundo afectivo motivacional, que integre el saber de las distintas áreas de la Matemática, su implicación personal mediante valoraciones, reflexiones, análisis de consecuencias y diferentes puntos de vistas y perspectiva, entre otros. (pp. 5-6)

Se concuerda con los autores anteriores, pues, por sus múltiples beneficios en el tratamiento del cálculo diferencial e integral se considera su inclusión en la alternativa didáctica que se propone en el segundo capítulo de esta tesis.

Otro software muy difundido en la enseñanza de la Matemática es el MATLAB, un programa para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices. Como caso particular puede también trabajar con números escalares, tanto reales como complejos, con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas. “Una de las capacidades más atractivas es la de realizar una amplia variedad de gráficos en dos y tres dimensiones. MATLAB tiene también un lenguaje de programación propio” (García de Jalón, Rodríguez y Vidal, 2005, p. 7).

Otros autores han incursionado en la enseñanza de la Matemática mediante la creación de comunidades virtuales, tal es el caso del proyecto Weblab. Según Sacristán, Parada y Olivera (2013), Weblab fue un proyecto de investigación europeo en Matemática Educativa. Se caracterizó por la creación de un laboratorio virtual y una comunidad de estudiantes, profesores e investigadores que exploraron de manera colaborativa diversos fenómenos matemáticos y científicos.

En este proyecto se buscaba “(...) desarrollar nuevas infraestructuras computacionales para la exploración de ideas matemáticas y utilizó varios ambientes computacionales como la plataforma Imagine Logo y el entorno de programación ToonTalk” (Sacristán et al., 2013, p.169).

Dentro de los resultados más notables, Matos (2005) destaca que el proyecto permitió crear condiciones para que los estudiantes se comunicaran y trabajaran en forma colaborativa por medio de la Internet, de modo que se pudo establecer una experiencia de aprendizaje a nivel internacional, a la vez que fomentó el

desenvolvimiento de los estudiantes, promovió el desarrollo del pensamiento matemático de estos y valorizó los aspectos sociales y culturales de la Matemática.

La UCI posee la plataforma educativa Moodle o Modular Object - Oriented Dynamic Learning Environment (Entorno de Aprendizaje Modular y Dinámico Orientado a Objetos). El trabajo en Moodle se centra en la creación y actualización de cursos que son creados y gestionados por los profesores y por la atención a los usuarios que son matriculados como estudiantes.

Moodle ofrece varios servicios y recursos que posibilitan la comunicación en línea entre profesores y estudiantes, ya sea vinculada a alguna actividad lectiva o no. Las actividades (tareas, consultas, lección, cuestionarios, charlas, fórum, glosarios, encuestas, taller, diario, entre otras), constituyen el núcleo del sistema de gestión de cursos.

La plataforma promueve un esquema de enseñanza-aprendizaje colaborativo en el que el estudiante es protagonista activo en su propia formación por lo que el papel del profesor puede ir más allá de la trasmisión del conocimiento a través de materiales estáticos dirigidos al estudiante, su función es la de crear un ambiente apropiado que le permita al estudiante construir su propio conocimiento a partir de las orientaciones, los materiales didácticos y los recursos y actividades que proporciona el sistema.

Pérez, Rojas y Paulí (2008) afirman que un curso virtual debe caracterizarse, entre otros, por los siguientes rasgos:

- proporciona mayor riqueza del proceso de formación;
- proporciona mayor motivación por el aprendizaje;
- potencia la comunicación entre los agentes educativos;



- permite llevar un seguimiento del PEA. (p. 4)

Estos mismos autores fundamentan los criterios antes señalados apuntando que:

Se proporciona mayor riqueza al proceso de formación por cuanto:

- brinda acceso a más información, mayores oportunidades, mayor flexibilidad, más eficiencia en el uso de los recursos,
- permite acercarse a conceptos complejos y abstractos con una mayor riqueza de lenguajes a través del uso combinado de sonido, animaciones, videos, simulaciones,
- permite además abarcar más contenidos en el proceso formativo: conceptos, actitudes y habilidades,
- potencia el trabajo en colectivo como método de aprendizaje,
- disminuye la carga del profesor de tareas como transmisor de información y fortalece su papel como orientador,

Al referirse al aumento de la motivación aseguran que:

- posibilita la participación protagonista de los estudiantes,
- potencia la interactividad de los contenidos y la creatividad en las técnicas utilizadas para la creación de los mismos,
- posibilita bloquear los métodos tradicionales de enseñanza,
- estimula el deseo de superación por medio del aprendizaje con autoevaluaciones insertadas de forma continua en el curso.

Se potencia la comunicación entre los agentes educativos facilitando la aclaración de dudas de un estudiante por parte de cualquier otro. Se facilita, además:

- el aprendizaje mediante el intercambio de opiniones entre estudiantes y con el profesor,

- el establecimiento de relaciones más cercanas entre los estudiantes.

Por último:

Desde la perspectiva del profesor brinda mayor información sobre la dedicación de los estudiantes al trabajo con las actividades del curso y de sus resultados, posibilita la toma de decisiones y la reorganización de las actividades o del enfoque del curso con inmediatez, facilita la evaluación continua, así como evaluar el propio curso. Desde la perspectiva del estudiante brinda acceso a información de su proceso de aprendizaje (Pérez et al., 2008, p. 4).

En esta investigación se proyecta utilizar el EVEA de la Matemática de la universidad donde están incorporados problemas de la especialidad y de su vida cotidiana en el tratamiento del cálculo diferencial e integral con el empleo del asistente matemático GeoGebra, de manera que participen más en el proceso y se sientan más acompañados y asistidos en su aprendizaje.

La justificación del empleo de problemas de la especialidad encuentra fundamentación en el planteamiento del Dr. C. Luis Campistrous:

“...la aparición de la tecnología contemporánea ratifica cada vez más que la actividad distintiva del hombre es la resolución de problemas y que la Matemática como actividad típicamente humana es esencialmente una actividad de pensamiento y no una rutina o mecanismo que las máquinas pueden realizar.” (Campistrous y Rizo, 2000, p. 3)

Se asume que:

Un problema es un ejercicio que refleja determinadas situaciones a través de elementos y relaciones del dominio de las ciencias o la práctica, en el lenguaje

común y exige de medios matemáticos para su solución; se caracteriza por tener una situación inicial (elementos dados, datos) conocida y una situación final (incógnita, elementos buscados) desconocida, mientras que su vía de solución también desconocida se obtiene con ayuda de procedimientos heurísticos. (Ballester et al., 1992, p. 407)

Para la resolución de los problemas se asume el Programa Heurístico General propuesto por Polya en el que se distinguen cuatro etapas: orientación hacia el problema, trabajo en el problema, solución del problema y evaluación de la solución y la vía, con sus funciones bien delimitadas con el apoyo de las potencialidades del EVEA de la Matemática.

Se coincide con Palacios (2002) quién pone de manifiesto algunas ventajas a partir del planteamiento y la resolución de problemas, que resulta una vía para contribuir a la motivación de los estudiantes por la profesión para la que se preparan.

Estas ventajas son:

- Aumenta el interés de los estudiantes al ver la inmediata aplicación práctica de lo que estudia.
- El estudiante deja de ser un receptor de las ideas exclusivas del profesor y se convierte en un protagonista de la actividad, con una activa participación.
- Los contenidos no se olvidan con facilidad pues la mayoría de los problemas, principalmente los que tienen texto, permiten asociar el contenido matemático con los intereses de la comunidad y del estudiante en particular.
- Pueden formularse nuevas preguntas sobre la situación resuelta, aspectos tan importantes como la propia resolución de problemas.

- Ayudan a desarrollar la expresión oral, por tanto, facilita el poder de comunicación, desarrollando y enriqueciendo el idioma.
- Contribuyen a dar respuestas a intereses e inquietudes de los estudiantes, si se plantean en correspondencia con éstas.
- Contribuyen a eliminar creencias negativas respecto a la capacidad del estudiante hacia la Matemática.

Si bien es cierto que, diversos trabajos han abordados la resolución de problemas en el estudio del cálculo diferencial e integral, las mismas no se centran su atención en la utilización de las TIC en la resolución de problemas para propiciar la significatividad del aprendizaje en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.

A juicio del autor de la tesis este aspecto tiene una importancia relevante, pues se trabaja con el EVEA de Matemática y con el asistente matemático GeoGebra para la resolución de problemas vinculados con aspectos de la vida de la sociedad en las diferentes esferas y favorece su aplicación en la interpretación de la realidad objetiva y de modo particular al análisis de los problemas de la labor profesional.

Silva (2011) afirma que es una necesidad cada vez mayor contar con un EVEA de apoyo en el trabajo del docente en los escenarios educativos, los cuales se deben construir tomando en cuenta una serie de elementos, de tal forma que no se reproduzca en estos los aspectos propios de las clases tradicionales, navegando hacia modelos innovadores con una participación mayor del estudiante.

No todo es tecnológico, en el trabajo se tiene una concepción didáctica para la integración de las tecnologías al PEA del cálculo diferencial e integral. En esta concepción las tecnologías no se consideran un elemento externo del sistema de

categorías de la didáctica, sino que se integran a este. Al respecto Torres (2005) plantea que:

La introducción de las TIC en la enseñanza no puede hacerse como si fueran un instrumento externo desligado del sistema didáctico de la asignatura. Defendemos que al introducir las TIC en la enseñanza se deben producir cambios en las categorías principales del sistema didáctico: objetivos-contenidos-métodos y que, en este caso, las TIC como medios se integren al sistema didáctico con lo que resulta un sistema más complejo: objetivos-contenidos-métodos-medios. En este sistema las relaciones son mutuas ya que las categorías fundamentales, a su vez, actúan sobre la utilización de las TIC modificando las formas y alcances de estas. Es por estas razones que hablamos de concepción didáctica de las TIC en la enseñanza. (pp. 5-6)

El propio autor refiere y concuerda con ello el investigador de esta tesis, que:

Para la introducción de las TIC en la enseñanza se hace necesario, entre otras condiciones, que se pueda contar con el equipamiento adecuado en los centros, con el personal docente preparado en el manejo de esta tecnología y con una concepción didáctica que permita orientar a los profesores en este sentido. (p. 3)

En la UCI, donde se realiza la investigación, se cuenta con los recursos humanos preparados, existen los recursos materiales y organizativos necesarios, pero no se cuenta con una concepción didáctica para la integración de las tecnologías al proceso lo que se tuvo en cuenta en la elaboración de la alternativa didáctica.

La integración de las TIC al PEA del cálculo diferencial e integral en la carrera debe hacerse de manera tal que no afecte el desarrollo de las habilidades de cálculo que

debe lograrse, por ejemplo, cuando se está trabajando en función del desarrollo de la habilidad de calcular derivadas, no se debe utilizar un asistente matemático que automáticamente la calcule pues lo que se pretende es que el estudiante aprenda a hacerlo; posteriormente, cuando la habilidad está lograda se puede pasar a la solución de situaciones complejas donde resulta didácticamente aconsejable la utilización del asistente.

El empleo de las TIC en la resolución de problemas debe hacerse de forma tal que se preste más atención a las vías de resolución y a la ganancia metodológica que se pueda extraer del proceso, favoreciendo el desarrollo del pensamiento lógico.

La utilización racional del asistente favorece la reflexión, la mejor comprensión de conceptos, el análisis de los resultados y posibilita desarrollar un PEA más próximo a la vida, a los problemas de la ciencia y la técnica, a los problemas cotidianos a los que se enfrenta el estudiante y en particular a los relacionados con la carrera.

### **Conclusiones del capítulo 1**

El PEA del cálculo diferencial e integral en las carreras de ingenierías constituye uno de los mayores desafíos de la educación actual, no solo porque estos temas son esenciales en la formación de ingenieros, sino que, a través de la historia, los estudiantes de los primeros años de la mayoría de las carreras de ingeniería como es el caso de la Ingeniería en Ciencias Informáticas, presentan dificultades en su asimilación y una parte considerable de ellos optan por abandonar los estudios.

Son diversas las tendencias actuales en el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral. Para esta tesis resulta de especial significación las que plantean el protagonismo de las TIC para la introducción de los conceptos esenciales y para la resolución de ejercicios del tema y de problemas propios de la especialidad.

Con la inserción de las TIC en los planes de estudio y la resolución de problemas propios de la especialidad en la formación de ingenieros, se puede contribuir al logro de aprendizajes significativos en los estudiantes. Esto compromete a los profesores con la necesidad de un cambio en las metodologías tradicionales para lograrlo.

La estructuración del PEA del cálculo diferencial e integral con el apoyo de las TIC en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas considera la utilización de herramientas como el EVEA de la asignatura Matemática para facilitar el intercambio entre los profesores y estudiantes, así como entre ellos y el asistente matemático GeoGebra que puede favorecer una penetración más profunda en el contenido que se estudia mediante una actividad matemática más experimental, de búsqueda del conocimiento, de establecimiento de conexiones, lo que contribuye a fomentar la significatividad y del aprendizaje de la asignatura.

**CAPÍTULO 2. EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-  
APRENDIZAJE DEL CÁLCULO DIFERENCIAL EN LA CARRERA DE  
INGENIERÍA EN CIENCIAS INFORMÁTICAS**



## **CAPÍTULO 2. EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CÁLCULO DIFERENCIAL EN LA CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS INFORMÁTICAS**

En este capítulo se presenta la operacionalización de la variable en estudio a partir de los resultados de la sistematización teórica realizada anteriormente, además se hace una caracterización del estado actual del PEA del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas, destacando aspectos relacionados con la significatividad del aprendizaje.

Se presenta una alternativa didáctica para el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral con el empleo de las TIC que contribuye a la significatividad del aprendizaje de los estudiantes en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas, su implementación en una primera versión en un grupo de CpE con el objetivo de comprobar los efectos en la significatividad del aprendizaje en estos estudiantes y así realizar los ajustes necesarios para someterla al criterio de especialistas. Se diseñó un pre-experimento en un grupo del CD para comprobar la viabilidad de la alternativa didáctica, el cual no se pudo realizar por los efectos de la pandemia de la Covid-19.

### **2.1 Definición de la variable en estudio. Dimensiones, subdimensiones e indicadores.**

La sistematización realizada por el autor en el capítulo I de esta tesis permitió identificar la variable, las dimensiones, subdimensiones e indicadores y confeccionar

los instrumentos para la caracterización del estado actual del PEA del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

La definición de la variable en estudio y la operacionalización realizada fueron sometidas a consulta de 9 especialistas (Anexo 2);

Los especialistas evaluaron los indicadores determinados para cada una de las dimensiones e hicieron valiosas sugerencias y recomendaciones. Estas últimas fueron tomadas en consideración para el mejoramiento de la definición de la variable en estudio y su operacionalización, que se presentan en su versión final en este epígrafe.

Se identificó como variable en estudio: **La significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.**

**Definición de la variable en estudio:**

La significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas expresa el vínculo de los nuevos conocimientos relacionados con el tema con los que ya se poseen, con la experiencia cotidiana, en particular con la carrera y con el mundo afectivo-motivacional del estudiante, lo que conduce a la formación y desarrollo de sentimientos, actitudes y valores. (Rojas, 2019).

**Dimensiones:**

**1- Establecimiento de relaciones significativas en el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral.**

En esta dimensión se abordan las relaciones entre los nuevos conocimientos y los que ya se poseen, las valoraciones de los estudiantes sobre la importancia de la

resolución de problemas de la especialidad y de su vida cotidiana y el empleo de las TIC para lograrlo, así como la implicación afectivo-motivacional de los estudiantes en el PEA del cálculo diferencial e integral.

**Indicadores:**

- 1.1- Nivel en que el estudiante relaciona los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral con los conocimientos matemáticos que ya posee.
- 1.2- Nivel en que el estudiante valora el papel de los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral para el estudio y resolución de problemas relacionados con su experiencia cotidiana.
- 1.3- Nivel en que el estudiante valora el papel de los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral para el estudio y resolución de problemas relacionados con la especialidad.
- 1.4- Nivel con que el estudiante emplea las TIC para el estudio y resolución de problemas relacionados con su especialidad y con su experiencia cotidiana.
- 1.5- Grado de implicación afectivo-motivacional demostrado por el estudiante durante el PEA del cálculo diferencial e integral.

**2. Implicación en la formación y desarrollo de sentimientos, actitudes y valores en el PEA del cálculo diferencial e integral.**

En esta dimensión se asumen aspectos actitudinales y afectivos que implican a los estudiantes en el estudio del cálculo diferencial e integral. Se consideran los valores en los que se puede lograr una mayor contribución desde el PEA del cálculo diferencial e integral.

**Subdimensión 2.1: Implicación en la formación y desarrollo de sentimientos y actitudes hacia el estudio del cálculo diferencial e integral y hacia la carrera.**

**Indicadores:**

- 2.1.1- Nivel de desarrollo de sentimientos en el estudiante como la autoconfianza y la autoestima, resultado de sus vivencias en el PEA del cálculo diferencial e integral a nivel personal y grupal.
- 2.1.2. Grado de asunción de actitudes positivas hacia sus deberes en el estudio del cálculo diferencial e integral y su influencia en el desarrollo de la ética necesaria para el ejercicio de la carrera, a partir de experiencias de aprendizaje e intercambio en el grupo.

**Subdimensión 2.2: Desarrollo de valores en el PEA del cálculo diferencial e integral.**

**Indicadores:**

- 2.2.1- Nivel de desarrollo del valor responsabilidad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.
- 2.2.2- Nivel de desarrollo del valor laboriosidad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.
- 2.2.3- Nivel de desarrollo del valor solidaridad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.
- 2.2.4- Nivel de desarrollo del valor honestidad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.

Estos valores forman parte del sistema de valores de la disciplina Matemática y son medibles en el PEA del cálculo diferencial e integral.

### **2.1.1 Caracterización del estado actual del proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la Ingeniería en Ciencias Informáticas.**

Para la aplicación de los instrumentos se seleccionó, de forma aleatoria, una muestra de 91 estudiantes de la carrera que se encontraban recibiendo el cálculo diferencial e integral en el curso 2018-2019.

A estos estudiantes se les aplicó una encuesta para la autoevaluación del estado de los indicadores establecidos en el epígrafe 2.1. (Anexo 3).

Se realizó una entrevista grupal para contrastar los resultados obtenidos de la aplicación de la encuesta y valorar sugerencias de los estudiantes para contribuir al aprendizaje de los temas que se estudian. (Anexo 4).

Se observaron 6 clases en la asignatura Matemática I en el CD con el objetivo de caracterizar el trabajo que se realiza en función de la significatividad del aprendizaje en los temas de cálculo diferencial y cálculo integral. (Anexo 5).

Se realizó una entrevista a cinco profesores de Matemática I (Anexo 6) para valorar el estado actual de la significatividad del aprendizaje en el cálculo diferencial e integral en los estudiantes y sus sugerencias para mejorar el PEA de la asignatura.

Se les aplicó además el cuestionario de la encuesta del Anexo 3, que fuera utilizado inicialmente para la autoevaluación de los estudiantes y los resultados se recogen en el Anexo 7.

Los resultados de la aplicación de todos estos instrumentos permitieron caracterizar el estado actual de la variable en estudio en cada una de las dimensiones (Anexo 8):

La dimensión 1 fue catalogada de Bajo. Se destacaron las insuficiencias en los conocimientos previos de los estudiantes, lo que dificultó que se pudiera establecer

una relación adecuada de estos con los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral.

Así mismo, se pudo constatar que los estudiantes no aprecian, en la mayoría de los casos, el papel del cálculo diferencial e integral para el estudio y resolución de problemas relacionados con su experiencia cotidiana y con la especialidad que estudian, consecuencia del inadecuado tratamiento realizado de estos temas, en los que ha predominado la ausencia de estos tipos de problemas.

Como consecuencia de estas dificultades se pudo apreciar además muy baja implicación afectivo-motivacional en el estudio del cálculo diferencial e integral.

La dimensión 2 también fue valorada de Bajo, como consecuencia de las evaluaciones de Bajo de sus dos subdimensiones.

En la subdimensión 2.1 se observaron insuficiencias en los dos indicadores, las dificultades que presentaron los estudiantes en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral los condujo a una muy baja autoestima en cuanto a sus posibilidades de obtención de mejores resultados en la carrera.

Respecto a la subdimensión 2.2, se apreciaron dificultades en todos los valores, en especial en la laboriosidad, en la responsabilidad y en la honestidad. Se observó una tendencia a simplificar procedimientos, menosprecio de la esencia de los fenómenos y análisis superficiales.

De esta forma se consideró evaluada de Bajo también la subdimensión 2.2.

Es criterio de este autor que la ausencia de problemas vinculados a situaciones reales relacionadas con el desarrollo del país y la pobre valoración del papel que ellos juegan en el desarrollo de la economía del país y de la sociedad en sentido

más amplio, influye negativamente en el desarrollo de sentimientos, actitudes positivas ante el estudio y el trabajo y de valores en general.

Una vez analizados los resultados de los instrumentos aplicados, se arribó a la conclusión de que, efectivamente, el aprendizaje del cálculo diferencial e integral resulta poco significativo para los estudiantes de la carrera, lo que evidencia dificultades en la conducción del PEA de estos temas y justifica a la necesidad del planteamiento de una solución al problema.

Teniendo en cuenta que existe una labor de los profesores para obtener mejores resultados en el aprendizaje, que hay acciones de las que ellos realizan que se pueden mantener, pero que es necesario realizar nuevas acciones que conduzcan a una forma diferente de desarrollar el PEA, se propone una alternativa didáctica que incluye la combinación de dos elementos que no han sido explotados suficientemente por separado y menos aún en conjunto: el trabajo con las TIC y la resolución de problemas vinculados con la especialidad.

## **2.2 Presentación de la alternativa didáctica para contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la Ingeniería en Ciencias Informáticas.**

Para presentar una alternativa didáctica como un resultado científico en el campo de la educación fue necesario profundizar en el estudio de algunas definiciones de alternativas como la de Valle (2007), Fonticella (2008), Ballester (2009) y Gibert (2012). En esta investigación se asume la definición dada por Ballester (2009) que plantea que una alternativa didáctica es:

Una vía, forma o procedimiento para la dirección del PEA, que se distingue de otras con objetivos y/o propósitos iguales o similares, en atención a su

singularidad. Esta representa una variante contextualizada, que constituye una opción a escoger para la planificación, organización, regulación, control y/o evaluación del PEA. (p. 4).

Se asume esta definición por cuanto se propone por el autor de la tesis una vía para la dirección del PEA del cálculo diferencial e integral en la formación de ingenieros en Ciencias Informáticas, que representa una variante para su desarrollo con el propósito de contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en los estudiantes de la carrera.

Sin embargo, se atenderá además al planteamiento de Valle (2007) de que una alternativa puede ser considerada una metodología, por lo que se asumirá su forma de presentarla en el informe de investigación.

Son elementos distintivos de esta alternativa la incorporación de las TIC mediante el empleo de GeoGebra y el EVEA y la resolución de problemas propios de la especialidad en la que se forman los estudiantes.

Constituyen **características de la alternativa didáctica**, además de los elementos que la distinguen, señalados en el párrafo anterior:

- La potenciación de las relaciones entre los componentes del PEA del cálculo diferencial e integral, teniendo en cuenta además del trabajo con los problemas de la especialidad y el uso del EVEA y del GeoGebra, los recursos disponibles en el laboratorio de computación, y los recursos digitales individuales de los estudiantes (teléfonos móviles, laptops, tabletas).
- Su flexibilidad, lo que posibilita realizar los ajustes necesarios de acuerdo a los avances o retrasos que se presenten en su desarrollo y su posible implementación tanto en CD como en CpE.



- La participación activa y consciente de los estudiantes, el grupo y el profesor en función de la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral, lo que favorece el desempeño exitoso en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas y en la vida cotidiana.
- Integra los contenidos de las asignaturas Matemática I y Matemática II con los problemas relacionados con la especialidad. Se establece el vínculo entre el conocimiento nuevo y el ya existente atendiendo a las exigencias del aprendizaje significativo.
- La atención a la ZDP de los estudiantes mediante la introducción de niveles de ayuda protagonizados por el profesor y el grupo o algún integrante aventajado de este.
- El trabajo con los problemas de la especialidad de forma individual, en dúos o tríos puede crear espacios propicios para que el estudiante emita juicios, converse, valore los resultados obtenidos por él y sus compañeros en función de su futuro desempeño profesional.
- Las valoraciones sobre el contenido de los problemas y sus implicaciones sociales, la necesidad de valorar y emitir juicios sobre el trabajo de los compañeros, el reconocimiento de los errores cometidos, la persistencia para poder arribar a la solución más adecuada, la ayuda a los compañeros que lo necesitan, entre otras acciones propiciadas por el profesor, están encaminadas a contribuir al fortalecimiento de valores en los estudiantes.
- Se concibe, a partir de las tareas planificadas, el desarrollo de capacidades, habilidades y hábitos intelectuales que obliguen a considerar los problemas desde todas las perspectivas y puntos de vista posibles, que impliquen la

búsqueda, procesamiento y comunicación de información, desde un pensamiento contextual o medioambiental, y que favorezca el desarrollo de la creatividad.

- Es motivadora, ya que desde el punto de vista intrínseco permite la satisfacción de las necesidades de aprendizaje y atribución de sentido al contenido, aportando al conocimiento, interpretación y transformación de la actividad práctico – social del sujeto; y en consecuencia a un mejor desempeño como estudiante.
- Presenta diferentes etapas para producir un cambio gradual en un tiempo determinado. Las etapas que la caracterizan son: diagnóstico, planificación, ejecución y evaluación.

Las características analizadas permiten dinamizar el sistema de acciones previstas en cada una de las etapas de la alternativa con el fin de contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.

La alternativa didáctica que se presenta tiene como componentes el objetivo, las exigencias didácticas, las etapas: diagnóstico, planificación, ejecución y evaluación que se implementan mediante acciones del profesor, el estudiante y el grupo, según proceda, y se ofrecen consideraciones metodológicas en cada una de las etapas.

**Objetivo general de la alternativa didáctica:** contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.

**Exigencias didácticas generales:**

El proceder didáctico se sustenta con el empleo de las TIC y su interrelación dialéctica con las categorías de la didáctica. La utilización de asistentes matemáticos

y el EVEA deben ser la mediación para llegar al conocimiento, desarrollar las habilidades y fomentar los valores a partir de considerar que los objetivos se pueden alcanzar a un mayor nivel, se deben utilizar métodos activos, así como formas de organización que combinen lo individual y lo grupal presencial y a distancia, aplicando formas de evaluación que combinen lo conceptual con lo operacional.

Se propone por el autor de la tesis las siguientes exigencias didácticas:

- Propiciar la autoevaluación del estudiante mediante el EVEA partiendo de los conocimientos adquiridos en el PEA del cálculo diferencial e integral.

Es necesario que el estudiante se autoevalúe, que conozca qué logra hacer sólo, lo que puede hacer con otros, o solicitar la ayuda requerida en el momento preciso. Debe profundizar en el conocimiento de sí mismo respecto a su aprendizaje y reflexionar sobre si éste es posible a partir del autodiagnóstico. Esto permite que se potencie el desarrollo de la autoevaluación y se pueda autorregular el proceso de aprendizaje. Para ello el profesor debe diseñar actividades para que el estudiante realice tanto en las clases presenciales como en las no presenciales, de manera que le sea posible al estudiante conocer si posee al menos el mínimo de conocimientos y habilidades que, según el programa de la asignatura, debe alcanzar en el tema de estudio.

El profesor debe conocer el resultado del autodiagnóstico y comprobar si fue adecuada la valoración dada por el estudiante con el objetivo de ampliar los límites del desarrollo alcanzado en sus estudiantes y propiciar que ellos mismos logren propósitos más elevados, conocer su nivel de desarrollo real y potencial para poder trabajar la ZDP, elaborar niveles de ayuda en correspondencia con las necesidades del estudiante.

- Formación de conceptos en los contenidos del cálculo diferencial e integral a partir del análisis gráfico que brindan los asistentes matemáticos.

El GeoGebra permite abordar dos de los principales conceptos dentro de la temática central del cálculo diferencial e integral: el concepto de derivada de una función en un punto y el concepto de integral definida de una función. Con los recursos que posee el asistente, permite al estudiantado comprender mejor ambos conceptos.

Para esto se hace necesaria la capacitación de los profesores en el uso de los asistentes matemáticos con el objetivo de utilizar las posibilidades que ofrecen los mismos en el desarrollo del PEA.

- A partir del análisis del programa analítico de Matemática I y de Matemática II, determinar los objetivos y contenidos que favorecerán trabajar con problemas de la especialidad en las clases y fuera de estas, aprovechando los recursos informáticos.

Se pretende familiarizar a los estudiantes con situaciones reales vinculadas con la solución de problemas profesionales que se hallen a su alcance aprovechando los recursos informáticos. Esto favorecerá la motivación y el autoaprendizaje del estudiante. Por tanto, deben ser claramente orientados para facilitar su resolución.

En relación con los objetivos y contenidos del programa analítico de ambas asignaturas, se trabaja con métodos productivos, se introducen medios y se desarrollan formas de organización para contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.

Los métodos deben corresponderse con el trabajo con los ejercicios o problemas de la especialidad utilizando las TIC en las clases o fuera de ellas, de modo que los

estudiantes adquieran los conocimientos, desarrollen las habilidades y valores exigidos en los programas analíticos de Matemática I y Matemática II; el trabajo en equipos; el vínculo con otras asignaturas tanto de la especialidad como de la propia disciplina Matemática.

Con respecto a los medios, la propuesta consiste en el empleo del EVEA y de los asistentes matemáticos, vistos estos para la resolución de problemas de la especialidad y de la vida real.

En cuanto a las formas de organización se evidencia la potenciación en el trabajo en equipos en las clases y fuera de ella. Esta última a distancia, de forma virtual, conformando equipos en el EVEA, dejando tareas planificadas a realizar sobre contenidos del cálculo diferencial e integral que impliquen la búsqueda, el procesamiento, comunicación de información y el intercambio de conocimientos y que favorezcan el planteamiento de conjeturas, la búsqueda de diferentes vías de solución a los problemas con la consecuente contribución al desarrollo del pensamiento lógico. Las dudas de los estudiantes serán evacuadas por el profesor o por algún estudiante del grupo.

La evaluación se considera un proceso continuo e integral con el empleo de la crítica y la autocrítica para la evaluación de los compañeros y la propia autoevaluación.

- Establecimiento de orientaciones precisas por parte del profesor hacia los estudiantes sobre los materiales a estudiar y sobre las actividades a realizar utilizando las TIC.

En este aspecto la comunicación entre el profesor y el estudiante es fundamental para afrontar el contenido. Esto implica abandonar el papel pasivo del estudiante para asumir un papel activo, donde se genera un trabajo mental mucho más intenso,

haciendo uso de la reflexión y el análisis. Vale destacar que en correspondencia con el desarrollo de los procesos lógicos del pensamiento, se aprecia la capacidad que el estudiante ha adquirido para interpretar los diferentes conceptos o ideas, que le permiten elaborar sus propios juicios basados en el uso del razonamiento lógico, por consiguiente, el profesor debe conocer los conocimientos, habilidades y actitudes que el estudiante posee, para que a partir de estas capacidades lo pueda ayudar a superar algunas debilidades y también a orientar e impulsar a los que demuestran un conocimiento más avanzados.

- Garantizar la atención a las diferencias individuales de los estudiantes apoyándose en las posibilidades que brindan las TIC.

Atender las diferencias individuales de los estudiantes, en el tránsito de su desarrollo hasta el nivel que se aspira, resulta muy complejo en una o dos clases prácticas, producto de las características que posee cada uno de ellos. Cada estudiante adquiere un determinado alcance en su formación, instrucción y desarrollo, lo cual difiere en cuanto al nivel de logros y a la forma en que transcurren estos procesos entre uno y otro estudiante.

La plataforma Moodle ofrece la posibilidad de establecer interacción entre el profesor y el estudiante de modo que el primero pueda explorar las potencialidades del segundo y ofrecerle la ayuda que necesite.

También se pueden conocer los resultados alcanzados en algunos tipos de ejercicios que realice el estudiante, las veces que accede a un tema, cuánto ha avanzado en el estudio, monitorear los Foros Debate, todo lo cual permite apreciar el comportamiento del estudiante durante su aprendizaje, explorar además sus

potencialidades, sus logros, para así poder tomar y recomendar medidas y guiarlo de forma tal que alcance los objetivos esperados.

Las exigencias didácticas señaladas conllevan a precisar importantes elementos como:

- Los conocimientos adquieren sentido para el estudiante porque se trabaja con problemas de la especialidad.
- Los objetivos se alcanzan a un nivel superior con el apoyo de las TIC. La elaboración de ejercicios y gráficos para los estudiantes propicia la comprensión conceptual, la formulación de conjeturas, el arribo a conclusiones, la realización de valoraciones y la toma de decisiones en un adecuado clima afectivo.
- La actuación del profesor, el estudiante y el grupo está estrechamente relacionada en el desarrollo del PEA.
- El profesor como un facilitador del aprendizaje de los estudiantes, que orienta, acompaña, controla, evalúa, propicia la reflexión metacognitiva en los estudiantes y dirige su accionar a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas, empleando para ello, de forma creadora, los diferentes recursos de las TIC.
- El estudiante se manifiesta en el trabajo con el EVEA y los asistentes matemáticos para la resolución de problemas vinculados a la especialidad, establece relaciones de intercambio con el profesor y los demás estudiantes del grupo, en la construcción de sus saberes, en el que, a partir de su actividad se apropian de los conocimientos, habilidades y valores de forma activa, participativa, reguladora, reflexiva y valorativa, mediante acciones cooperativas,

de estimulación ante los logros obtenidos y socializadoras que les permitan el aprendizaje de los contenidos del cálculo diferencial e integral.

- Asumir al grupo, capaz de conjugar los intereses personales con los colectivos, como el espacio donde se producen las ayudas de unos a otros para favorecer la ampliación de la ZDP y el reforzamiento de valores y de cualidades de la personalidad de los estudiantes.

**Etapas que conforman la alternativa:**

**I. Diagnóstico**

**Objetivo:** Caracterizar el estado actual de la significatividad del aprendizaje de las temáticas necesarias para el estudio del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

En esta etapa el profesor posee un rol determinante por el trabajo en la identificación de elementos que aporten a la caracterización del estado actual del PEA desde la significatividad del aprendizaje de las funciones reales de una variable real, del límite y continuidad de funciones de una variable real, necesarios para el estudio del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

A continuación, se proponen las acciones a realizar por parte del profesor, del estudiante y del grupo:

<b>Acciones del profesor</b>	<b>Acciones del estudiante</b>	<b>Acciones del grupo</b>
Elaborar y aplicar instrumentos que permiten caracterizar el estado actual de la variable en estudio. Esta acción requiere de la	Participar en el proceso del diagnóstico respondiendo a los instrumentos que se apliquen.	Contribuir a la sensibilización de todos los estudiantes sobre la importancia de su participación en el



<p>sensibilización a los estudiantes por parte del profesor para que comprendan la necesidad de ser lo más sinceros posibles en las respuestas que den a las diferentes interrogantes.</p>		<p>diagnóstico con la mayor sinceridad y deseos de contribuir al aprendizaje de los temas de referencia</p>
<p>Procesar los instrumentos aplicados para la medición de los indicadores que caracterizan la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral. (solo para el profesor)</p>		
<p>Valorar los resultados individuales y colectivos del diagnóstico en que se estimule la participación consciente y el compromiso a nivel individual y grupal para continuar el desarrollo de la investigación.</p> <p>Propiciar la interiorización de la importancia de adquirir conocimientos del cálculo diferencial e integral para su desempeño como</p>	<p>Participar en el debate sobre los resultados del diagnóstico.</p>	<p>Promover debate sobre los resultados del diagnóstico.</p> <p>Estimular la participación de los estudiantes.</p> <p>Contribuir al logro del compromiso para continuar el desarrollo de la investigación.</p>

Ingeniero en Ciencias Informáticas.		
Caracterizar el estado actual de la significatividad del aprendizaje en los temas necesarios para el estudio del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas, que resalte las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades que propicien tomar las medidas necesarias para dar continuidad a la investigación. (solo para el profesor)		
Controlar el cumplimiento del objetivo de la etapa. (solo para el profesor)		

### **Consideraciones metodológicas para la etapa:**

Para esta etapa es imprescindible determinar el estado inicial de los indicadores según la operacionalización de la variable. Para esto se hace necesario la preparación y realización del diagnóstico con los instrumentos aplicados a profesores, a estudiantes y la observación clases. Después de procesados los resultados de los instrumentos se hace un análisis con los estudiantes.

El análisis de los resultados debe realizarse de forma individual y grupal para precisarle a cada uno de los estudiantes sus fortalezas y debilidades. Estas formas de discusión juegan un papel importante pues de ellas depende el nivel de comunicación que se pueda establecer entre el profesor, los estudiantes y el grupo.

### **II. Planificación**

**Objetivo:** Planificar la actividad docente del profesor para contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.

En esta etapa se hace referencia al trabajo con documentos normativos que rigen la formación del ingeniero en Ciencias Informáticas, entre los que se pueden mencionar: Modelo del Profesional, Plan de Estudio “E” de Ingeniería en Ciencias Informáticas, Programa de la disciplina Matemática y Programas analíticos de las asignaturas Matemática I y Matemática II.

Una vez realizado el análisis de los documentos y haberse hecho una selección por parte del profesor de aquellos elementos que contribuyan a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral, se planifican las tareas que garanticen la ejecución de las acciones desde el PEA.

En esta etapa solo participa el profesor, por lo tanto, no se planifican acciones para los estudiantes ni para el grupo.

<b>Acciones del profesor</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Estudiar el Modelo del Profesional y el Planes de Estudio “D” y “E” de Ingeniería en Ciencias Informáticas, para profundizar en sus proyecciones en cuanto a formar un ingeniero que responda a las necesidades de la sociedad actual.</li><li>- Analizar el programa de la disciplina y los programas analíticos de Matemática I y Matemática II para la identificación de potencialidades que favorezcan a la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas.</li><li>- Determinar los conocimientos que debe dominar el estudiante para enfrentar el nuevo conocimiento.</li><li>- Planificar la atención a las diferencias individuales y colectivas de los estudiantes, en correspondencia con los resultados obtenidos en la etapa de diagnóstico.</li></ul>

- Seleccionar y/o elaborar problemas de la especialidad, que posibiliten el uso de los asistentes matemáticos, a partir de las fuentes bibliográficas disponibles y el intercambio con los demás profesores de la carrera.
- Clasificar los problemas según su contexto y los conocimientos que se requieren.
- Incorporar los problemas al EVEA de las asignaturas Matemática I para el cálculo diferencial y Matemática II para el cálculo integral.
- Precisar las potencialidades del grupo para el trabajo grupal y sus posibilidades de establecer buena comunicación profesor-grupo, profesor-estudiante, estudiante-grupo y estudiante-estudiante tanto en las clases como fuera de estas.
- Conformar los equipos en el EVEA de las asignaturas Matemática I y Matemática II para brindar tareas de forma específica o general. Para evacuar las dudas que puedan surgir en los estudiantes se recomienda la sala de encuentro.
- Controlar el cumplimiento del objetivo de la etapa.

### **Consideraciones metodológicas para la etapa:**

En la planificación se parte de la valoración de los resultados del diagnóstico correspondiente a la etapa anterior, así como de las fortalezas y debilidades del profesor, los estudiantes y el grupo por lo que todos los elementos anteriormente declarados se tienen en cuenta a la hora de planificar las acciones de la etapa.

Del análisis realizado al programa de la disciplina Matemática y de los programas analíticos de Matemática I y Matemática II que intervienen en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas, el profesor debe identificar las potencialidades

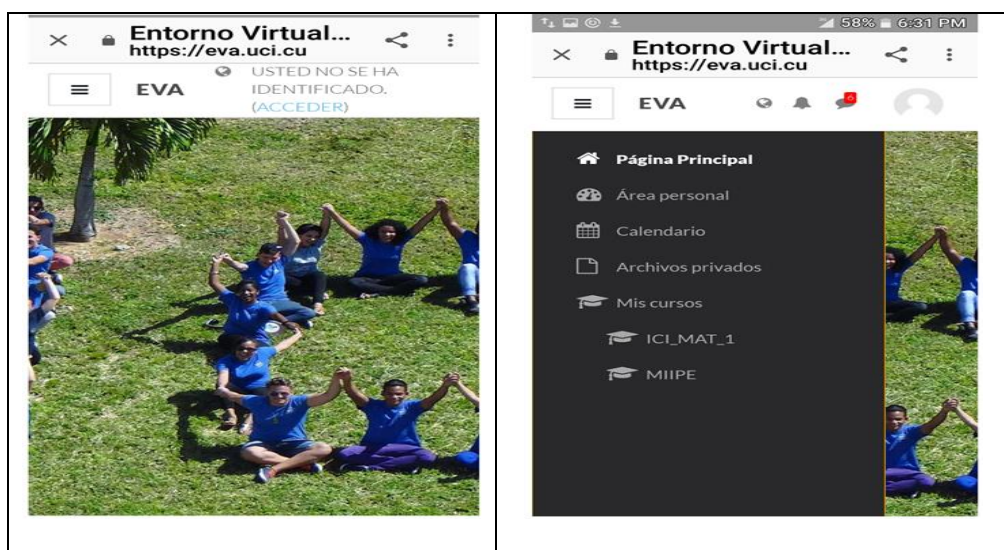
que favorecen a la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral y qué indicaciones metodológicas brindan para ello.

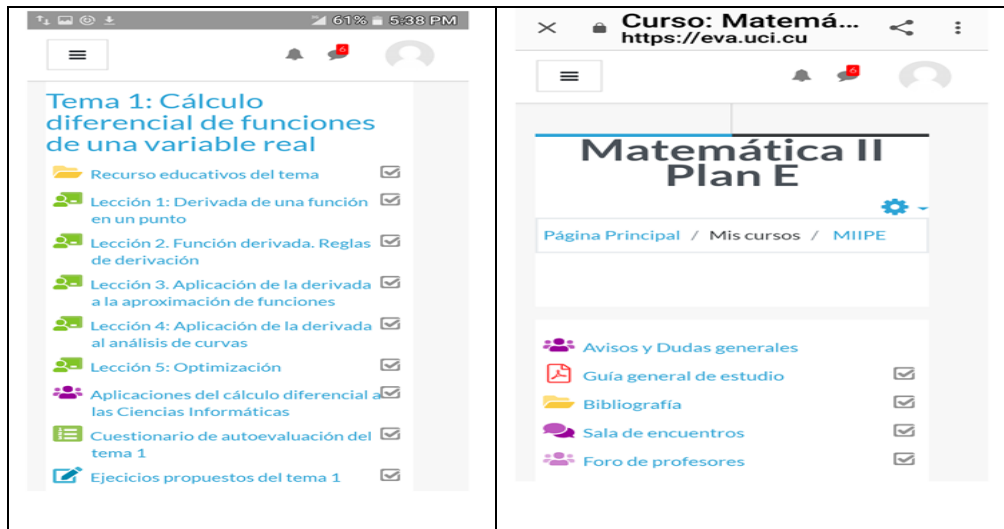
Desde la planificación debe preverse la introducción de los conocimientos nuevos del cálculo diferencial e integral, mediante problemas vinculados a la especialidad, para su solución con el apoyo de las TIC, de manera que se logre el establecimiento de relaciones de significatividad, así como el interés por el tema objeto de estudio.

Se debe prestar atención a la planificación del tratamiento didáctico de los conceptos, proposiciones y procedimientos en ambos temas.

Desde la planificación debe preverse, para el tratamiento del contenido, el establecimiento de relaciones interdisciplinarias y el uso de las TIC, las que deben ser planificadas conjuntamente con los profesores de la especialidad.

El proceso de planificación de la clase debe concebirse conjuntamente con las actividades que se desarrollarán en el EVEA.





**Figura 1:** El EVEA de Matemática en la UCI

Específicamente para la representación gráfica de las funciones, se recomienda planificar la utilización del GeoGebra. Este asistente resulta muy útil para el estudio de la definición de derivada de una función en un punto, su interpretación geométrica, la relación entre el gráfico de una función y el de la función derivada correspondiente y entre la primera derivada y la segunda derivada, la definición de integral definida, su interpretación geométrica, el análisis de las gráficas de la familia de funciones que componen la integral indefinida, por solo mencionar algunas de las posibilidades de empleo.

Estas bondades del trabajo con el asistente deben ser aprovechadas para contribuir a la motivación y a la significatividad del aprendizaje de los estudiantes.

El éxito del EVEA en el PEA se garantiza con una adecuada planificación y estructuración de las actividades del cálculo diferencial e integral, así como el seguimiento continuo a esas actividades:

La resolución de problemas de la especialidad y de los ejercicios que exijan diferenciación de casos, ejercicios con tesis positivas, negativas e indeterminadas, análisis de condiciones necesarias y suficientes, fundamentación y refutación de

proposiciones del cálculo diferencial se realiza mediante el trabajo con el EVEA de la asignatura. En ambas actividades se destaca el uso del GeoGebra.

Los problemas de la especialidad y los ejercicios aparecen en las lecciones y en los ejercicios propuestos del tema: cálculo diferencial de funciones de una variable real. A continuación, se presentan algunos problemas de cálculo diferencial e integral vinculados a la especialidad en los que se emplea el PHG con la utilización del asistente matemático GeoGebra. El primer problema se aborda en una clase de tratamiento de la nueva materia.

- 1- En un edificio de una empresa de software hay un salón de procesamiento de datos con 30 computadoras y se requiere la ampliación del número de ellas para procesar información de diferentes clientes, sin afectar la calidad del servicio. Para esto el gerente contrata a un ingeniero especialista en redes y telecomunicaciones el cual evaluará el problema de red existente. Según la experiencia del ingeniero por cada 30 computadoras, la velocidad de la transmisión de datos es de 600 kb/s y que por cada computadora que se adicione la velocidad disminuirá 10 kb/s.
  - a) ¿Cómo podrá el ingeniero saber cuántas computadoras adicionar?
  - b) ¿Cuál es la velocidad máxima que se espera tener?

Solución:

¿Cómo se emplea este problema para contribuir a propiciar la significatividad del aprendizaje de los estudiantes en el tema?

Para la resolución de este problema, el grupo se organizará en dúos o tríos por computadora, de forma tal que se propicie el trabajo en colectivo a partir de la distribución de roles: trabajo en el ordenador, trabajo manual, planteo y análisis de

ideas para la resolución del problema. Se propiciará la ayuda de los estudiantes aventajados a los que presentan mayores dificultades en el aprendizaje.

El profesor podrá comprobar sentimientos de autoconfianza y autoestima y las actitudes asumidas mediante la observación del trabajo que realizan los estudiantes en los diferentes equipos e intervenir cuándo lo considere necesario.

Esta observación permitirá al profesor realizar valoraciones sobre cómo se manifiestan los indicadores de la dimensión 1 (excepto el 1.2 pues no se trata de un problema relacionado con la experiencia cotidiana de los estudiantes)

Previo a la presentación del problema, los estudiantes conocen el procedimiento utilizado habitualmente para resolver problemas, por lo que se les orienta seguir todos los pasos.

Primeramente, se dará lectura al texto del problema tantas veces como sea necesario, para lograr su comprensión por parte de los estudiantes. Esto implica la valoración del significado de términos que aparecen en el texto: procesamiento de datos, calidad del servicio, ingeniero especialista en redes y telecomunicaciones, velocidad de la transmisión de datos.

Evidentemente, el análisis de estos términos debe ser aprovechado por el profesor para contribuir a la motivación de los estudiantes por la resolución del problema, pues están en presencia de una situación que se les puede presentar en la profesión para la que se preparan.

¿Qué es lo dado? En el problema se informa:

- se cuenta con 30 computadoras.
- la velocidad de la transmisión de datos de 30 computadoras es de 600 kb/s
- por cada computadora que se adicione la velocidad disminuirá 10 kb/s.



¿Qué es lo buscado? Se busca:

- la cantidad de computadoras que se debe adicionar
- la velocidad máxima que se espera tener

Denominar con variables las magnitudes buscadas:

Cantidad de computadoras:  $x$ , velocidad:  $V$  y velocidad máxima:  $V_m$

En el establecimiento de relaciones entre las magnitudes contenidas en el texto conduce a plantear la ecuación:

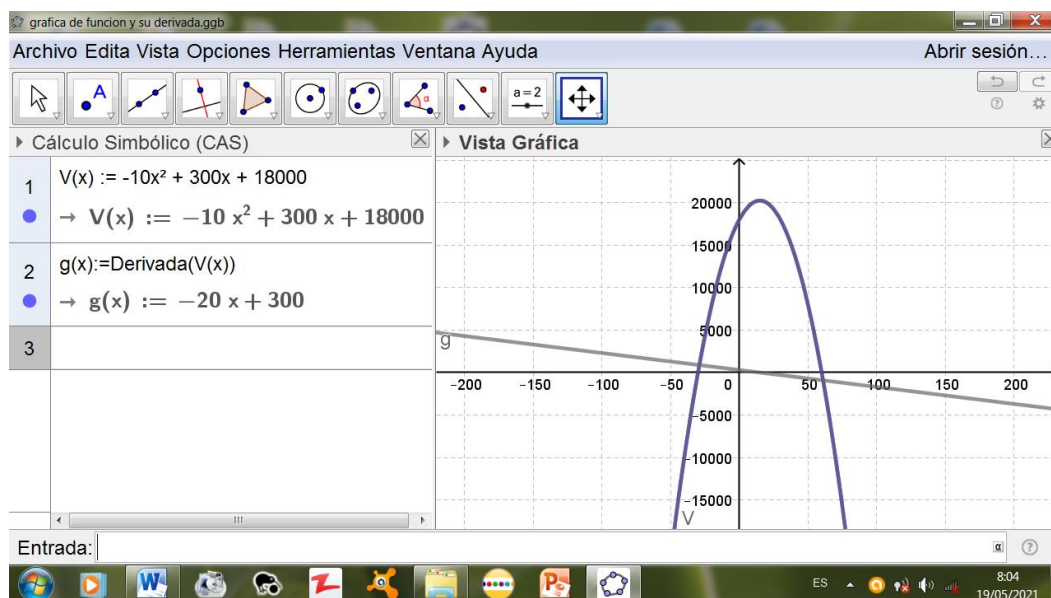
$$V = (30 + x)(600 - 10x) = -10x^2 + 300x + 18000$$

Se ha obtenido de esta forma la ecuación de una función real de una variable real.

La variable dependiente es  $V$  y la independiente es  $x$ .

Se pretende hallar la velocidad máxima. ¿Qué procedimiento se puede utilizar?

Si se emplea el cálculo diferencial es posible hallar la velocidad máxima. Derivando se obtiene  $V' = -20x + 300$ :



**Figura 2:** En la entrada de la ventana cálculo simbólico de GeoGebra se introduce la función y se determina su derivada.

Se determinan los puntos críticos de la función para lo que se resuelve:

$$V' = 0 \Leftrightarrow x = 15$$

Luego, la respuesta del primer inciso del problema es que se deben adicionar 15 computadoras.

Queda determinar la velocidad máxima.

Está claro que al obtener un solo valor para la variable  $x$ , su imagen por la función velocidad  $V = -10x^2 + 300x + 18000$  constituye la velocidad máxima buscada.

$$V_m(15) = -10(15)^2 + 300(15) + 18000 = 20250 \text{ kb/s.}$$

Luego, la velocidad máxima esperada es de 20250 kb/s.

Corresponde en este momento comprobar los resultados hallados en el texto del problema.

Una pregunta que hará que los estudiantes reactiven sus conocimientos sobre los teoremas fundamentales del cálculo diferencial es: ¿Por qué no es necesario comprobar que el valor que se obtiene es un valor máximo de la función?

Este es un ejemplo de cómo se pueden vincular los conocimientos que ya posee el estudiante con los nuevos conocimientos y su consecuente contribución a la significatividad.

Se pedirá a los estudiantes la valoración de la exactitud de los resultados hallados manualmente y con el empleo de GeoGebra, así como de los logros y dificultades enfrentadas.

Se solicitará retomar los gráficos de la función  $V$  y la función derivada empleando GeoGebra y analizar las relaciones existentes entre ellas de modo que permitan comprobar los resultados hallados.

Se valorará cómo es posible emplear el procedimiento utilizado en la resolución de este problema para resolver otros sobre determinación de máximos y mínimos.

Aunque es posible, mediante la observación del comportamiento de los estudiantes en las diferentes etapas de la resolución del problema en el trabajo en los equipos, realizar valoraciones sobre los valores a desarrollar, el profesor debe propiciar el análisis de nuevas situaciones en las que se pueda reforzar el trabajo para el desarrollo de sentimientos, actitudes positivas y valores.

Ejemplos de estas situaciones pueden ser:

- ¿Qué condiciones consideran ustedes se deben garantizar para que la inclusión de las nuevas máquinas no repercuta en las condiciones higiénicas del trabajo, que pueden afectar la salud de los operarios?
- Plantee alguna de las medidas impuestas por el imperialismo norteamericano que dificultan el proceso de informatización de la sociedad cubana.
- ¿Cuál debe ser tu actitud ante las campañas en contra de la Revolución cubana que se desarrollan en las redes sociales?

Estas preguntas deben propiciar la participación de los estudiantes en el foro debate.

El trabajo se puede complementar con tareas investigativas en que los estudiantes puedan indagar sobre otras temáticas relacionadas con su especialidad que puedan ser abordadas con el empleo del cálculo diferencial, en particular aquellas que conduzcan a la resolución de un problema de máximos y mínimos.

Para el estudio independiente se puede plantear un problema como el siguiente:

Un estudio sobre la eficiencia de los desarrolladores durante una sesión de trabajo en un proyecto de software arrojó que el número de líneas de código desarrollados por un especialista promedio está dada por la relación  $N(t) = -t^3 + 6t^2 + 15t$ , siendo  $t$

el tiempo transcurrido en horas desde el inicio de la sesión de 8:00 am a 1:00 pm. Se exige:

- a) Graficar la curva de producción  $N(t)$  para  $0 \leq t \leq 5$
- b) Determinar a qué hora de la mañana la eficiencia del trabajador es máxima.
- c) ¿A qué hora la eficiencia es mínima? ¿Qué medidas considera usted se pudieran adoptar para mejorar la eficiencia en función de contribuir al logro de la economía cubana?
- d) Graficar la eficiencia  $\varepsilon(t)$  para  $0 \leq t \leq 5$

Se concibe el trabajo de los problemas de la especialidad con el EVEA permitiendo mayor interacción entre el profesor y el estudiante, además de existir comunicación estudiante-estudiante posibilitando un verdadero aprender del otro. Las dudas pueden ser aclaradas entre ellos existiendo un ambiente de unidad y de solidaridad. Las soluciones de los ejercicios serán vistas por el docente para reorientar mejor el PEA.

Otra manera de utilizar el EVEA en el estudio del cálculo diferencial e integral es mediante los cuestionarios como una actividad de autopreparación, donde le brinda al profesor una posibilidad más para evaluar al estudiante. Además, contribuye a que el estudiante esté mejor preparado en el contenido, así como mide el nivel de responsabilidad con que asume la tarea.

Pueden emplearse en el EVEA los videos, así el estudiante visualiza el contenido y se motiva más.

Se debe potenciar la reflexión ante soluciones incorrectas en los ejercicios y problemas para que los estudiantes detecten sus deficiencias, investiguen las causas e identifiquen como se elimina el error.

Todo este accionar se puede considerar válido para comprobar en qué medida los estudiantes se han motivado con la propuesta y en qué medida muestran que lo aprendido tiene una significación y un sentido para ellos.

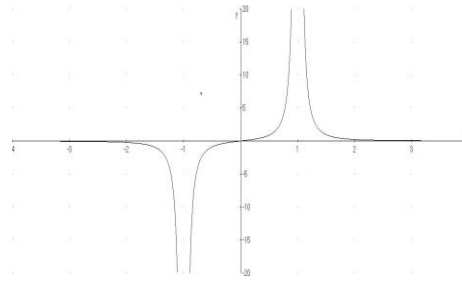
Se considera el empleo de otros ejercicios utilizando el EVEA. Algunos son ejercicios tradicionales, pero su valor se encuentra en que el profesor puede interactuar con los estudiantes, revisar la traza y así observar cuántas veces se equivocó el estudiante y cuántas veces insistió hasta llegar a la respuesta correcta.

El empleo de mensajes educativos, que estimulen los buenos resultados, que los estimulen a tratar de llegar al resultado correcto, que los motiven a plantearse nuevas hipótesis, realizar conjeturas y poder comprobarlas, contribuye al desarrollo de sentimientos en el estudiante como la autoconfianza y la autoestima, la asunción de actitudes positivas hacia sus deberes en el estudio del cálculo diferencial e integral y al desarrollo de valores como la responsabilidad, la laboriosidad y la honestidad.

Ejemplos de estos ejercicios son los siguientes:

1- En un grupo de estudiantes de segundo año de la Facultad de Tecnologías Educativas de la UCI implementan una calculadora graficadora. Después de desarrollar un grupo de requisitos de software comienzan a realizarse pruebas de funcionalidad utilizando cierta función  $y = f(x)$  y de ella obtienen la siguiente información:

- I.  $\text{Dom } f = \{x \in \mathbb{R} : x \neq 1, x \neq -1\}$
- II. Gráfico de la primera derivada (ver figura):

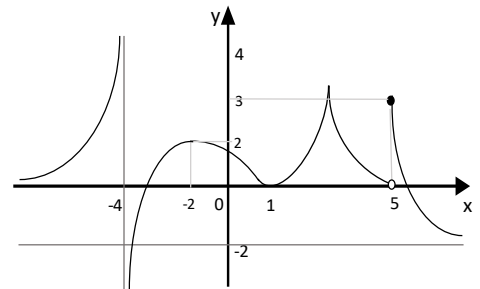


III.  $f''(x) = \frac{2(3x^2 + 1)}{(1 - x^2)^3}$

- a) Determine los intervalos de monotonía de  $f(x)$ .
- b) ¿Tiene  $f(x)$  puntos de inflexión? ¿Por qué?
- c) Analice los intervalos de concavidad.

2- Dada la gráfica de la función, determine:

- a) Valores para los cuales la función está definida.
- b) Un punto de discontinuidad. Clasifíquelo.
- c)  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$ ,  $\lim_{x \rightarrow 1} f(x)$  y  $\lim_{x \rightarrow 5} f(x)$ .



- d) Signo de  $f'(x)$  en el intervalo  $(5, \infty)$ . Justifique su respuesta.
- e) Signo de  $f''(x)$  en el intervalo  $(-\infty, -4)$ . Justifique su respuesta.
- f) Si en  $x = 5$  la función tiene o no un punto de inflexión. Justifique su respuesta.
- g) ¿Qué valor tiene la pendiente de la recta tangente a la curva en el punto  $(2; 2)$ ? Justifique su respuesta.

3- Esboce la gráfica de una función  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ , continua y diferenciable que cumple que:

i.  $f(1) = 2, f(3) = 1$ .

ii.  $f'(1) = f'(3) = 0, f'(x) > 0$  si  $1 < x < 3$ .

iii.  $f$  tiene un máximo local en  $x = 3$ .

iv.  $f''(x) < 0$  en  $(-\infty, 2] \cup [4, \infty), f''(x) \geq 0$  en el intervalo  $(2, 4)$

v.  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = \infty$  y  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 4$ .

4- ¿Dónde se encuentra el error en la siguiente aplicación de la regla de L'Hôpital?

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^3 + x - 2}{x^2 - 3x + 2} = \lim_{x \rightarrow 1} \frac{3x^2 + 1}{2x - 3} = \lim_{x \rightarrow 1} \frac{6x}{2} = 3$$

a- Represente gráficamente, utilizando GeoGebra, las funciones que aparecen en el numerador y denominador de la función original y analice lo que pasa cuando  $x$  tiende a 1 con cada función,

b- ¿Es este el comportamiento entre las funciones derivadas? ¿Qué sucedió?

c- ¿Cómo puede eliminar la indeterminación original y llegar al valor del límite?

5- ¿Qué condiciones deben cumplir  $a$  y  $b$  para que pueda aplicarse el teorema de

Lagrange a la función  $f(x) = \frac{1}{x}$  en el intervalo  $[a; b]$ ? Halle la expresión del

punto  $c$  en función de  $a$  y  $b$ . Ilustre empleando GeoGebra.

6- Si  $f(x) = 4 - 5x + 2x^3 - x^5$ , demuestre que  $f'(a) = f'(-a)$ . ¿Qué información le brinda esta igualdad? Ilústrelo graficando con GeoGebra.

7- Halle los valores de  $a$  y  $b$  para que  $f$  sea continua y derivable en  $x_0 = 0$ .

$$f(x) = \begin{cases} e^{2x} - 1, & x \geq 0 \\ ax + b, & x < 0 \end{cases} \quad \text{con } a, b \in \mathbb{R}$$

Grafique la función obtenida utilizando un asistente matemático para comprobar el resultado al que arribó.

8- Valore si la proposición siguiente es verdadera o falsa. Fundamente su respuesta. Verifique que su valoración es correcta utilizando GeoGebra.

“La función  $y = \operatorname{sen} \ln x + \operatorname{cos} \ln x$  no satisface la ecuación  $x^2 y'' + xy' + y = 0$ ”

9- Determine el valor de verdad de las proposiciones siguientes. Fundamente en cada caso e ilustre, siempre que sea posible, utilizando GeoGebra:

a) \_\_\_\_ La función  $y = x^4 - 2x^2 + 1$  no alcanza valores máximo ni mínimo en el intervalo  $[-1; 2]$ .

b) \_\_\_\_ Al construir la entrada de un túnel en forma de arco parabólico (no dilatado ni contraído) con la amplitud de la base de la entrada de 8 m, la altura máxima que tiene esta entrada es de 6m

c) \_\_\_\_ En la práctica de tiro realizada el “Día de la defensa” se pudo observar que un proyectil, en su trayectoria, describió una trayectoria parabólica (no dilatada ni contraída). El proyectil si cayó a 30 m de distancia del punto de lanzamiento, esto permite afirmar que la altura máxima que alcanzó fue de 15 m.

d) \_\_\_\_ No existe en el segmento de parábola  $y = x^2$  comprendido entre los puntos  $A(1;1)$  y  $B(3,9)$  un punto en el cual la recta tangente sea paralela a la cuerda  $\overline{AB}$

10-Afirme o refute las siguientes proposiciones. Justifique:

a) \_\_\_\_ Si  $f$  es integrable en un intervalo  $[a, b]$ , entonces  $f$  es acotada en  $[a, b]$ .

b) \_\_\_\_ Si  $f$  y  $g$  son funciones integrables en un intervalo  $[a, b]$  y  $f(x) \geq g(x)$  para

toda  $x$  de  $[a, b]$ , entonces  $\int_a^b f(x)dx \leq \int_a^b g(x)dx$ .



c) \_\_\_ Si  $f$  es derivable en un punto  $a$ ,  $f'(a)$  es el valor de la pendiente de la recta tangente a la curva  $y = f(x)$  en dicho  $a$ .

d) \_\_\_ Existe una función  $f$  tal que  $f(x) > 0$ ,  $f'(x) < 0$  y  $f''(x) > 0$  para toda  $x$ .

11-Llene los recuadros en blanco y explique por qué se realizó el procedimiento que se describe. Emplee el GeoGebra para calcular la integral.

$$\int_0^4 \left( \frac{dx}{\sqrt[3]{x-1}} \right) dx = \int_{\square}^{\square} \frac{dx}{\sqrt[3]{x-1}} + \int_{\square}^{\square} \frac{dx}{\sqrt[3]{x-1}} = \lim_{x \rightarrow \square} \int_{\square}^{\square} \frac{dx}{\sqrt[3]{x-1}} + \lim_{x \rightarrow \square} \int_{\square}^{\square} \frac{dx}{\sqrt[3]{x-1}}$$

12-Calcular las siguientes integrales (Analice la convergencia). Compruebe los resultados empleando GeoGebra u otro asistente matemático. Grafique siempre que sea posible y elabore proposiciones verdaderas y falsas a partir de los resultados obtenidos y de la graficación

a)  $\int_0^{+\infty} \frac{dx}{1+x^2}$                       b)  $\int_0^{+\infty} \cos x dx$                       c)  $\int_1^{+\infty} \frac{dx}{x^\alpha}$ , ( $\alpha$  constante)

d)  $\int_0^{+\infty} x^2 e^{-x} dx$                       e)  $\int_0^{+\infty} \frac{e^{-x^2}}{1+x^2 \sin^4 x} dx$                       f)  $\int_1^{+\infty} \frac{2x^2+1}{x^3+3x+4} dx$

g)  $\int_1^{+\infty} \frac{x dx}{x^3+x+1}$                       h)  $\int_1^{+\infty} \frac{x+1}{x^2+x+5} dx$                       i)  $\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{1-x^4}}$

j)  $\int_0^1 \frac{x^3}{\sqrt[3]{(1-x^2)^5}} dx$                       k)  $\int_1^2 \frac{dx}{x\sqrt{x-1}}$                       l)  $\int_0^1 \frac{x dx}{\sqrt{1-x^2}}$                       m)  $\int_{-1}^0 \frac{dx}{(2-x)\sqrt{x+1}}$

13- Sin resolver la integral, diga si es o no convergente  $\int_1^{+\infty} \frac{x}{x^3+1} dx$ . Luego calcúlela empleando un asistente matemático.

### III. Ejecución

**Objetivo:** Realizar las acciones planificadas para contribuir a la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en

Ciencias Informáticas desde el PEA, en correspondencia con los resultados del diagnóstico.

En esta etapa se ponen en práctica las acciones propuestas en las etapas precedentes desde el PEA del cálculo diferencial e integral. Se tiene en cuenta la participación activa, reflexiva, significativa y motivada de los estudiantes en la búsqueda de la vía, de los recursos y de los medios que les permitirán apropiarse del nuevo contenido y su posterior fijación.

La motivación y la significatividad son aspectos importantes porque tienen la finalidad de estimular el desarrollo de motivaciones intrínsecas en la resolución de problemas, a partir de los intereses y necesidades de los estudiantes y de la sociedad o problemas que vinculen la disciplina con la vida cotidiana y con su realidad cotidiana.

Para lograr una adecuada motivación, el profesor debe mostrar las contradicciones, carencias, insuficiencias, para que los estudiantes sean capaces de resolver problemas, analizar y reflexionar acerca de lo que necesitan aprender para poder solucionar situaciones nuevas de aprendizaje.

A continuación, se proponen las acciones a realizar por parte del profesor, del estudiante y del grupo:

<b>Acciones del profesor</b>	<b>Acciones del estudiante</b>	<b>Acciones del grupo</b>
Motivar a los estudiantes para la resolución de problemas vinculados con la especialidad.	Mostrar interés por la resolución del problema vinculado con la especialidad.	Contribuir a la estimulación de la participación activa, reflexiva, significativa y motivada de los miembros

		del grupo.
Promover el trabajo en dúos o tríos, de manera que se puedan atender con mayor facilidad las diferencias individuales de los estudiantes, en las clases y fuera de estas, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el diagnóstico.	Trabajar en dúos o tríos y participar en intercambios que potencien el aprendizaje del cálculo diferencial e integral, tanto en las clases como fuera de estas, en función de la significatividad.	Intercambiar a nivel grupal experiencias, ideas y razonamientos entre sus miembros, en función de la significatividad. Apoyar, como grupo, en la realización de las tareas propuestas que potencien la significatividad del aprendizaje.
Promover la necesidad de analizar otras vías de solución y la determinación de la vía más eficiente.	Analizar otras vías de solución y determinar la vía más eficiente. Reflexionar sobre las soluciones obtenidas, sobre las dificultades presentadas en el proceso de resolución, detectar los errores cometidos y los de sus compañeros en función de aprender, para no volver a cometerlos.	Valorar, entre todos los estudiantes, las diferentes vías de solución propuestas de forma individual, así como los errores cometidos. Participar de conjunto en la búsqueda de las soluciones más originales y racionales de los problemas durante el PEA.

<p>Potenciar la reflexión ante soluciones incorrectas en ejercicios o problemas, para que los estudiantes detecten sus deficiencias, busquen las causas e identifiquen cómo se elimina el error y cómo evitarlo en situaciones futuras.</p>	<p>Identificar y explicar los elementos esenciales que les permiten obtener la solución del ejercicio o problema, buscar las causas de los errores cometidos de manera individual y trazar metas para eliminarlos.</p>	<p>Participar en el análisis de los errores cometidos en las soluciones de los ejercicios o problemas e identificar cómo eliminarlos y cómo evitarlo en situaciones futuras.</p>
<p>Atender las diferencias individuales y colectivas de los estudiantes, desde las clases y fuera de estas, en correspondencia con los resultados de la etapa de diagnóstico.</p>	<p>Participar de forma activa y conscientemente, en actividades que potencien el aprendizaje y la profundización de los contenidos del cálculo diferencial e integral, desde las clases y fuera de estas, en función de la significatividad del aprendizaje, aportando a su crecimiento personal.</p>	<p>Socializar las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades de los estudiantes del grupo en el PEA del cálculo diferencial e integral en función de la significatividad del aprendizaje.</p> <p>Establecer metas y compromisos de los estudiantes del grupo, tomando como base sus fortalezas, debilidades,</p>

		amenazas y oportunidades en el PEA del cálculo diferencial e integral y en la sistematización de actividades que potencien la significatividad del aprendizaje y que aporten a su crecimiento personal.
Proponer y controlar actividades que exijan el uso de las TIC en la resolución de ejercicios o problemas.	Analizar actividades en las que se utilicen las TIC en la resolución de ejercicios o problemas.	Apoyar la realización de las actividades orientadas. Colaborar en el análisis de los resultados entre los integrantes del grupo
Realizar preguntas a los estudiantes que favorezcan la comprensión del problema.	Responder preguntas al profesor que demuestren la comprensión del problema.	Colaborar, de conjunto con el profesor, para la comprensión del problema.
Propiciar que los estudiantes perseveren en la búsqueda de soluciones a los ejercicios y problemas en los que han	Mostrar su disposición para insistir en la búsqueda de la solución a los ejercicios y los problemas	Estimular a los integrantes del grupo a que perseveren para resolver los ejercicios y problemas y reconocer los logros

presentado dificultades		individuales
Promover el análisis de las diferentes actividades realizadas, así como del empleo de estrategias cognitivas y metacognitivas.	Reflexionar sobre las formas en que se desarrolla su aprendizaje, cómo piensa ante diferentes situaciones dadas y qué recursos utiliza para obtener las soluciones.	Valorar de forma colectiva sobre la importancia del desarrollo de estrategias cognitivas y metacognitivas en su desempeño como estudiante.
Desarrollar el PEA del cálculo diferencial e integral, teniendo en cuenta las posiciones didácticas planteadas, así como las exigencias de los programas de Matemática I, Matemática II y de la disciplina.	Participar activamente en el desarrollo los contenidos del cálculo diferencial e integral, lo que exige máxima atención a los planteamientos del profesor y de los otros estudiantes. Realizar preguntas, conjeturas, tomar notas sobre los aspectos esenciales e incorporar métodos de trabajo.	Participar de forma conjunta y consciente en el desarrollo de los contenidos del cálculo diferencial e integral, manifestando sus valores, su preparación para las clases y en el cumplimiento de las tareas que oriente el profesor para profundizar en los contenidos abordados.
Controlar el cumplimiento del objetivo de la etapa. (solo para el profesor)		

### **Consideraciones metodológicas para la etapa:**

Se sugiere incrementar el trabajo en dúos o tríos en las clases o fuera de estas. Se debe propiciar un clima de comunicación entre los participantes, de cooperación, y lograr la participación de los estudiantes en la realización de ayudas a sus propios compañeros que lo necesiten para potenciar la ZDP.

Se deben proponer problemas donde el estudiante tenga que utilizar conocimientos anteriores. Es conveniente analizar en el grupo las diferentes vías de solución de los problemas, prestar atención a los errores que se cometan durante el proceso de solución y al análisis de las causas que lo provocaron.

Se debe promover la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación en cada clase de forma tal que puedan ser escuchados los criterios de todos.

Se debe hacer énfasis en la utilización autorregulada de las estrategias de aprendizaje por parte del estudiante; el profesor orientará tareas que requieren la utilización de las diferentes estrategias de aprendizaje para la solución de los ejercicios propuestos y los estudiantes utilizarán las que le sean más asequibles teniendo en cuenta el contexto en que se encuentren los mismos.

### **IV. Evaluación**

**Objetivo:** Evaluar el cumplimiento del objetivo de la alternativa didáctica a partir del análisis de los resultados obtenidos en el control de cada una de las etapas y de la dirección del PEA.

La evaluación de la alternativa didáctica es un proceso continuo que se realiza durante toda su implementación, lo que permite comprobar y valorar el cumplimiento de su objetivo.

Seguidamente, se proponen las acciones a realizar por parte del profesor, del estudiante y del grupo:

<b>Acciones del profesor</b>	<b>Acciones del estudiante</b>	<b>Acciones del grupo</b>
Promover que los estudiantes, durante las clases o fuera de estas, autoevalúen su propia actuación, sus progresos o limitaciones, sus errores o desaciertos, para tomar conciencia de ellos y erradicarlos.	Autoevaluar su propia actuación, sus progresos o limitaciones, sus errores o desaciertos, para tomar conciencia de ellos y erradicarlos.	Participar en el proceso de evaluación diseñado por el profesor mediante la realización de actividades evaluativas durante la clase o fuera de esta.
Promover la coevaluación y la heteroevaluación durante el desarrollo de las clases.	Participar en la actividad de coevaluación y heteroevaluación.	Analizar los diferentes criterios de los compañeros de aula implicados en la actividad de coevaluación y heteroevaluación y exponer sus argumentos.
Valorar el cumplimiento del objetivo de la alternativa de acuerdo al resultado de cada etapa y de la dirección del PEA. Realizar ajustes pertinentes en caso que se necesario para el perfeccionamiento de la alternativa y el logro de su objetivo. (solo para el profesor)		



### **Consideraciones metodológicas para la etapa:**

El profesor debe concebir la evaluación como el proceso que permite comprobar y valorar el cumplimiento del objetivo propuesto sobre la base de la efectividad de las acciones realizadas durante la implementación de la alternativa.

Como consecuencia del análisis del cumplimiento de los objetivos de cada etapa, y de la dirección del PEA se valorará el cumplimiento del objetivo general de la alternativa.

Como resultado de este análisis se valorará si se realizan ajustes necesarios para el perfeccionamiento de la alternativa y para el logro de su objetivo ante una nueva implementación de esta.

Es importante estimular en los estudiantes las diferentes formas de evaluación: la autoevaluación, coevaluación y la heteroevaluación.

Para propiciar estas formas de evaluación por medio del EVEA se dispone de las tareas y los cuestionarios. En las tareas se plantean ejercicios o problemas a los estudiantes que éstos resuelven para luego subirlo en archivos Word, PDF o JPG. Estas respuestas son analizadas por el profesor donde hará las aclaraciones pertinentes editando el archivo subido para luego reenviarlo al estudiante y proponer la calificación determinante.

Esto no sólo debe servir como medidor del nivel de aprendizaje del estudiante y para establecer la calidad con que son cumplidos los objetivos de los contenidos, sino que también debe ser un factor regulador de la dirección del proceso sobre la base del cual se puedan introducir los cambios y correcciones necesarios que permitan hacer corresponder los resultados con la exigencia de los objetivos y de llegar de una forma más preparada a la realización de los cuestionarios.

El cuestionario es una de las actividades que pueden diseñarse con el fin de que los estudiantes puedan autoevaluarse, éstos responden para obtener una calificación que es determinada según el criterio del profesor.

De igual forma, comunicar a los estudiantes sus logros o sus dificultades en las soluciones de las preguntas del cuestionario, por una parte, reconoce los avances que ha tenido en el estudio del cálculo diferencial e integral y por la otra parte estimulara a seguir mejorando en los aspectos del contenido que son necesarios reforzar con la finalidad de mejorar en su aprendizaje.

### **2.3 Valoración de los resultados de la implementación de la alternativa didáctica.**

La alternativa didáctica presentada en el epígrafe anterior es una nueva versión de la que se elaboró inicialmente. La primera versión fue sometida a una consulta inicial de especialistas con el objetivo de recopilar criterios positivos y negativos, sugerencias y recomendaciones que permitieran mejorar las diferentes etapas y acciones, pero sin pretender que se otorgara una calificación a cada una de ellas.

En la consulta participaron 11 especialistas, todos profesores universitarios con una vasta experiencia en el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral. Se utilizó para esta consulta el instrumento que aparece en el Anexo 9.

Los principales criterios emitidos por los especialistas, que se tuvieron en cuenta en el perfeccionamiento de la alternativa didáctica, fueron:

- es necesario que se destaque más el empleo de las TIC en la alternativa didáctica,
- se debe explicar con más detalle, a través de un problema, cómo se procede para incidir en el cumplimiento de los indicadores de las dimensiones y subdimensiones,

- destacar la importancia de la utilización del EVEA en el trabajo con ejercicios tradicionales.
- revisar si se utiliza el término fases o etapas de la alternativa didáctica y ser consecuente con el término que se asuma.
- Comenzar cada acción de profesores, de los estudiantes y del grupo con un verbo en infinitivo

Una vez realizados estos primeros ajustes, se implementó la alternativa en el primer semestre del curso 2018-2019, en un grupo de primer año de CpE que contaba con 17 estudiantes. En esta ocasión el objetivo fue comprobar cómo se ejecutaban en la práctica las acciones concebidas en la alternativa didáctica, para realizar los ajustes necesarios y someterla nuevamente al criterio de especialistas (en esta segunda consulta a especialistas sí se solicitó la evaluación de las etapas y sus componentes) para planificar un pre-experimento en un grupo del CD como ejercicio exploratorio para comprobar su viabilidad.

### **Sobre la implementación de la alternativa en el grupo de CpE:**

La implementación se realizó en el tema 3: "Cálculo diferencial de funciones de una variable real" (16 horas clases), una vez desarrollados en la forma tradicional los temas de Funciones reales de una variable real (6 horas clases) y de Límite y continuidad de funciones de una variable real (10 horas clases).

Durante el desarrollo de los temas 1 y 2 se observaron tres clases con el empleo de la guía de observación contenida en el Anexo 5, se aplicó el instrumento del Anexo 3 (encuesta a estudiantes para determinar el estado de los indicadores) cuyo cuestionario se aplicó además al profesor del grupo para caracterizar a los estudiantes, junto con la guía para entrevista a los profesores de Matemática sobre

la significatividad del aprendizaje en el cálculo diferencial e integral, que aparece en el Anexo 6.

La triangulación de los resultados de los instrumentos aplicados permitió caracterizar el estado inicial de la variable en estudio (Anexo 10, inciso a)). Los resultados, aunque bajos, fueron en general superiores a los obtenidos en la caracterización del estado actual del aprendizaje en el CD.

Este era un resultado esperado por el investigador, teniendo en cuenta la mayor responsabilidad, compromisos con la familia y con la sociedad en general e interés de estos trabajadores por obtener su título de Ingenieros en Ciencias Informáticas.

Se destacan en esta caracterización inicial los siguientes aspectos negativos:

- Las dificultades que presentan los estudiantes en los conocimientos previos dificultan que se pueda establecer una relación adecuada con los nuevos conocimientos
- Como consecuencia del desarrollo de los temas 1 y 2 sin la inclusión de problemas relacionados con la vida cotidiana, con la especialidad y con otras ciencias, los estudiantes desestiman el papel de los nuevos conocimientos en relación con la práctica, lo que incide en el bajo grado de implicación afectivo-motivacional y de autoconfianza y autoestima demostrados durante el PEA.

Constituyen fortalezas para el desarrollo del PEA del tema 3:

- El dominio del trabajo con las TIC por parte de los estudiantes
- Compromiso de los estudiantes con la carrera demostrado en el cumplimiento de sus deberes en el PEA.

- El nivel de desarrollo de valores en la mayoría de los estudiantes que inciden positivamente en el desarrollo de la significatividad del aprendizaje en una carrera como esta: responsabilidad, laboriosidad, y honestidad.
- La preparación en el tema y disposición del profesor del grupo para el desarrollo de las acciones de la alternativa didáctica.
- La disposición del equipamiento tecnológico en el laboratorio y personal de estudiantes y del profesor para ponerlos en función del desarrollo del PEA.

Durante el desarrollo del tema 3, en que se implementaron las acciones planificadas, se observaron las ocho clases empleando la mencionada guía de observación a clases y al final se aplicaron los mismos instrumentos del inicio de esta experiencia (excepto la entrevista para el profesor).

Los resultados de la aplicación de los instrumentos y la comparación con el estado inicial se recogen en el Anexo 10, incisos b) y c).

Se consideran aspectos positivos como resultado de la aplicación de la alternativa didáctica los siguientes:

- Un mayor uso de las TIC, donde los estudiantes se sienten más motivados a utilizar las laptops, tabletas y celulares en función de su aprendizaje.
- Se potencia el trabajo con el EVEA en el estudio del cálculo diferencial y de los asistentes matemáticos, particularmente con el GeoGebra.
- Se observó una tendencia al mejoramiento del PEA mediante el trabajo con los problemas de la especialidad con incidencia en la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial
- Los estudiantes se mostraron más dispuestos a manifestar sus dudas, por medio de la plataforma educativa.

Es necesario destacar que se observó una tendencia al mejoramiento de algunos indicadores (1.3, 1.4, y 2.1) que, aunque con ligeros cambios, provocaron que la dimensión 1 evolucionara de Bajo a Medio, que se mantuviera la dimensión 2 en la categoría de M y que la variable fuera evaluada finalmente de Medio.

Los indicadores 1.3 y 1.4 al reforzar la resolución de problemas de la especialidad y de su vida cotidiana en el estudio del cálculo diferencial con incidencia en la significatividad, los estudiantes estuvieron más motivados a resolver las tareas haciendo uso de las TIC, lo que conllevó a obtener los logros antes mencionados.

En el indicador 2.1 mejoró la autoconfianza y la autoestima por parte de los estudiantes a medida que se fue desarrollando el PEA del cálculo diferencial, tanto a nivel grupal como individual, impulsado por el profesor a través de mensajes educativos por el EVEA.

Sin embargo, se constató la necesidad de atender a los siguientes aspectos:

- Perfeccionamiento del aseguramiento del nivel de partida, de forma que los problemas en los conocimientos previos de los estudiantes no se conviertan en una barrera para establecer las relaciones necesarias con los nuevos conocimientos.
- Aprovechar el interés de los estudiantes en el empleo de las TIC para lograr una mayor implicación afectivo-motivacional y desarrollo de la autoestima durante el PEA del cálculo diferencial e integral.
- Continuar la selección y/o elaboración de problemas de aplicación con los que se pueda lograr una mayor incidencia en la formación y desarrollo de valores y de sentimientos y actitudes positivas hacia el estudio y el trabajo. Estos son aspectos que se deben tener muy presentes en el trabajo grupal por lo que el

profesor debe propiciar acciones que impliquen a los estudiantes en esta dirección, teniendo en cuenta el diagnóstico inicial.

Una vez realizados los ajustes necesarios, se procedió a someter la alternativa didáctica a una segunda consulta de los especialistas.

### **Sobre la segunda consulta a especialistas:**

Se consideraron como aspectos muy positivos:

- Las características de la alternativa didáctica que se describen antes de su presentación
- El autodiagnóstico de los estudiantes, que resulta muy conveniente para la planificación y realización de las acciones.
- El empleo que se realiza de las TIC mediante la utilización de GeoGebra y el EVEA en la resolución de problemas
- El problema que se desarrolla a modo de ejemplo resulta muy interesante y propicia el análisis del cumplimiento de los indicadores de la variable en estudio

Las principales sugerencias y recomendaciones para mejorar la alternativa fueron las siguientes:

- Se debe ofrecer la información sobre el momento de utilización del problema que se presenta como ejemplo, si es para el tratamiento de la nueva materia o para la fijación de los contenidos.
- Sustitución de algunos términos empleados por otros que faciliten la comprensión al lector del documento.

Estas sugerencias y recomendaciones se tuvieron en cuenta en la versión final de la estrategia didáctica que se presentó en el epígrafe anterior. De esta manera estaban

creadas todas las condiciones para la realización del pre-experimento en un grupo del CD.

El pre-experimento diseñado no se pudo realizar por la situación provocada por la pandemia de la Covid 19 y el vencimiento del tiempo asignado oficialmente para concluir la investigación doctoral.

### **Conclusiones del Capítulo 2**

La caracterización del estado actual del PEA del cálculo diferencial e integral en la Ingeniería en Ciencias Informáticas corroboró la necesidad de elaborar una alternativa didáctica para contribuir a la significatividad del aprendizaje de estos temas en los estudiantes de la carrera.

La alternativa didáctica diseñada es resultado de la experiencia de este autor como profesor en la UCI y del estudio de diversas tendencias en el tratamiento metodológico del cálculo diferencial e integral en Cuba y en otros países.

La puesta en práctica de la alternativa didáctica en un grupo de CpE y la consulta a especialistas favorecieron la presentación de su versión final, lista para la realización de un pre-experimento en el CD. Este pre-experimento no se pudo realizar por los efectos de la pandemia de la Covid 19, sin embargo, a pesar del poco tiempo de que se dispuso en el CpE, se produjeron cambios positivos en varios de los indicadores de la variable en estudio, lo que permite predecir resultados halagüeños en su futura realización.



## **CONCLUSIONES**

El cálculo diferencial e integral constituye tema obligado en la concepción de los planes de estudio de diversas carreras técnicas, en particular en las que se ocupan de la formación de ingenieros en el área de las ciencias informáticas. Lograr que los estudiantes realicen un aprendizaje significativo de este tema es una tarea ardua que ocupa un lugar importante en la estrategia de la universidad en que se forman.

La sistematización de los fundamentos teóricos que sustentan el desarrollo de la significatividad en el aprendizaje del tema en los estudiantes de la Ingeniería en Ciencias Informáticas en la UCI propició la determinación de los núcleos teóricos de la investigación.

El estudio de diversas investigaciones y de una amplia bibliografía propició la identificación de diferentes tendencias en el tratamiento metodológico del cálculo diferencial e integral a nivel internacional. La sistematización de algunas de estas tendencias y el estudio de las insuficiencias existentes en el PEA del tema en la UCI condujeron al diseño de una alternativa didáctica en la que se integraron el tratamiento de problemas relacionados con la especialidad y con la vida cotidiana con el empleo de las TIC en función de la significatividad de su aprendizaje en los estudiantes.

Resultó muy significativo el empleo del EVEA de la disciplina y del asistente matemático GeoGebra en el PEA para el logro de cambios positivos en el grado de implicación afectivo-motivacional y de autoconfianza y autoestima de los estudiantes del grupo de CpE en que se realizó una experiencia de implementación de la alternativa didáctica.

La realización de esta experiencia de implementación en el CpE y los criterios emitidos por los especialistas en las dos consultas realizadas, crearon las condiciones para demostrar la viabilidad de esta alternativa mediante la realización de un pre-experimento en el CD. Esto no fue posible por la situación epidemiológica que se ha enfrentado como consecuencia de la pandemia de la Covid 19.

No obstante, los logros alcanzados en la experiencia de implementación y las consultas a especialistas permiten dar por cumplido del objetivo de la investigación y la solución al problema científico.

Hay que destacar que en algunos indicadores no se avanzó lo esperado. Un aspecto que requiere de profundización en su estudio y de la asunción de nuevas acciones para lograr resultados superiores en la significatividad del aprendizaje del tema en los estudiantes de la carrera es el de los valores que se deben desarrollar en la carrera, pues este es un proceso complejo que se produce a largo plazo y en el que deben intervenir el resto de las disciplinas del plan de estudio.

El desarrollo de esta investigación no agotó todos los problemas relacionados con la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial en los estudiantes de la Ingeniería en Ciencias Informáticas, lo que ofrece la posibilidad de realizar nuevas investigaciones relacionadas con este tema, tal el caso de la formación y desarrollo de otros valores no considerados en esta investigación como la dignidad, el humanismo y la solidaridad en el PEA del tema con el empleo de las TIC y la resolución de problemas vinculados a la especialidad y a la vida cotidiana.

## RECOMENDACIONES

A partir de los resultados alcanzados con la puesta en práctica de la alternativa didáctica para contribuir a la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas, se recomienda:

- Diseñar nuevas acciones para mejorar los resultados en los indicadores que no avanzaron lo suficiente.
- Realizar investigaciones para la formación y desarrollo de valores como la dignidad, el humanismo y la solidaridad a través del PEA del cálculo diferencial e integral.
- Realizar un pre-experimento con la alternativa didáctica en el CD de la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas que posibilite comprobar su viabilidad y la obtención de mejores resultados en la significatividad del aprendizaje.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Abreu, L. A. (2015). *El proceso de enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial e integral mediante la resolución de problemas contextualizados y la integración de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la carrera de Ingeniería Financiera*. (Tesis de doctorado). Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona". La Habana, Cuba.
- Addine, F. et al. (1998). *Didáctica y optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje*. IPLAC. La Habana, Cuba.
- Addine, F. et al. (2004). *Didáctica teoría y práctica*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Agudelo, O., Riveros, F. y Páez, E. (2017). *Diseño de materiales virtuales para el aprendizaje de Cálculo Integral en Ingeniería con el propósito de reducir la tasa de deserción estudiantil en la Universidad de los Llanos*. Memorias de la Décima Sexta Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática. Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.
- Alba, J. I. (2014). La importancia del cálculo integral en la carrera de Ingeniería en Computación. Publicado en Educación, p. 4. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net>
- Alvarado, M., Laguna, J. O. y Santacruz, V. (2019). Problemática de la enseñanza-aprendizaje y evaluación del cálculo en la formación de ingenieros. *Revista Electrónica ANFEI Digital*. (11). Puebla, México.
- Álvarez, M. (2004). *Interdisciplinariedad: Una aproximación desde la enseñanza-aprendizaje de las ciencias*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Álvarez, M. y Villegas, E. (2014). Aprovechamiento de las potencialidades de GeoGebra en la formación de profesores de Matemática. Trabajo presentado

- en el 9no. Congreso Internacional de Educación Superior Universidad 2014. La Habana, Cuba.
- Álvarez de Zayas, C. (1999). *La escuela en la vida*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- Apóstol, T. (1990). *Cálculo*. Volumen I. México: Editorial Reverté.
- Artigue, M. (1995). La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. En P. Gómez (Ed.), *Ingeniería didáctica en educación matemática (un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas)*. México, Grupo Editorial Iberoamérica.
- Artigue, M. (1998). Enseñanza y aprendizaje del análisis elemental: ¿qué se puede aprender de las investigaciones didácticas y los cambios curriculares? *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 1(1).
- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*. Editorial Paidós Ibérica. Barcelona.
- Badillo, E. R. (2003). *La derivada como objeto matemático y como objeto de enseñanza y aprendizaje en profesores de Matemática de Colombia* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona. Recuperado de: <http://ddd.uab.cat/record/38129/>
- Báez, A. M. (2018). *Estrategia didáctica para el desarrollo conceptual procedimental en el cálculo diferencial de una variable real, para las carreras de ingeniería*. (Tesis de doctorado). Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz". Camagüey, Cuba.
- Báez, N. L. (2018). *Estrategia didáctica para la formación de conceptos en el proceso enseñanza-aprendizaje del Cálculo Diferencial de una variable real en*

- las carreras de ingeniería*. (Tesis de doctorado). Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz". Camagüey, Cuba.
- Báez, N. L., Heredia, W. E. y Pérez, O. L. (2017). El movimiento de la variable en el cálculo diferencial: orientaciones didácticas. *Transformación*, 13(3). ISSN: 2077-2955. Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz". Camagüey, Cuba.
- Ballester, A. (2002). *El aprendizaje significativo en la práctica. Cómo hacer el aprendizaje significativo en el aula*. Las Palmas. Ed Pirámide.
- Ballester, S. (2009). *Alternativa didáctica para la formación del profesor de Ciencias Exactas en el área de Matemática*. En: Didáctica de las Ciencias. Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona". La Habana, Cuba.
- Ballester, S. et al. (1992). *Metodología de la enseñanza de la Matemática*. Tomo 1. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Ballesteros, V. A., Lozano, S., y Rodríguez, O. I. (2020). Noción de aproximación del área bajo la curva utilizando la aplicación Calculadora Gráfica de GeoGebra. *Revista de Investigación y Pedagogía Praxis & Saber*, 11(26). ISSN 2216-0159 e-ISSN 2462-8603. Fundación Universitaria Los Libertadores. Colombia. doi.org/10.19053/22160159.v11.n26.2020.9989
- Barrera, F. (2015). *Historia del cálculo*. Una compilación de fuentes bibliográficas y mesografía.
- Balseca, C. A. (2017). *Alternativa Didáctica para la sistematización del tema de funciones reales de una variable real en el primer año de la carrera Ingeniería Civil*. (Tesis de maestría). Universidad de Holguín. Holguín, Cuba.
- Bolívar, M. R. (2009). ¿Cómo fomentar el aprendizaje significativo en el aula? *Revista digital para profesionales de la enseñanza*, (3). ISSN: 1989-4023.

- Borgobello, A., Sartori, M., Sanjurjo, L. (2019). Entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje. Experiencias y expectativas de docentes universitarios de Rosario, Argentina”, *Revista de Educación Espacios en Blanco*. 1(30). Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Calzado, D. (2000). *El taller: una alternativa de forma de organización del proceso pedagógico en la preparación profesional del educador*. (Tesis de maestría). La Habana, Cuba.
- Camarena, P. (2008). Un enfoque de las Ciencias en contexto desde la didáctica. *Innovación Educativa*, 6(31), 21-31. Recuperado de:  
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=179414894003>
- Camarena, P. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como propuesta metodológica. *Revista de Docencia Universitaria*, (11) (número especial).
- Campistrous, L. y Rizo C. (2000). *Tecnología, resolución de problemas y Didáctica de la Matemática*, ICCP. La Habana. Cuba.
- Cantoral, R. (1993). Hacia una didáctica del cálculo basada en la cognición. En memorias de la Séptima Reunión Centroamericana y del Caribe sobre formación de profesores e investigación en Matemática Educativa. Universidad de Panamá, Panamá.
- Capote, G. E., Rizo, N. y Bravo, G. (2016). La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(1). ISSN 2218-3620. Cienfuegos.
- Carvajal, Y. (2010). Interdisciplinariedad: desafío para la educación superior y la investigación. *Revista Luna Azul*. 31 julio-diciembre 2010. ISSN 1909-2474. Universidad de Caldas Manizales, Colombia.

- Castellanos, D. et al. (2001). *Hacia una concepción del aprendizaje desarrollador. Colección proyectos*. Centro de Estudios Educativos Instituto Superior Pedagógico Enrique José Varona. La Habana, Cuba.
- \_\_\_\_\_. (2001). *Aprender y Enseñar en la escuela: una concepción desarrolladora*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Castro, F. (1981). Discurso en el acto de graduación del Destacamento Pedagógico “Manuel Ascunce Domenech”, Ciudad Libertad.
- Cedeño, E. y Murillo, J. (2019). Entornos virtuales de aprendizaje y su rol innovador en el proceso de enseñanza. *Rehuso*, 4(1), 119-127. Recuperado de:  
<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Rehuso/workflow/submission/2156>
- Cedeño, R. A. (2017). *Alternativa metodológica para favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje de la derivada en la carrera de comercio exterior y negocios internacionales de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí*. (Tesis de maestría). Universidad de Holguín. Holguín, Cuba.
- Chávez, O. et al. (2016). Uso de tecnología para la diferenciación a través del concepto de variación. Parte I. *Revista de Orientación Educativa*, 30(57).
- Chiriguay, C. (2017). *Propuesta metodológica, basada en resolución de problemas que contribuya al mejoramiento de la enseñanza - aprendizaje de la Matemática de los estudiantes del Programa de Admisión y Nivelación Universitaria de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí*. (Tesis de maestría). Universidad de Holguín. Facultad de Informática y Matemática. Holguín, Cuba.
- Colectivo de autores Plan de Estudio “E” (2019). Plan de Estudio de Ingeniería en Ciencias Informáticas. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.



- Córdova, J. (2020). Aplicaciones de la derivada en ingeniería de sistemas. Recuperado de: <https://prezi.com/urdnna4bcsg/aplicaciones-de-la-derivada-en-ingeniería-de-sistemas>.
- Coro, F. (2019). *Estrategia didáctica para el desarrollo del pensamiento geométrico – espacial en la formación del profesor de Matemática*. (Tesis de doctorado). Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”. La Habana, Cuba.
- Cortés, J. C., Guerrero, L., Morales, Ch. y Pedroza, L. (2014). Tecnología de la Información y las Comunicaciones: Aplicaciones Tecnológicas para el aprendizaje de la Matemática. *Unión, Revista Iberoamericana de Educación Matemática*.
- Cuellar, O. et al. (2019). *Programa de la disciplina Matemática*. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.
- Cuétara, Y. (2016). *Alternativa didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la estadística en el décimo grado de la Educación Preuniversitaria*. (Tesis de doctorado). Universidad de Matanzas. Matanzas, Cuba.
- Curso Introducción a ZERA. (2016). Recuperado de: <https://eva.uci.cu/es/course/view/11>.
- Daza, G. J. y Garza, B. (2020). Estudio de las expectativas de estudiantes mexicanos del nivel medio superior con respecto al Cálculo Diferencial e Integral. *Educación Matemática Pesquisa*, 22(1). ISSN 1983-3156. São Paulo, Brasil. [doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i1p610-631](https://doi.org/10.23925/1983-3156.2020v22i1p610-631)
- Depool, R. A. (2004). *La enseñanza-aprendizaje del cálculo integral en un entorno computacional. Actitudes de los estudiantes hacia el uso de un programa de cálculo simbólico* (Tesis de doctorado). Universidad de La Laguna. Recuperado de: <ftp://tesis.bbtk.ull.es/ccppytec/cp571.pdf>

- Díaz, F. (2002). *Constructivismo y aprendizaje significativo*. México: McGraw Hill.
- Díaz, A. (2013). *Metodología desarrolladora de diseño curricular centrada en el componente laboral e investigativo para la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas*. (Tesis de doctorado). Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.
- Dolores, C. (1996). *Una propuesta didáctica para la enseñanza de la derivada en el bachillerato*. (Tesis de doctorado). Instituto Superior Pedagógico “Enrique José Varona”. La Habana, Cuba.
- Dolores C. (2000). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la derivada. El futuro del cálculo infinitesimal. Capítulo V: ICME-8 Sevilla, España. Cantoral R. (Coord.). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Durán, U. C. y Rodríguez, L. A. (2018). Asistencia de software matemáticos en cálculo diferencial en estudiantes de ingeniería. *Revista Bases de la Ciencia*, 3(2). ISSN 2588-0764. Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador.
- Duarte, D. M. y Guevara, J. A. (2018). *Recursos educativos digitales en GeoGebra para la enseñanza del cálculo diferencial en la educación media*. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
- Dujet, C. (2005). Matemáticas para Ingenieros. Conferencia pronunciada en México y Monterrey. Recuperado de: <http://www.m2real.org/spip.php?article2ylang=fr>
- Elena, M., Victoria, M. y Ruiz, J. F. (2017). *Comparando texto de cálculo: el caso de la derivada*. Universidad de Granada. Granada, España.
- Escalona, M. y Cedeño, R. A. (2016). El proceso de enseñanza aprendizaje de la derivada en la carrera de Comercio Exterior y Negocios Internacionales de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. *Revista Electrónica Formación y*

*Calidad Educativa*. ISSN 1390-9010. Manabí, Ecuador Recuperado de:  
<https://www.researchgate.net/publication/313821513>.

Falsetti, M., Favieri, A., Scorzo, R. y Williner, B. (2013). Actividades de cálculo diferencial con computadora: Estudio de habilidades matemáticas desarrolladas. *Revista digital Matemática, Educación e Internet*, 13(2).

Farfán, L. A. y Can, M. A. (2018). Implementación y evaluación de estrategias de enseñanza-aprendizaje en el curso de cálculo diferencial e integral de un plan de estudios de ingeniería y la percepción de satisfacción del estudiante. *Advances in Engineering and Innovation*, 3(6). ISSN: 2448-685X. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México. Recuperado de:  
[www.itsprogreso.edu.mx/revistaAEI](http://www.itsprogreso.edu.mx/revistaAEI)

Fernández, Y., Oña, O. R. y Sánchez, O. T. (2018). Estrategia basada en teoría de la decisión para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje del cálculo en una variable para carreras técnicas. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI. Colombia.

Fiallo, J. (2004). *La interdisciplinariedad: un concepto muy conocido*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.

Flores, R., Valencia, M. A., Dávila G. y García, M. G. (2008). Fundamentos del Cálculo. Garabatos. Proyecto FOMIX CONACYT, 14-15. ISBN: 970-9920-18-5. Recuperado de: <http://www.mat.uson.mx/depto/publicaciones/documentos/pdf/fundamentos-de-calculo.pdf>

Flores, W. O. y Salinas, M. J. (2013). Metodologías en la enseñanza de la derivada: URACCAN-Nueva Guinea. *En Revista Ciencia e Interculturalidad*, 12(1).

- Fonseca, J. L. y Alfaro, C. R. (2018). El cálculo diferencial e integral en una variable en la formación inicial de docentes de matemática en Costa Rica. *Revista Educación*, 42(2). Universidad de Costa Rica. doi.org/10.15517/revedu.v42i2.25.844.
- Fonticella, E. (2008). *Alternativa didáctica para contribuir al desarrollo del pensamiento lógico en los estudiantes de la carrera en Licenciatura en Educación en Ciencias Humanísticas*. (Tesis de maestría). Las Tunas, Cuba.
- Francisco, L. (2001). *Una propuesta metodológica que contribuya al mejoramiento de la enseñanza aprendizaje del Álgebra a través de la formación de conceptos*. (Tesis de maestría). ISPEJV. La Habana, Cuba.
- Fuentealba, C., Sánchez, G. y Edelmira, B. (2016). Análisis de tareas que pueden promover el desarrollo de la comprensión de la derivada. *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, (71).
- García, H. (2016). *Alternativa Didáctica para el Proceso de Enseñanza y Aprendizaje de la asignatura Matemática I en la Institución Universitaria Antonio José Camacho*. (Tesis de doctorado). Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona". La Habana, Cuba.
- García de Jalón, J., Rodríguez, J. I. y Vidal, J. (2005). *Aprenda Matlab 7.0 como si estuviera en primero*. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de: <http://mat21.etsii.upm.es/ayudainf/aprendainf/Matlab70/matlab70primero.pdf>.
- García, L., Moreno, M. y Azcárate, C. (2006, septiembre). EBP como metodología activa para la enseñanza del Cálculo Diferencial. Artículo presentado en XIV Jornadas de ASEPUMA y II Encuentro Internacional. España.
- García, G. y Caballero, E. (2004). *Profesionalidad y práctica pedagógica*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.

- Gámez, Y., Reyes, Z., Arango, P. y Nuez, E. (2019). *Programa de la disciplina Sistema Digitales*. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.
- Gibert, E. M. (2012). *Una alternativa didáctica para la estructuración del proceso de enseñanza-aprendizaje en las clases de la asignatura Matemática en la Educación Secundaria Básica*. (Tesis de doctorado). Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona". La Habana, Cuba.
- Gibert, E. M. y Hernández, B. (2019). Potencialidades del asistente matemático GeoGebra para fomentar la significatividad y la motivación en el aprendizaje de la Matemática. Publicado en las memorias del evento XII Encuentro Taller Científico Metodológico de la Cátedra "Dulce María Escalona" y el VII Taller de la Cátedra de Cultura Científica "Antonio Núñez Jiménez" de la Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona". La Habana, Cuba.
- Godino, J. (2010). Perspectiva de la didáctica de las matemáticas como disciplina tecnocientífica. Universidad de Granada, España. Recuperado de: [http://www.ugr.es/~jgodino/fundamentos\\_teoricos/perspectiva\\_ddm.pdf](http://www.ugr.es/~jgodino/fundamentos_teoricos/perspectiva_ddm.pdf)
- Gómez, A. (2017). Una propuesta para la enseñanza de la derivada basada en el aprendizaje autónomo. Revista *Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 4(8). Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia. doi.org/10.21017/rimci.2017.v4.n8.a28.
- González, Y. y Duvergel, D. (2020). Una estrategia didáctica para el aprendizaje desarrollador de la Matemática en la carrera Ingeniería Informática. Revista *Universidad y Sociedad*, 12(5). ISSN: 2218-3620. Universidad del Ministerio del Interior "Eliseo Reyes Rodríguez Capitán San Luis". La Habana. Cuba.
- González, M. C., Rodríguez, J. B. y Chilua, M. (2019). El empleo de asistentes matemáticos y otros recursos informáticos en el proceso de enseñanza-

aprendizaje de la Geometría en la formación de profesores de Matemática. Publicado en las memorias del evento: XII Encuentro Taller Científico Metodológico de la Cátedra “Dulce María Escalona” y el VII Taller de la Cátedra de Cultura Científica “Antonio Núñez Jiménez” de la Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”. Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”. La Habana, Cuba.

González, M. C. (2006). *Propuesta didáctica para la aplicación de la enseñanza basada en problemas a la formación semipresencial en la disciplina de Geometría*. (Tesis de doctorado). Instituto Superior Pedagógico “Enrique José Varona”. Ciudad de la Habana, Cuba.

Granera, J. A. (2017). *Proceso de enseñanza - aprendizaje de la integral definida como el área bajo una curva en las asignaturas de Cálculo en las carreras de Ingeniería*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua, Nicaragua.

Guarín, S. A. (2018). *Aproximación y Tendencia: nociones para la comprensión del límite de una función en un punto*. (Tesis de maestría). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ciencias. Bucaramanga, Colombia.

Guerrero, L., Hernández, A., Martínez O. y Segura, J. (2018). Calculo diferencial y el desarrollo del pensamiento matemático. *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*. ISSN: 1989-4155. Ecuador. Recuperado de:  
<https://www.eumed.net/rev/atlante/2018/09/pensamiento-matematico.html>

Gutiérrez, L., Buitrago, M. R. y Ariza, L. M. (2017). Identificación de dificultades en el aprendizaje del concepto de la derivada y diseño de un OVA como mediación pedagógica. *Revista Científica General José María Córdova*, 15(20), 137-153. Bogotá, Colombia. doi.org/10.21830/19006586.170.

- Hamel, J. y Amiotte, L. (2007). Calcul différentiel. Canadá: Édition du Renouveau Pédagogique Inc.
- Hernández, A. y Gulín, J. (2019). Programa de la disciplina Física. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba
- Hernández, R. M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325-347. doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149.
- Hernández, C. A., Prada, R. y Ramírez, P. (2017). Obstáculos epistemológicos sobre los conceptos de límite y continuidad en cursos de cálculo diferencial en programas de ingeniería. 2(2). Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia. doi.org/10.22463/25909215.1316
- Hernández, A. D., Sánchez, M. A., Villacis, J. F. y Villacis, C. A. (2019). Cálculo diferencial en la resolución de aplicaciones financieras en software libre. *Revista Científica Docencias económicas y empresariales*. ISSN: 2588-090X. 4(1). doi.org/10.23857/fipcaec.v4i1%20ESPECIAL.116
- Herrera, A. y Patrìtti, H. (2020). Aplicaciones de la derivada. En Academia de Ciencia Galilei. Recuperado de <http://www.acienciasgalilei.com/alum/mat/aplicaciones-derivadas.pdf>
- Hitt, F. (2016). El Aprendizaje del cálculo y nuevas tendencias en su enseñanza en el aula de matemáticas. Encuentro Internacional en Educación Matemática ISSN 2539-1885. Universidad de Montreal. Montreal, Canadá.
- Hughes, D. et al. (1999). Fonctions d'une variable. Traducción de: Calculus: Single variable, 2nd edition. Montréal: Chenelière/McGraw-Hill.

- Ibarra, E. et al. (2018). GeoGebra en el celular como herramienta para clases de Cálculo Diferencial. Congreso Internacional de Investigación Académica Journals Juárez, 10(5). ISSN 1946-5351.
- Iglesias, N., Alonso, I. y Gorina, A. (2017). El Cálculo Diferencial e Integral en las carreras de ciencias técnicas. Especificidades de su enseñanza. *Revista Electrónica para maestros y profesores*, 14(4), 661. ISSN 1815-4867. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/321754079>.
- Iglesias, N., Alonso, I. y Gorina, A. (2018). La interdisciplinariedad en la enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial e integral. Un instrumento didáctico para su concreción. *Revista Magazine de las Ciencias*, 4(1). ISSN 2528-8091. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/334041269>.
- Iglesias, N., Alonso, I. y Gorina, A. (2018). La dinámica interdisciplinar del proceso de enseñanza- aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral en la carrera Ingeniería Civil. *Transformación*, 14(2). ISSN: 2077- 2955. Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz". Camagüey, Cuba.
- Irazoqui, E. (2015). *El aprendizaje del cálculo diferencial: Una propuesta basada en la modularización* (Tesis de doctorado). Facultad de Educación. Departamento de didáctica, organización escolar, didácticas especiales. Recuperado de: <http://espacio.uned.es/fez/view/tesisuned: Educacion-Esirazoqui>.
- Jácome, I. J., Fiallo, J. E., y Parada, S. E. (2018). Teorema Fundamental del Cálculo en el marco de la Educación Matemática Realista con el uso de Tecnologías Digitales. *Revista Colombiana de Matemática Educativa*, 3(2). ISSN 2500-5251. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. Recuperado en: <http://ojs.asocolme.org/index.php/RECME>



- Jiménez, M. H. (2005). *Una concepción en la enseñanza de la matemática para propiciar el aprendizaje desarrollador*. ISPEJV. La Habana, Cuba.
- Jiménez, M. H. (2007). Aplicación de una propuesta metodológica que propicie un aprendizaje desarrollador de la Matemática en el nivel medio en Ciudad Escolar Libertad. En *Memorias Pedagogía 2007. Simposio 14*. La Habana, Cuba.
- Jiménez, M. H. (2010). *Análisis Matemático en IR*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba.
- Lamanier, J. I. (2007). *Una concepción didáctica del libro de texto de Matemática para la secundaria básica cubana*. (Tesis de doctorado). ISPEJV. La Habana, Cuba.
- Lang, S. (1990). *Cálculo*. México: Addison-Wesley Iberoamericana, S. A.
- Larson, R., Hostetler, R., Edwards, B. (2009). *Cálculo Diferencial*. México: Mc Graw Hill Interamericana, S.A. de C. V.
- Leal, J. F. y Rico, S. P. (2014). Curso de precálculo apoyado en el uso de GeoGebra para el desarrollo del pensamiento variacional. *Revista Científica*, 3, (20), 56-71.
- Lima, A. (2018). Cálculo diferencial en Ingeniería Informática. P. 3. Recuperado de: <http://es.scribd.com>
- Llerena, T. J. (2012). *Aplicación del software educativo (Matlab y Descartes) y su incidencia en el interaprendizaje de las cónicas en Geometría Analítica con los estudiantes del tercer año de bachillerato del Instituto Tecnológico Superior Francisco de Orellana de la parroquia Puyo cantón y provincia de Pastaza*. (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

- Llivina, M. J. (1999). *Una propuesta metodológica para contribuir al desarrollo de la capacidad para resolver problemas matemáticos*. (Tesis de doctorado). ISPEJV. La Habana, Cuba.
- López, R. C. (2008). Nuevas tecnologías en la enseñanza aprendizaje del cálculo: una aproximación al estado de la cuestión (Trabajo de investigación tutelada), Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada, España.
- López, L., Montiel, G. y Cantoral, R. (2016). Desarrollo del pensamiento y lenguaje variacional en el bachillerato. Alme 29. México.
- López, C., Aldana, E. y Erazo, J. D. (2019). El papel de la resolución de problemas para la enseñanza del Cálculo Integral: Un estudio de caso. *Revista Espacios*, 40(17). ISSN 0798 1015.
- López, C., Aldana, E. y Erazo, J. D. (2017). Concepciones de los profesores sobre la resolución de problemas en cálculo diferencial e integral: estudio etnográfico. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 10(1). ISSN 2145-549X | ISSN 2422-4200. Universidad del Quindío. Quindío Colombia. doi.org/10.22335/rlct.v10i1.448.
- Lozano, Y. A. (2011). *Desarrollo del concepto de la derivada sin la noción del límite*. (Trabajo de Grado para Optar por el Título de Matemático). Fundación Universitaria Konrad Lorenz. Bogotá, Colombia.
- Martin, A., Pérez, O. y Martínez, Y. (2017). Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto espacio vectorial. *Revista Electrónica de Formación y Calidad Educativa*, (REFCaIE), 5(2), 195-209. Recuperado de: <http://runachayecuador.com/refcale/index.php/refcale/article/view/1796>

- Martínez, E. O. et al. (2021). *Innovando con las TIC. Experiencias educativas*. Editado Victoria de Durango. ISBN: 978-607-8730-18-6. México.
- Martínez, A. (2020). Uso de métodos problémicos en el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática: metodología para calcular integrales indefinidas. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5). ISSN: 2218-3620. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. Cuba.
- Martínez, J. (2020). Gradiente Descendiente para aprendizaje automático. P. 5. Recuperado de: <https://www.iattificial.net>
- Martínez, A. (2019). Programa Analítico de la asignatura Matemática II. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.
- Martínez, H. D. (2014). *La aplicación del aprendizaje basado en problemas (ABP) como estrategia para potenciar el aprendizaje académico en el módulo de álgebra con los estudiantes de primer semestre de la facultad de ingeniería en sistemas electrónica e industrial de la Universidad Técnica de Ambato*. (Tesis de maestría). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Martínez, M. (2014). Historia del cálculo. Recuperado de: <https://www.monografias.com/trabajos99/historia-del-calculo/historia-del-calculo.shtml>
- Matos, J. F., Mor, Y., Noss, R. y Santos, M. (2005). Mantener la interacción en la comunidad de práctica matemática. En el Cuarto Congreso de la Sociedad Europea de Investigación en Educación Matemática.
- Medina, H. B, Armendariz, CH. R y Choez, V. V. (2017). El cálculo diferencial: aplicación en la microeconomía bancaria. *Olimpia*, 14(46). ISSN: 1817-9088.

- Medina, N. M. y Delgado, J. R. (2017). Las estrategias docentes y su implicación en el aprendizaje significativo del concepto de derivada en estudiantes de Ingeniería. *Rastros Rostros*, 19 (34). ISSN 2382-4921. doi.org/10.16925/ra.v.19i34.2147
- Mendoza, F. y Escalona, M. (2018). Consideraciones teóricas del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática en la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad "Laica Eloy Alfaro de Manabi". *Revista Didascalía: Didáctica y Educación*, 10(1). ISSN 2224-2643. Las Tunas y Granma, Cuba.
- Montalvo, A. (2012). *La enseñanza problémica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática escolar en Colombia*. (Tesis de doctorado). Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño. La Habana, Cuba.
- Morales, J. F. y Peña, L. M. (2013). Propuesta metodológica para la enseñanza del cálculo en ingeniería, basada en la modelación matemática. Artículo presentado en VII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática. Montevideo, Uruguay.
- Morán, D. S. y Santaella, R. D. (2019). Algunas reflexiones en torno al concepto de acumulación en la enseñanza del cálculo integral. Universidad de Pamplona. Pamplona, Colombia.
- Morantes, G., Dugarte, E., y Herrera, J. (2019). Perfil del aprendiz estratégico para el estudio de Cálculo Diferencial mediado por las TIC. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 11(3), 152-167. doi.org/10.22335/rlct.v11i3.864
- Moreira, M. A. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 11(12) e029. doi.org/10.24215/23468866e029

- Moreno, N. (2017). Una representación gráfica de la práctica de resolución de problemas en cálculo diferencial. *Revista internacional de investigación e innovación educativa*, (92). ISSN 2443-9991. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. Recuperado de:  
<http://www.investigacionenlaescuela.es/articulos/R92/R92-5>
- Mosquera, M. A. y Vivas, S. J. (2017). Análisis comparativo de software matemático para la formación de competencias de aprendizaje en cálculo diferencial. Universidad de Manizales. Manizales, Colombia.
- Muñoz, M. A., Porras, M. I. y G, M. (2017). Aplicación de software matemático para el logro de aprendizajes en aplicaciones del cálculo diferencial e integral, en estudiantes universitarios. Universidad Técnica de Machala. El Oro, Ecuador.
- Muñoz, M. A. (2018). *Aplicación de software matemático DERIVE, para el logro de aprendizajes en aplicaciones del Cálculo Diferencial e Integral, en estudiantes universitarios*. (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca. Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación. Cuenca, Ecuador.
- Navarrete, M. E., Garcés, A. R. y Piña, S. A. R. (2017). El impacto de las plataformas digitales en el aprendizaje del cálculo diferencial. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, (6). Instituto Tecnológico de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- Navarro, L. (2020). *Estrategia didáctica para el desarrollo del pensamiento numérico desde el proceso de enseñanza-aprendizaje del Álgebra en la formación de pregrado del profesor de Matemática*. (Tesis de doctorado). Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona". La Habana, Cuba.
- Newhouse, C. P. (2002). The Impact of ICT on Learning and Teaching: A literature review for the Western Australian Department of Education. Recuperado de:  
<http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S1793206808000483>

- Ordóñez, E. y Mohedano, I. (2019). El aprendizaje significativo como base de las metodologías innovadoras. *Revista Educativa Hekademos*, 26(12), ISSN 1989-3558. Universidad Católica de Ávila. España.
- Oramas, C. (2000). *Hacia una concepción del aprendizaje desarrollador del Álgebra*. (Tesis de maestría). ISPEJV. La Habana, Cuba.
- Padilla, O. y González, N. (2019). Exigencias didácticas para la integración de las tecnologías informáticas. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. La Habana, Cuba.
- Palacios, J. (2002). Contextualización de problemas matemáticos. Universidad de Ciencias Pedagógicas “José Luis y Caballero”. Holguín. Cuba, p. 21.
- Peña, L. R., Patiño, L. A., Ordoñez, D. F. y Bravo, A. (2019). Posibilidad de recurrir a las TIC para mejorar el aprendizaje del cálculo diferencial y disminuir la deserción de los estudiantes. *Sathiri, Sembrador*, 14(2). doi.org/10.32645/13906925.896
- Pérez, Z. R. (2017). Dimensión social de la ciencia y la tecnología en el diseño curricular de la disciplina principal integradora en la Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba, pp. 14-15.
- Pérez, R., Rojas, J. y Paulí, G. (2008). Algunas experiencias didácticas en el entorno de la plataforma Moodle. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 5(10), 4. ISSN 1667-8338. Recuperado de:  
<http://laboratorios.fi.uba.ar/lie/Revista/Articulos/050510/A1mar2008.pdf>
- Pérez, O. L. y Blanco, R. (2019). Contribución teórica y práctica a la didáctica del Cálculo Diferencial y del Álgebra Lineal para carreras de ingeniería. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, 9(3). Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz. Camagüey, Cuba.

- Proenza, Y. E. y Pérez, Y. G. (2019). Programa de la disciplina Técnicas de Programación de Computadoras. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba
- Pico, R. J., Díaz, F. M. y Escalona, M. (2017). Enseñanza y aprendizaje del cálculo diferencial aplicando el asistente matemático Derive. *Tecnología Educativa*, 2(1). ISSN 2519-9463. Manabí, Ecuador.
- Pineda, W. B., Hernández, C. A. y Avendaño, W. R. (2020). Propuesta didáctica para el aprendizaje de la derivada con Derive. *Revista de Investigación y Pedagogía Praxis & Saber*, 11(26). ISSN 2216-0159 e-ISSN 2462-8603. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia. doi.org/10.19053/22160159.v11.n26.2020.9845
- Pineda, C. E. (2014). *Una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de la derivada*. Universidad Santos Tomás. Bogotá D C. Colombia, p. 2.
- Pino-Fan, L. R., Godino, J. D. y Moll. V. F. (2011). Faceta epistémica del conocimiento didáctico-matemático sobre la derivada. *En revista Educação Matemática Pesquisa*. 13(1). Sao Paulo, Brasil.
- Porres, M., Pecharromán, C. y Ortega, T. (2017). Aportaciones de Derive y del cálculo mental al aprendizaje de la integral definida. *PNA*, 11(2).
- Posada, M. G., Matilla, J. y Rosales, F. (2017). Potencialidades del software GeoGebra en la enseñanza de la Matemática: estudio de caso de su aplicación en la trigonometría. *Revista científico - educacional*, 13(4). ISSN: 2074-0735. Universidad de Granma.
- Prada, R., Suárez, C. y Ramírez, P. (2016). Comprensión de la noción de función y la articulación de los registros semióticos que la representan entre estudiantes que ingresan a un programa de ingeniería. *Revista Científica*, 2(25), 188-205.

- Quispe, J. C. (2018). *Estrategia de enseñanza del cálculo diferencial e integral en el nivel de pregrado de la facultad de ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés empleando el software matemático*. (Tesis de maestría). Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. La Paz, Bolivia.
- Ramos, E. y Reyes P. (2017). Favoreciendo la reflexión del docente: un Estudio de Clases sobre cálculo integral usando tecnología. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. 20(1). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Valparaíso, Chile. doi.org/10.6018/reifop.20.1.245691
- Ramos, C., Del Valle, M. y Ross, S. (2007). El grado de reflexión de los alumnos de cálculo diferencial. Una experiencia. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*.
- Rendón, C. G. (2017). Hitos en la historia del concepto de límite. II Congreso de Educación Matemática de América Central y el Caribe. Universidad Pedagógica Nacional. Bogota, Colombia.
- Reyes, D. (2004). *La obtención de los teoremas matemáticos y el aprendizaje desarrollador*. (Tesis de maestría). ISPEJV. La Habana, Cuba.
- Rincón, E. et al., (2014). El aprendizaje activo como estrategia didáctica para la enseñanza del cálculo. Recuperado de:  
[funes.uniandes.edu.co/5452/1/RinconELaprendizajeALME2014.pdf](https://funes.uniandes.edu.co/5452/1/RinconELaprendizajeALME2014.pdf)
- Río, L. D. (2016). Enseñar y aprender cálculo con ayuda de la vista gráfica 3D de GeoGebra. *Revista Digital Matemática, Educación e Internet*, 17 (1).
- Ríos, J. M. y Bernal, R. M. (2018). Tendencias históricas del proceso de formación en el cálculo infinitesimal para las carreras de ingeniería. *Revista Órbita*



- Pedagógica*, 5(2). ISSN 2409-0131. Instituto Superior de Ciências de Educação do Huambo. Huambo, Angola.
- Rivera, A., García, M. R. y Díaz, M. (2013). Comprensión de los significados de la derivada. Un estudio con profesores de Bachillerato y una propuesta didáctica en ambientes virtuales.
- Rivera, G. y Echeverri, D. M. (2016). Diseño y elaboración de un entorno computacional edumathUH para el fortalecimiento del cálculo diferencial. *Itinerario Educativo*, (68). ISSN 0121-2753. Universidad de San Buenaventura. Bogotá, Colombia.
- Robles, M. G., Tellechea, E. y Font, V. (2014). Una propuesta de acercamiento alternativo al teorema fundamental del cálculo. *Educación Matemática*, 26(2).
- Rodríguez, A. (2019). Programa Analítico de la asignatura Matemática I. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.
- Rodríguez, A. (2018). *Estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial con enfoque profesional en la Facultad Introductoria de Ciencias Informáticas*. (Tesis de maestría). Universidad de La Habana. La Habana, Cuba.
- Rodríguez, A. (2018). Cálculo diferencial e integral contextualizado a procesos vivenciales. Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L. ISBN: 978-84-948257-4-3. Ecuador. doi.org/10.17993/CcyLI.2018.17
- Rojas, P. E. y Trigueros, M. (2020). El Esquema del Cálculo Diferencial e Integral para ser enseñado en simultáneo. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, (2). ISSN 1850-6666.

- Rojas, A. y Rodríguez, J. B. (2021). La significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral. *Revista Científico Metodológica Varona*, (72) junio-agosto ISSN 1992-8238. La Habana, Cuba.
- Rojas, A. (2021). Las TIC en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Publicado en las memorias del evento: IV Conferencia Científica Internacional UCIENCIA 2021. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.
- Rojas, A. (2020). El uso del Entorno Virtual de Enseñanza-Aprendizaje para mejorar el aprendizaje del cálculo diferencial. *Revista Científico Pedagógica Orbita Científica*, 26(111) abril-junio. La Habana, Cuba.
- Rojas, A. (2019). Sistema de tareas en el entorno virtual de enseñanza-aprendizaje de la Matemática I para el aprendizaje del cálculo diferencial. Publicado en las memorias del evento: XII Encuentro Taller Científico Metodológico de la Cátedra "Dulce María Escalona" y el VII Taller de la Cátedra de Cultura Científica "Antonio Núñez Jiménez" de la Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona". Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona". La Habana, Cuba.
- Rojas, A. (2019). El uso del entorno virtual de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Matemática I para favorecer el aprendizaje del cálculo diferencial. Publicado en las memorias del evento: XVI Congreso Internacional de Matemática y Computación en la Universidad de La Habana. Universidad de La Habana. La Habana, Cuba.
- Rojas, A. (2018). El aprendizaje del cálculo diferencial mediante las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Publicado en el libro *Ciencia e Innovación Tecnológica*, vol. II, en

el capítulo Ciencias Pedagógicas y en coedición Editorial Académica Universitaria – Opuntia Brava.

- Rojas, E. R. (2019). Diseño de estrategia de apertura para la interpretación gráfica-analítica a través de Desmos como preparación para el aprendizaje del cálculo diferencial. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(19). ISSN 2007-7467. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. doi.org/10.23913/ride.v10i19.493
- Ron, J. (2007). *Una estrategia didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la resolución de problemas en las clases de Matemática en la Educación Secundaria Básica*. (Tesis de doctorado). ISPEJV. La Habana, Cuba.
- Ruiz, E. (2009). Diseño de estrategias de enseñanza para el concepto de variación en áreas de ingeniería. *Innovación Educativa*, 9(46).
- Ruiz, E. F., Carmona, E. A. y Salvador, A. (2016). Importancia del cálculo en el desarrollo académico del ingeniero. *Pistas Educativas*, 38(120). ISSN 1405-1249. Instituto Tecnológico de Celaya. Celaya, México.
- Sabín, Y., Toledo, V., Albelo, M., García, L. G. y Pino, J. R. (2005). Una herramienta de apoyo a la enseñanza del cálculo diferencial e integral a través de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(3).
- Sacristán, A. I., Parada, S. E. y Olivera, M. A. (2013). Un espacio colaborativo de intercambio y experimentación en línea: conformación de comunidades de práctica y de exploraciones matemáticas a distancia. En M. T. Rojano (Ed.). *Las Tecnologías Digitales en la Enseñanza de las Matemáticas*.

- Salinas, C. (2003). *Un estudio sobre la evolución de ideas variacionales en los cursos introductorios al cálculo*. (Tesis de maestría). Centro de investigación y estudios avanzados del IPN, D.F. México.
- Salvatierra, A., Romero, S. y Shardin, L. (2021). Khan Academy: Fortalecimiento del aprendizaje de Cálculo I en estudiantes universitarios. *Propósitos y Representaciones*. 9(1). ISSN 2307-7999 e-ISSN 2310-4635. doi.org/10.20511/pyr2021.v9n1.1042
- Sampedro, R. (2011). *Estrategia didáctica para favorecer la formación y desarrollo de la competencia gestionar el conocimiento matemático desde la dinámica del proceso docente educativo de la matemática de las carreras de ingeniería*. (Tesis de doctorado). Centro de Estudio de Ciencias de la Educación “Enrique José Varona”, Cuba.
- Sánchez, C. (1982). *Análisis Matemático*. Tomo 1. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Sánchez, G., García, M. y Llinares, S. (2008). La comprensión de la derivada como objeto de investigación en didáctica de la matemática. *En Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*. 11(2).
- Santos, J y Armas, C. B. (2018). Algunas exigencias didácticas para el proceso de enseñanza-aprendizaje en las carreras de ciencias técnicas. 11no. Congreso Internacional de Educación Superior “Universidad 2018”. IV Simposio de Didáctica de las Ciencias Básicas, Ingeniería y Arquitectura. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/326658150>.
- Santa, C. P. (2018). Implementación de la Pizarra Digital Interactiva (PDI) en la enseñanza del cálculo integral según la perspectiva de los estudiantes de ingeniería. 8(2). Universidad Continental. Huancayo, Perú. doi.org/10.18259/ac

s.2018020.

Segura, M., Candiotti, C., Medina, C.J. (2007). Las TIC en la Educación: panorama internacional y situación española. XXII Semana Monográfica de la Educación, Fundación Santillana, p. 6. Recuperado de <http://www.oei.es/tic/DocumentoBasico.pdf>

Serrano, B. H., Garzón, V. J., González, A. y Cervantes, A. R. (2020). El laboratorio computacional matemático, como complemento para promover el aprendizaje del cálculo diferencial. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2). ISSN: 2631- 2662.

Silva, R. (2011). *La enseñanza de la Física mediante un aprendizaje significativo y cooperativo en Blended learning*. (Tesis de doctorado). Universidad de Burgos. España.

Silvestre, M. y Zilberstein, J. (2005). *Didáctica desarrolladora desde el Enfoque Histórico Cultural*. Ediciones CEIDE. México.

Silvia, C. (2011). *Diseño y moderación de entornos virtuales de aprendizaje (EVA)*. Editorial UOC. Barcelona, España.

Soler, M. (2012). *La interdisciplinariedad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Matemática: una alternativa didáctica para la formación de profesores de Matemática*. (Tesis de doctorado). Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”. La Habana, Cuba.

Stewart, J. (2002). *Cálculo con Trascendentes Tempranas*. Cuarta edición. Editorial International Thomson Editores. México.

Stivens, J. y Acosta, D. (2019). Estrategia metodológica para la sistematización del contenido matemático con el uso del asistente GeoGebra. Publicado en las memorias del evento: XII Encuentro Taller Científico Metodológico de la

Cátedra “Dulce María Escalona” y el VII Taller de la Cátedra de Cultura Científica “Antonio Núñez Jiménez” de la Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”. Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”. La Habana, Cuba.

Swokowski, E. W. (1989). *Cálculo con Geometría Analítica*. Segunda edición. Grupo Editorial Iberoamérica. México.

Tapia, H., Andrade, O. y Estrabao, A. E. (2018). Construcción del conocimiento de cálculo diferencial e integral contextualizado en ámbito de la profesión a partir de la modelación. *Revista Didascalía: Didáctica y Educación*. 10(1). ISSN 2224-2643. Las Tunas y Granma, Cuba.

Topón, J. (2014). Aplicación de derivadas en ingeniería de sistemas e informática. Recuperado de: <https://prezi.com/mgal2wzzwo10/aplicacion-de-derivadas-en-ingde-sistemas-e-informatica>.

Torres, P. (2005). Didáctica de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación presencial y a distancia. Curso en Pedagogía 2005. La Habana, Cuba.

Trejo, E., Camarena, P. y 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, 2013), 397-424. ISSN: 1887-4592

Universidad de las Ciencias Informáticas. (2008). Recuperado de: <http://www.uci.cu/universidad/mision>.

Valdés, C. y Sánchez, C. (2014). *Análisis de funciones de una variable*. Facultad de Matemática y Computación. Universidad de La Habana. La Habana, Cuba.

Valle, A. (2007). *Metamodelos de la investigación pedagógica*. Instituto Central de Ciencias Pedagógicas. La Habana, Cuba.

- Vásquez, R. W. et al. (2017). Utilización de un Entorno Virtual de Enseñanza y Aprendizaje en el cálculo diferencial de una variable con aplicaciones a la Economía. Informe final del proyecto. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.
- Vecino, F. (2004). La Universidad en la construcción de un mundo mejor. Conferencia magistral. Evento "Universidad 2004". Editorial "Félix Varela". La Habana, Cuba.
- Velandia, E. L. y Leal, J. F. (2015). Estrategias que emergen en la resolución de problemas de variación y cambio. *Revista Colombiana de Matemática Educativa*.
- Vigotsky, L. S. (1982). *Pensamiento y Lenguaje*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Villalobos, E. B, et al. (2017). Impacto del uso de software GeoGebra en la enseñanza del cálculo diferencial en dos institutos tecnológicos. *Pistas Educativas*, 39(126). ISSN: 2448-847X. Instituto Tecnológico de Celaya. Celaya, México. Recuperado de:  
<http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas>.
- Villarreal, M. E. (2000). El pensamiento matemático de estudiantes universitarios de cálculo y tecnologías informáticas. *Revista de Educación Matemática*. Recuperado de: <http://revistas.unc.edu.ar>.
- Villarreal, M. E. (2003). Pensamiento matemático, cálculo diferencial y computadoras. *Educación Matemática*, 15(1).
- Viñamagua, G. (2017). *Concepción integradora del cálculo diferencial en cálculo I, carrera de Economía de la Universidad Técnica particular de Loja, Ecuador*. (Tesis de maestría). Universidad de Holguín. Holguín, Cuba.

- Vrancken, S. y Engler, A. (2014). Una introducción a la derivada desde la variación y el cambio: resultados de una investigación con estudiantes de primer año de la universidad. *Bolema*, 28(48).
- Zilberstein, J. y Olmedo, S. (2014). Las estrategias de aprendizaje desde una didáctica desarrolladora. *Revista Científico Pedagógico*, 3(27), 42-52. ISSN 1682-2749. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Matanzas, Cuba. Recuperado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=478047203004>.
- Zill, D. y Wright, W. (2011). *Cálculo de una variable*. México: Mc Graw Hill.
- Zuñiga, L. (2004). *Funciones cognitivas: un análisis cualitativo sobre el aprendizaje del cálculo en el contexto de la ingeniería*. (Tesis de doctorado). Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F.
- Zuñiga, L. (2007). El cálculo en carreras de ingeniería. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10(1), 170. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v10n1/v10n1a7.pdf>



## **ANEXOS**

### **Anexo 1: Instrumentos aplicados en la etapa exploratoria:**

**a) Guía para el análisis de los documentos normativos (Modelo del Profesional, Planes de Estudio “D” y “E” de Ingeniería en Ciencias Informáticas, Programa de la disciplina Matemática y Programas Analíticos de las asignaturas Matemática I y Matemática II).**

**Objetivo:** Identificar cómo se precisan en los documentos normativos las exigencias didácticas para el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral.

- 1) ¿Se evidencia la importancia del dominio que deben lograr los estudiantes en el cálculo diferencial e integral en la formación del Ingeniero en Ciencias Informáticas?
- 2) ¿Se expresa la importancia del estudio de las aplicaciones del cálculo diferencial e integral en la formación del Ingenieros en Ciencias Informáticas?
- 3) ¿Existen orientaciones metodológicas para la dirección del PEA en función promover el estudio del cálculo diferencial e integral?
- 4) ¿Existe proyección, desde el trabajo metodológico de la disciplina o del colectivo de asignatura, para el perfeccionamiento del PEA del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas?
- 5) ¿Se evidencia desde los objetivos exigencias encaminadas a potenciar la significatividad en el estudio del cálculo diferencial e integral?
- 6) ¿Resulta adecuada la determinación y formulación de los objetivos?
- 7) ¿Los contenidos incluyen la base de conocimientos y los valores necesarios para la formación de un Ingeniero en Ciencias Informáticas en la actual sociedad cubana?

- 8) ¿Los métodos declarados resultan apropiados para el cumplimiento de los objetivos a lograr y para el tratamiento del contenido?
- 9) ¿Cuáles son las formas de evaluación que se proyectan en el PEA del cálculo diferencial e integral?
- 10) ¿Existe flexibilidad en las formas de evaluación que se pueden utilizar, de manera que se atiendan las diferencias individuales de los estudiantes?

**b) Guía para la revisión de los informes de análisis de los resultados de pruebas parciales y finales**

**Objetivo:** Recopilar la información que aparece en los informes relacionada con las principales deficiencias de los estudiantes en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral.

1. ¿Cuáles son los objetivos que se reportan con mayores dificultades en el cálculo diferencial e integral que guardan relación con el dominio que debe alcanzar un Ingeniero en Ciencias Informáticas para la resolución de problemas?
2. ¿Se evidencian medidas para erradicar las dificultades existentes? ¿Potencian estas medidas el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral?
3. ¿Cuáles son las principales deficiencias declaradas en el desempeño de los estudiantes en el cálculo diferencial e integral que están dadas por dificultades en el desarrollo del PEA?
4. ¿Cuáles son los aspectos relacionados con el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral que se reportan como debilidades y fortalezas?

### **c) Guía para la revisión de informes de controles a clases.**

#### **Objetivos:**

- Valorar si la conducción del PEA del cálculo diferencial e integral por parte del profesor contribuye el desarrollo de relaciones significativas en el aprendizaje de los estudiantes.
  - Valorar si se producen implicaciones de los estudiantes en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral que evidencien la importancia que tienen para su futuro desempeño como Ingenieros en Ciencias Informáticas.
1. ¿Los estudiantes cumplieron con las tareas orientadas en la clase anterior, mostrando dominio de su contenido?
  2. ¿Se realiza una selección adecuada de los medios de enseñanza, en particular las TIC, que pudieran ser utilizados para el desarrollo de la clase?
  3. ¿Se establecen relaciones de los nuevos contenidos con los anteriormente aprendidos?
  4. ¿Se desarrollan ejercicios que propicien el interés de los estudiantes para resolverlos a partir de su relación con la carrera?
  5. ¿Se utilizan los asistentes matemáticos para la solución de problemas que se les plantean a los estudiantes?

### **d) Guía para la realización de entrevistas grupales a estudiantes.**

**Objetivo:** Conocer las opiniones de los estudiantes acerca de cómo se está desarrollando el PEA del cálculo diferencial e integral en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

Estimado estudiante:

Se realiza una investigación sobre la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas. Tus criterios basados en la experiencia que posees como estudiante son de suma importancia para la realización de la investigación, por lo que se te pide que brindes tu cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

¡Gracias por tu colaboración!

1. ¿Por qué consideras que el estudio del cálculo diferencial e integral es importante en la formación del Ingeniero en Ciencias Informáticas?
2. ¿Cuáles son las dificultades más frecuentes que presentan los estudiantes en el PEA del cálculo diferencial e integral?
3. ¿Cuáles consideras que sean las causas de las dificultades mencionadas?
4. ¿Qué medidas se han implementado para el tratamiento de dichas dificultades?
5. ¿Consideras el PEA con el empleo de las TIC un factor determinante para el aprendizaje del cálculo diferencial e integral? Fundamenta.
6. ¿Qué acciones realiza tu profesor para utilizar las TIC en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral?

**e) Guía de entrevista a profesores de las asignaturas Matemática I y II.**

**Objetivo:** Obtener criterios sobre el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral y sobre el aprendizaje en el tema de los estudiantes de primer y segundo año de la UCI.

Estimado (a) profesor (a):

Se realiza una investigación sobre la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas. Sus

criterios basados en su experiencia como profesor son de suma importancia para la realización de la investigación, por lo que se le pide que brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

¡Muchas gracias!

1. ¿Cómo valora el grado de comprensión y la calidad de los conocimientos que adquieren los estudiantes en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral?
2. ¿Cuáles son las dificultades más frecuentes que presentan los estudiantes en el PEA del cálculo diferencial e integral?
3. ¿Cuáles considera usted las causas de las dificultades mencionadas?
4. ¿Qué medidas ha implementado para el tratamiento de dichas dificultades?
5. ¿Considera el PEA con el empleo de las TIC un factor determinante para el aprendizaje del cálculo diferencial? Fundamente.
6. ¿Se realizan actividades metodológicas encaminadas a profundizar en las formas que pueden emplearse las TIC para favorecer el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en los estudiantes de primer año y segundo año de la UCI?

**f) Guía para la realización de entrevistas a directivos.**

**Objetivo:** Conocer las opiniones de los directivos acerca de cómo se está desarrollando el PEA del cálculo diferencial en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas.

Estimado profesor (a):

Se realiza una investigación acerca del mejoramiento del PEA del cálculo diferencial en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas. Solicitamos su más sincera colaboración respondiendo las interrogantes que se realizan a continuación.

¡Muchas gracias!

1. ¿Cómo valora el grado de comprensión y la calidad de los conocimientos que adquieren los estudiantes en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral?
2. ¿Cuáles son las dificultades más frecuentes que presentan los estudiantes en el PEA del cálculo diferencial e integral?
3. ¿Cuáles considera usted las causas de las dificultades mencionadas?
4. ¿Qué medidas ha implementado para el tratamiento de dichas dificultades?
5. ¿Considera el PEA con el empleo de las TIC un factor determinante para el aprendizaje del cálculo diferencial? Fundamente.
6. ¿Se realizan actividades metodológicas encaminadas a profundizar en las formas que pueden emplearse las TIC para favorecer el aprendizaje del cálculo diferencial en los estudiantes de primer año de la UCI?

**Anexo 2: Consulta a especialistas sobre la variable en estudio, dimensiones e indicadores.**

Estimado (a) profesor (a):

Se realiza una investigación sobre la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas. Precisamos de sus valiosos criterios acerca de cada uno de los aspectos que les relacionamos en este instrumento.

¡Gracias por su colaboración!

1- Datos personales:

Categoría docente: \_\_\_\_\_

Categoría Científica y/o académica: \_\_\_\_\_

Años de experiencia como profesor de Matemática: \_\_\_\_\_

Años de experiencia como profesor en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas: \_\_\_\_\_

Disciplina o asignatura que imparte: \_\_\_\_\_

Institución a la que pertenece: \_\_\_\_\_

2- Sus opiniones sobre la temática debe registrarlas en la tabla que aparece a continuación, sobre la base de la evaluación que usted realice de la definición operacional, dimensiones e indicadores, para lo cual debe usar la siguiente escala

Categorías: Muy adecuado (MA)      Adecuado (A)      No Adecuado (NA).

Considere:

MA	Lenguaje claro y preciso, expresa con exactitud y rigor científico lo que se pretende medir.
A	Aunque tiene el rigor científico adecuado, falta precisión en algunos aspectos a medir.
NA	No se observa el rigor científico adecuado ni se expresa con claridad lo que se pretende medir

Se presenta la tabla con la definición operacional de la variable, dimensiones, subdimensiones e indicadores.

ASPECTOS A VALORAR	CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN		
	MA	A	NA
Definición operacional de la variable			
Dimensión 1			
Indicador 1.1			
Indicador 1.2			
Indicador 1.3			
Indicador 1.4			
Indicador 1.5			
Dimensión 2			
Subdimensión 2.1			
Indicador 2.1.1			
Indicador 2.2.2			
Subdimensión 2.2			
Indicador 2.2.1			
Indicador 2.2.2			
Indicador 2.2.3			
Indicador 2.2.4			

¿Desea hacer alguna valoración u ofrecer alguna sugerencia?

---



---



---



**Resultados:**

<b>ASPECTOS A VALORAR</b>	<b>CATEGORÍAS DE EVALUACIÓN</b>		
	<b>MA</b>	<b>A</b>	<b>NA</b>
Definición operacional de la variable	9	0	0
Dimensión 1	9	0	0
Indicador 1.1	9	0	0
Indicador 1.2	9	0	0
Indicador 1.3	9	0	0
Indicador 1.4	9	0	0
Indicador 1.5	8	1	0
Dimensión 2	7	2	0
Subdimensión 2.1	7	2	0
Indicador 2.1.1	7	2	0
Indicador 2.2.2	7	2	0
Subdimensión 2.2	6	3	0
Indicador 2.2.1	7	2	0
Indicador 2.2.2	8	1	0
Indicador 2.2.3	6	3	0
Indicador 2.2.4	6	3	0

### **Anexo 3: Encuesta a estudiantes para la autoevaluación del estado de los indicadores.**

Estimado estudiante:

Se está realizando una investigación sobre la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de ingenieros en Ciencias Informáticas. Para poder arribar a una caracterización del estado actual de este proceso es imprescindible contar con tus criterios al respecto. Por esta razón te pedimos te autoevalúes teniendo en cuenta cada uno de los indicadores que se recogen en la siguiente tabla. Tus criterios no serán divulgados, por lo que te pedimos seas lo más exacto posible en tus valoraciones.

Te adjuntamos los criterios para autoevaluar cada indicador de Alto, Medio o Bajo.

Te agradecemos mucho tu colaboración.

<b>Indicadores</b>			
Dimensiones, subdimensiones e indicadores	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
<b>Dimensión 1:</b> Establecimiento de relaciones significativas en el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral.			
1.1-Nivel en que el estudiante relaciona los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral con los conocimientos matemáticos que ya posee.			
1.2-Nivel en que el estudiante valora el papel de los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral para el estudio y resolución de problemas relacionados con su experiencia cotidiana.			
1.3-Nivel en que el estudiante valora el papel de los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral para el estudio y resolución de problemas relacionados con la especialidad que estudia.			

1.4-Nivel con que el estudiante emplea las TIC para el estudio y resolución de problemas relacionados con su especialidad y con su experiencia cotidiana.			
1.5-Grado de implicación afectivo-motivacional demostrado por el estudiante durante el PEA del cálculo diferencial e integral.			
<b>Dimensión 2:</b> Implicación en la formación y desarrollo de sentimientos, actitudes y valores en el PEA del cálculo diferencial e integral.			
<b>Subdimensión 2.1:</b> Implicación en la formación y desarrollo de sentimientos y actitudes hacia el estudio del cálculo diferencial e integral y hacia la carrera.			
2.1.1-Nivel de desarrollo de sentimientos en el estudiante como la autoconfianza y la autoestima, resultado de sus vivencias en el PEA del cálculo diferencial e integral a nivel personal y grupal.			
2.1.2- Grado de asunción de actitudes positivas hacia sus deberes en el estudio del cálculo diferencial e integral y su influencia en el desarrollo de la eticidad necesaria para el ejercicio de la carrera, a partir de experiencias de aprendizaje e intercambio en el grupo.			
<b>Subdimensión 2.2</b> Desarrollo de valores en el PEA del cálculo diferencial e integral.			
2.2.1-Nivel de desarrollo del valor responsabilidad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.			
2.2.2-Nivel de desarrollo del valor laboriosidad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.			
2.2.3-Nivel de desarrollo del valor solidaridad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.			
2.2.4-Nivel de desarrollo del valor honestidad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.			

Considera:

- **Responsabilidad:** se logra en el cumplimiento de las tareas asignadas individual y colectiva y de la autopreparación.

- **Laboriosidad:** se logra mediante la realización de tareas de complejidad media y alta, que exijan dedicación y perseverancia en su solución.
- **Solidaridad:** se refleja fundamentalmente al desarrollar el sentido de compañerismo para compartir recursos y conocimientos durante el trabajo a realizar.
- **Honestidad:** reflejada en un espíritu crítico y autocrítico, que se desarrolla al evaluar la calidad de una solución propia o de una persona.

**Resultados:**

<b>Indicadores</b>				
Dimensiones, subdimensiones e indicadores	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>Mediana</b>
<b>Dimensión 1:</b>				
Indicador 1.1-	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>57</b>	<b>B</b>
Indicador 1.2-	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>68</b>	<b>B</b>
Indicador 1.3-	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>76</b>	<b>B</b>
Indicador 1.4-	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>76</b>	<b>B</b>
Indicador 1.5-	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>76</b>	<b>B</b>
<b>Dimensión 2:</b>				
<b>Subdimensión 2.1</b>				
Indicador 2.1.1-	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>76</b>	<b>B</b>
Indicador 2.1.2-	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>76</b>	<b>B</b>
<b>Subdimensión 2.2</b>				
Indicador 2.2.1-	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>48</b>	<b>B</b>
Indicador 2.2.2-	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>48</b>	<b>B</b>
Indicador 2.2.3-	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>76</b>	<b>B</b>
Indicador 2.2.4-	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>48</b>	<b>B</b>

#### **Anexo 4: Guía de entrevista grupal para estudiantes.**

##### **Objetivos:**

- Contrastar los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta aplicada a los estudiantes.
- Valorar sugerencias de los estudiantes para contribuir al aprendizaje de los temas que se estudian.

Estimados estudiantes:

Se realiza una investigación sobre la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas. Sus criterios, basados en la experiencia que poseen como estudiantes, son de suma importancia para la realización de la investigación, por lo que se les pide que brinden su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

¡Gracias por su colaboración!

1. ¿Consideran ustedes que el aprendizaje del cálculo diferencial e integral es importante en su formación como Ingeniero en Ciencias Informáticas? ¿Por qué?
2. ¿Encuentran aplicación práctica de los contenidos del cálculo diferencial e integral?
3. ¿Existe en el grupo la posibilidad de intercambiar sobre las diferentes soluciones a los ejercicios propuestos?
4. ¿Qué sugerencias darían para contribuir al aprendizaje del cálculo diferencial e integral?
5. ¿Los problemas referidos al cálculo diferencial e integral que resuelven en las clases son propios de la especialidad?

## Anexo 5: Guía de observación a clases.

**Objetivo:** Evaluar las acciones que realizan los estudiantes y profesores en el PEA que reflejen la significatividad del cálculo diferencial e integral.

### Orientaciones para la aplicación del instrumento:

Durante el desarrollo de la clase, el investigador prestará atención a las acciones que realizan los profesores y estudiantes y anotará todo lo que se pueda tener en cuenta para poder medir los indicadores que a continuación se mencionan. Posterior a la clase, el investigador en reunión con el profesor evaluará los indicadores de la variable en estudio de acuerdo a lo observado.

Se otorgarán las calificaciones de Alto, Medio o Bajo, según corresponda.

### Datos generales:

Nombre y apellidos del profesor:

Categoría docente:

Grupo:

Indicadores			
Dimensión 1: Establecimiento de relaciones significativas en el desarrollo del PEA del cálculo diferencial e integral.	Alto	Medio	Bajo
1.1 Nivel en que el estudiante relaciona los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral con los conocimientos matemáticos que ya posee.			
1.2 Nivel en que el estudiante valora el papel de los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral para el estudio y resolución de problemas relacionados con su experiencia cotidiana.			
1.3 Nivel en que el estudiante valora el papel de los nuevos conocimientos sobre el cálculo diferencial e integral para el estudio y resolución de problemas relacionados con la especialidad que estudia.			
1.4 Nivel con que el estudiante emplea las TIC para el estudio y resolución de problemas relacionados con su especialidad y con su experiencia cotidiana.			

1.5 Grado de implicación afectivo-motivacional demostrado por el estudiante durante el PEA del cálculo diferencial e integral.			
<b>Dimensión 2:</b> Implicación en la formación y desarrollo de sentimientos, actitudes y valores en el PEA del cálculo diferencial e integral.	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
<b>Subdimensión 2.1:</b> Implicación en la formación y desarrollo de sentimientos y actitudes hacia el estudio del cálculo diferencial e integral y hacia la carrera.			
2.1.1 Nivel de desarrollo de sentimientos en el estudiante como la autoconfianza y la autoestima, resultado de sus vivencias en el PEA del cálculo diferencial e integral a nivel personal y grupal.			
2.1.2 Grado de asunción de actitudes positivas hacia sus deberes en el estudio del cálculo diferencial e integral y su influencia en el desarrollo de la eticidad necesaria para el ejercicio de la carrera, a partir de experiencias de aprendizaje e intercambio en el grupo.			
<b>Subdimensión 2.2</b> Desarrollo de valores en el PEA del cálculo diferencial e integral.	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
2.2.1 Nivel de desarrollo del valor responsabilidad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.			
2.2.2 Nivel de desarrollo del valor laboriosidad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.			
2.2.3 Nivel de desarrollo del valor solidaridad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.			
2.2.4 Nivel de desarrollo del valor honestidad alcanzado a través del PEA del cálculo diferencial e integral.			

Los criterios para otorgar la evaluación de los indicadores son los siguientes:

Alto: Si se cumple cabalmente con los requisitos señalados para el indicador.

Medio: Si se cumplen parcialmente los requisitos señalados para el indicador. (no menos del 50%)

Bajo: Si no se cumplen los requisitos señalados para el indicador o se cumplen menos del 50%.

**Se observaron seis clases. Los resultados fueron los siguientes:**

<b>Dimensiones, subdimensiones e indicadores</b>				
<b>Dimensión 1:</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>Mediana</b>
Indicador 1.1	0	2	4	B
Indicador 1.2	0	1	5	B
Indicador 1.3	0	2	4	B
Indicador 1.4	2	2	2	M
Indicador 1.5	0	1	5	B
<b>Dimensión 2:</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	
<b>Subdimensión 2.1</b>				
Indicador 2.1.1	0	1	5	B
Indicador 2.1.2	0	2	4	B
<b>Subdimensión 2.2</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	
Indicador 2.2.1	0	3	3	M
Indicador 2.2.2	0	3	3	M
Indicador 2.2.3	0	2	4	B
Indicador 2.2.4	0	1	5	B



**Anexo 6: Guía para entrevista a los profesores de Matemática I sobre la significatividad del aprendizaje en el cálculo diferencial e integral.**

**Objetivo:** Conocer los criterios de los profesores de Matemática I en la carrera de Ingeniería en Ciencias Informáticas acerca de la significatividad del aprendizaje en el cálculo diferencial e integral.

Estimado (a) profesor (a):

Se realiza una investigación sobre la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de Ingenieros en Ciencias Informáticas. Sus criterios basados en su experiencia como profesor son de suma importancia para la realización de la investigación, por lo que se le pide que brinde su cooperación contestando las preguntas que se realizan a continuación.

¡Muchas gracias!

1. ¿Qué entiende usted por significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral?
2. ¿Qué se requiere dentro del aula y fuera de ella para que se produzca la significatividad en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral?
3. ¿Cuándo constatamos si realmente los estudiantes manifiestan significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral?
4. ¿Cuál es el rol que debe cumplir el profesor para que se produzca la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en sus estudiantes?
5. ¿Qué recomendaciones puede ofrecer para propiciar la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral?

**Anexo 7: Resultados de la encuesta aplicada a los profesores**

<b>Indicadores</b>				
Dimensiones, subdimensiones e indicadores	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>Mediana</b>
<b>Dimensión 1:</b>				
Indicador 1.1-	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>M</b>
Indicador 1.2-	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>B</b>
Indicador 1.3-	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>B</b>
Indicador 1.4-	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>M</b>
Indicador 1.5-	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>B</b>
<b>Dimensión 2:</b>				
<b>Subdimensión 2.1</b>				
Indicador 2.1.1-	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>B</b>
Indicador 2.1.2-	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>B</b>
<b>Subdimensión 2.2</b>				
Indicador 2.2.1-	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>M</b>
Indicador 2.2.2-	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>M</b>
Indicador 2.2.3-	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>M</b>
Indicador 2.2.4-	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>B</b>

### Anexo 8: Caracterización del estado actual de la variable

Indicadores, dimensiones, subdimensiones, variable	Encuesta estudiantes	Observación a clases	Encuesta profesores	Mediana
Indicador 1.1-	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>B</b>
Indicador 1.2-	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Indicador 1.3-	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Indicador 1.4-	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>
Indicador 1.5-	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
<b>Dimensión 1:</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Indicador 2.1.1-	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Indicador 2.1.2-	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
<b>Subdimensión 2.1</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Indicador 2.2.2-	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>
Indicador 2.2.3-	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>M</b>	<b>M</b>
Indicador 2.2.4-	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>M</b>	<b>B</b>
Indicador 2.2.6-	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
<b>Subdimensión 2.2</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
<b>Dimensión 2:</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
<b>Variable</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>

## **Anexo 9: Consulta a especialistas sobre la alternativa didáctica**

Estimado (a) profesor (a):

Estamos realizando una investigación relacionada con la significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la formación de ingenieros en Ciencias Informáticas. Consideramos imprescindible, para poder implementarla en la práctica, contar con sus criterios sobre lo que estamos proponiendo, por lo que solicitamos su colaboración con sus valoraciones que nos serán de mucha ayuda.

Lea detenidamente el documento que se adjunta en el que se plantea la alternativa didáctica y realice valoraciones tanto positivas como negativas. Si puede ofrecernos recomendaciones se lo agradeceremos mucho pues serán de utilidad para su perfeccionamiento. Le agradecemos su cooperación. Aspectos a valorar:

Características de la alternativa didáctica
Estructura general de la alternativa
Objetivo general
Exigencias didácticas
Pertinencia de las etapas
Pertinencia de las acciones a desarrollar en cada etapa
<b>Etapa I: Diagnóstico</b>
Objetivo
Acciones del profesor
Acciones del estudiante
Acciones del grupo
Consideraciones metodológicas para la etapa
<b>Etapa II: Planificación</b>
Objetivo
Acciones del profesor
Consideraciones metodológicas para la etapa
Ejemplos de ejercicios sobre derivación
Ejemplos de ejercicios sobre integración
<b>Etapa III: Ejecución</b>
Objetivo
Acciones del profesor
Acciones del estudiante
Acciones del grupo
Consideraciones metodológicas para la etapa
<b>Etapa IV: Evaluación</b>
Objetivo

Acciones del profesor
Acciones del estudiante
Acciones del grupo
Consideraciones metodológicas para la etapa
Concepción del control y de la evaluación lo largo de la alternativa didáctica

## Anexo 10: Implementación de la alternativa didáctica en el grupo de CpE

### a) Estado inicial de la variable en estudio.

Resultados de la encuesta a 17 estudiantes de CpE, observaciones a tres clases y encuesta al profesor de Matemática I sobre la significatividad del aprendizaje en el cálculo diferencial e integral.

Indicadores	Dimensión 1				
1.1	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	1	7	9	B
	Observación a clases	0	4	13	B
	Encuesta a profesores	1	4	12	B
	General	2	15	34	B
1.2	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	0	2	15	B
	Observación a clases	1	3	13	B
	Encuesta a profesores	1	3	13	B
	General	2	8	41	B
1.3	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	2	5	10	B
	Observación a clases	2	4	11	B
	Encuesta a profesores	2	7	8	B
	General	6	16	29	B
1.4	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	7	6	4	M
	Observación a clases	5	5	7	M
	Encuesta a profesores	7	4	6	M
	General	19	15	17	M
1.5	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	0	4	13	B
	Observación a clases	0	4	13	B
	Encuesta a profesores	0	5	12	B
	General	0	13	38	B
Dimensión 1	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	10	24	51	B
	Observación a clases	8	20	57	B
	Encuesta a profesores	11	23	51	B
	General	29	67	159	B
Indicadores	Dimensión 2				
2.1.1	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	3	4	10	B
	Observación a clases	3	4	10	B
	Encuesta a profesores	3	5	9	B

	General	9	13	29	B
2.1.2	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	6	5	6	M
	Observación a clases	7	3	7	M
	Encuesta a profesores	4	2	11	B
	General	17	10	24	M
Subdimensión 2.1	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	9	9	16	M
	Observación a clases	10	7	17	M
	Encuesta a profesores	7	7	20	B
	General	26	23	53	B
2.2.1	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	8	7	2	M
	Observación a clases	9	8	0	A
	Encuesta a profesores	7	5	5	M
	General	24	20	7	M
2.2.2	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	8	7	2	M
	Observación a clases	9	8	0	A
	Encuesta a profesores	7	5	5	M
	General	24	20	7	M
2.2.3	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	6	4	7	M
	Observación a clases	4	2	11	B
	Encuesta a profesores	4	2	11	B
	General	14	8	29	B
2.2.4	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	8	9	0	M
	Observación a clases	5	3	9	B
	Encuesta a profesores	2	1	14	B
	General	15	13	23	M
Subdimensión 2.2	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	30	27	11	M
	Observación a clases	27	15	26	M
	Encuesta a profesores	20	13	35	B
	General	77	55	72	M
Dimensión 2	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	39	36	27	M
	Observación a clases	37	22	43	M
	Encuesta a profesores	27	20	55	B
	General	103	78	125	M
Variable	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	49	60	78	M
	Observación a clases	45	42	100	B
	Encuesta a profesores	38	43	106	B
	General	132	145	284	B

## b) Estado final de la variable en estudio

Resultados de la encuesta a 17 estudiantes de CpE, observaciones a ocho clases y encuesta al profesor de Matemática I sobre la significatividad del aprendizaje en el cálculo diferencial e integral.

Indicadores	Dimensión 1				
1.1	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	1	7	9	B
	Observación a clases	0	6	11	B
	Encuesta a profesores	1	7	9	B
	General	2	20	29	B
1.2	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	0	9	8	M
	Observación a clases	2	7	8	M
	Encuesta a profesores	2	8	7	M
	General	4	24	23	M
1.3	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	2	9	6	M
	Observación a clases	2	7	8	M
	Encuesta a profesores	2	9	6	M
	General	6	25	20	M
1.4	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	10	5	2	A
	Observación a clases	8	6	3	M
	Encuesta a profesores	9	4	4	A
	General	27	15	9	A
1.5	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	0	9	8	B
	Observación a clases	0	7	10	B
	Encuesta a profesores	0	9	8	B
	General	0	25	26	B
Dimensión 1	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	13	39	33	M
	Observación a clases	12	33	40	M
	Encuesta a profesores	14	37	34	M
	General	39	109	107	M
Indicadores	Dimensión 2				
2.1.1	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>
	Encuesta a estudiantes	3	5	9	B
	Observación a clases	3	6	8	M
	Encuesta a profesores	3	5	9	B
	General	9	16	26	B
	<b>Comportamiento en:</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>B</b>	<b>mediana</b>



2.1.2	Encuesta a estudiantes	6	7	4	M
	Observación a clases	7	5	5	M
	Encuesta a profesores	4	4	9	B
	General	17	16	18	M
Subdimensión 2.1	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	9	12	13	M
	Observación a clases	10	11	13	M
	Encuesta a profesores	7	9	18	B
2.2.1	General	26	32	44	M
	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	8	7	2	M
	Observación a clases	9	8	0	A
2.2.2	Encuesta a profesores	7	7	3	M
	General	24	22	5	M
	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	8	7	2	M
2.2.3	Observación a clases	9	8	0	A
	Encuesta a profesores	7	5	5	M
	General	24	20	7	M
	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
2.2.4	Encuesta a estudiantes	6	4	7	M
	Observación a clases	4	3	10	B
	Encuesta a profesores	4	3	10	B
	General	14	10	27	B
Subdimensión 2.2	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	8	9	0	M
	Observación a clases	5	3	9	B
	Encuesta a profesores	4	4	9	B
Dimensión 2	General	17	16	18	M
	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	30	27	11	M
	Observación a clases	27	22	29	M
Variable	Encuesta a profesores	22	19	27	M
	General	79	68	57	M
	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
	Encuesta a estudiantes	39	39	24	M
Variable	Observación a clases	37	33	42	M
	Encuesta a profesores	29	28	45	M
	General	105	100	111	M
	<b>Comportamiento en:</b>	A	M	B	mediana
Variable	Encuesta a estudiantes	52	78	57	M
	Observación a clases	49	66	82	M
	Encuesta a profesores	43	65	79	M
	General	144	209	218	M

c) Comparación de los estados inicial y final de la variable en estudio.

Indicadores	Inicial mediana	Final mediana
1.1	B	B
1.2	B	M
1.3	B	M
1.4	M	A
1.5	B	B
<b>Dimensión 1</b>	B	M
2.1.1	B	B
2.1.2	M	M
<b>Subdimensión 2.1</b>	B	M
2.2.1	M	M
2.2.2	M	M
2.2.3	B	B
2.2.4	M	M
<b>Subdimensión 2.2</b>	M	M
<b>Dimensión 2</b>	M	M
<b>Variable</b>	B	M

## **Anexo 11: Segunda consulta a especialistas sobre la alternativa didáctica**

Estimado (a) profesor (a):

Estamos realizando una investigación relacionada con la significatividad del aprendizaje del Cálculo diferencial e integral en la formación de ingenieros en Ciencias Informáticas. La presente es una segunda consulta a especialistas después de realizada una previamente y de haber realizado una experiencia de implementación en un grupo de CpE. Consideramos imprescindible, para poder implementarla en el CD, contar con sus criterios sobre lo que estamos proponiendo, por lo que solicitamos su colaboración con sus valoraciones que nos serán de mucha ayuda.

Lea detenidamente el documento que se adjunta en el que se plantea la alternativa didáctica y evalúe cada uno de los aspectos que se solicitan siguiendo el criterio de evaluación que se ofrece a continuación. Le agradecemos su cooperación.

**Categorías:** MA - Muy adecuado, BA - Bastante adecuado,

A - Adecuado, PA - Poco adecuado y NA - No adecuado.

Considere:

MA:	Lenguaje claro y preciso, expresa con exactitud y rigor científico lo que se pretende medir.
BA:	Aunque tiene elevado rigor científico, existe algún aspecto en el que no se expresa con toda la claridad necesaria lo que se pretende medir o falta precisión en algún aspecto
A:	Aunque tiene el rigor científico adecuado, falta precisión en algunos aspectos a medir
PA:	Falta precisión en la redacción de aspectos imprescindibles y falta rigor o precisión en algún aspecto de lo que se pretende medir.
NA:	No se observa el rigor científico adecuado ni se expresa con claridad lo que se pretende medir.

Aspectos a valorar:	MA	BA	A	PA	NA
Características de la alternativa didáctica					
Estructura general de la alternativa					
Objetivo general					
Exigencias didácticas					
Pertinencia de las etapas					
Pertinencia de las acciones a desarrollar en cada etapa					
<b>Etapa I: Diagnóstico</b>					
Objetivo					
Acciones del profesor					
Acciones del estudiante					
Acciones del grupo					
Consideraciones metodológicas para la etapa					
<b>Etapa II: Planificación</b>					
Objetivo					
Acciones del profesor					
Consideraciones metodológicas para la etapa					
Ejemplos de ejercicios sobre derivación					
Ejemplos de ejercicios sobre integración					
<b>Etapa III: Ejecución</b>					
Objetivo					
Acciones del profesor					
Acciones del estudiante					
Acciones del grupo					
Consideraciones metodológicas para la etapa					
<b>Etapa IV: Evaluación</b>					
Objetivo					
Acciones del profesor					
Acciones del estudiante					
Acciones del grupo					
Consideraciones metodológicas para la etapa					
Concepción del control y de la evaluación lo largo de la alternativa didáctica					

Le agradecemos si nos ofrece recomendaciones para mejorar la alternativa didáctica:

---



---

**Resultados:**

Aspectos a valorar:	MA	BA	A	PA	NA	Mediana
Características de la alternativa didáctica	11	2	0	0	0	MA
Estructura general de la alternativa	9	4	0	0	0	MA
Objetivo general	11	2	0	0	0	MA
Exigencias didácticas	4	9	0	0	0	BA
Pertinencia de las etapas	9	4	0	0	0	MA
Pertinencia de las acciones a desarrollar en cada etapa	9	4	0	0	0	MA
<b>Etapa I: Diagnóstico</b>						
Objetivo	13	0	0	0	0	MA
Acciones del profesor	6	7	0	0	0	BA
Acciones del estudiante	11	2	0	0	0	MA
Acciones del grupo	9	4	0	0	0	MA
Consideraciones metodológicas para la etapa	10	3	0	0	0	MA
<b>Etapa II: Planificación</b>						
Objetivo	9	4	0	0	0	MA
Acciones del profesor	9	3	1	0	0	MA
Consideraciones metodológicas para la etapa	9	3	1	0	0	MA
Ejemplos de ejercicios sobre derivación	9	3	1	0	0	MA
Ejemplos de ejercicios sobre integración	6	6	1	0	0	BA
<b>Etapa III: Ejecución</b>						
Objetivo	11	2	0	0	0	MA
Acciones del profesor	9	4	0	0	0	MA
Acciones del estudiante	9	3	1	0	0	MA
Acciones del grupo	9	3	1	0	0	MA
Consideraciones metodológicas para la etapa	6	6	0	1	0	BA
<b>Etapa IV: Evaluación</b>						
Objetivo	11	2	0	0	0	MA
Acciones del profesor	12	0	1	0	0	MA
Acciones del estudiante	12	0	1	0	0	MA
Acciones del grupo	10	2	1	0	0	MA
Consideraciones metodológicas para la etapa	12	0	1	0	0	MA
Concepción del control y de la evaluación lo largo de la alternativa didáctica	6	6	0	1	0	BA

Evaluación de la estrategia, según la mediana: MA

**Publicaciones de artículos científicos relacionados con la tesis en revistas indexadas:**

- 1- El aprendizaje del cálculo diferencial mediante las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Universidad de las Ciencias Informáticas. En el libro Ciencia e Innovación Tecnológica, vol. II, en el capítulo Ciencias Pedagógicas y en coedición Editorial Académica Universitaria - Opuntia Brava. ISBN 978-959-7225-34-8. Octubre 2018.
- 2- La significatividad del aprendizaje del cálculo diferencial e integral. Revista Científico Metodológica Varona, ISSN: 1992-8238. No. 72 junio- agosto 2021.
- 3- El uso del Entorno Virtual de Enseñanza-Aprendizaje para mejorar el aprendizaje del cálculo diferencial. Revista Científico Pedagógica Órbita Científica. No. 111. Vol. 26 abril-junio 2020.

**Publicaciones de artículos científicos relacionados con la tesis en memorias de eventos científicos**

1. Sistema de tareas en el entorno virtual de enseñanza-aprendizaje de la Matemática I para el aprendizaje del cálculo diferencial. XII Encuentro Taller Científico Metodológico de la Cátedra “Dulce María Escalona” y el VII Taller de la Cátedra de Cultura Científica “Antonio Núñez Jiménez” de la Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”. ISBN 978-959-18-1272-8. Marzo 2019.
2. El uso del entorno virtual de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Matemática I para favorecer el aprendizaje del cálculo diferencial. XVI Congreso Internacional de Matemática y Computación en la Universidad de La Habana. Julio 2019.
3. Las TIC en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la Universidad de las Ciencias Informáticas. IV Conferencia Científica Internacional UCIENCIA 2021. Octubre 2021.

**Eventos en los que el autor ha participado con trabajos relacionados con la tesis**

- a) II Simposio Internacional de la Red de Investigadores de la Ciencia y la Técnica: Ciencia e Innovación Tecnológica de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba. El aprendizaje del cálculo diferencial mediante las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Universidad de las Ciencias Informáticas”. Octubre 2018. Cuba.
- b) 33 Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa. El empleo del entorno virtual de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Matemática I para mejorar el aprendizaje del cálculo diferencial. Julio 2019. Cuba.
- c) XVI Congreso Internacional de Matemática y Computación. El uso del entorno virtual de enseñanza-aprendizaje en la asignatura Matemática I para favorecer el aprendizaje del cálculo diferencial. Julio 2019. Cuba.
- d) XII Encuentro Taller Científico Metodológico de la Cátedra “Dulce María Escalona” y el VII Taller de la Cátedra de Cultura Científica “Antonio Núñez Jiménez” de la Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”. Sistema de tareas en el entorno virtual de enseñanza-aprendizaje de la Matemática I para el aprendizaje del cálculo diferencial. Marzo 2019. Cuba.
- e) IV Conferencia Científica Internacional UCIENCIA 2021. Las TIC en el aprendizaje del cálculo diferencial e integral en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Octubre 2021. Cuba.