

Temática: Impacto de la virtualización educativa en el desarrollo social
IV Taller Internacional de Impacto de las TIC en la Sociedad

Integración de la tecnología a la enseñanza de la Matemática en Educación Superior *Technology Integration to Mathematical Instruction in Higher Education*

Lissette Rodríguez Rivero ^{1*}, Anel Pérez González ², Jorge Luis Bravo Viera ³, Yudelkys Ponce Valdés ⁴,
Niurka de las Mercedes González Acosta ⁵

¹ Departamento de Física y Matemática, Universidad “José Martí Pérez”. Cmdte Fajardo s/n Olivos 1, Sancti Spíritus, Cuba. lrrivero@uniss.edu.cu

² Departamento de Calidad y Acreditación, Universidad “José Martí Pérez”. Cmdte Fajardo s/n Olivos 1, Sancti Spíritus, Cuba. apgonzalez@uniss.edu.cu

³ Departamento de Física y Matemática, Universidad “José Martí Pérez”. Cmdte Fajardo s/n Olivos 1, Sancti Spíritus, Cuba. jlbravo@uniss.edu.cu

⁴ Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales, Universidad “José Martí Pérez”. Cmdte Fajardo s/n Olivos 1, Sancti Spíritus, Cuba. yponce@uniss.edu.cu

⁵ Departamento de Calidad y Acreditación, Universidad “José Martí Pérez”. Cmdte Fajardo s/n Olivos 1, Sancti Spíritus, Cuba. nmgonzalez@uniss.edu.cu

* Autor para correspondencia: lrrivero@uniss.edu.cu

Resumen

El presente trabajo insiste en la importancia y necesidad de la introducción de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el proceso de enseñanza y el aprendizaje de la Matemática como respuesta a las exigencias propias del sostenido avance tecnológico, de las políticas educativas y de la sociedad. El mismo, fundamenta y expone el resultado del trabajo de un grupo de profesores de Matemática y Física de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” entorno al empleo de los asistentes matemáticos y de otras herramientas propias de las TIC en diferentes carreras de esta institución. Se utilizó una metodología con un enfoque cualitativo donde se combinaron los métodos histórico-lógico, analítico-sintético, inductivo-deductivo, la observación y la sistematización en función del análisis de los fundamentos teóricos a considerar para el empleo de las TIC según las particularidades de la didáctica de la Matemática. Su objetivo es poner a discusión, como resultado del trabajo de los autores, la caracterización de dos momentos en la integración de las TIC a la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática en el contexto universitario. Es el resultado de los proyectos “La informatización de los procesos universitarios” y “El perfeccionamiento de la teoría pedagógica en función de la solución de los problemas educativos priorizados en la provincia de Sancti Spíritus: Alternativas para su solución”.

Palabras clave: Integración de la Tecnología, Enseñanza de la Matemática, Educación Superior



Abstract

This paper insists on the importance of and need for introducing information and communication technologies during learning-teaching processes as a response to the demands characteristic of the sustained technological advance of the educational and political policies. It gives foundations and exposes the results from a group of Mathematics and Physics professors of the University of Sancti Spiritus “José Martí Pérez” regarding the use of mathematical aids and other tools of information and communication technologies in various majors of this institution. It was used a qualitative approach methodology where there were combined historical-logical, analytical-synthetic and inductive-deductive methods as well as observation and systematization in function of analysing the theoretical foundations to be considered for using information and communication technologies according to the particularities of the didactics of Mathematics. Its objective is to debate with the readers on the characterization of two moments in the integration of information and communication technologies to learning-teaching Mathematics in the university context. This work stems from the projects “The informatization of university processes” and “Perfecting pedagogical theory in function of solving prioritized educational problems in the province of Sancti Spiritus: Alternatives for its solution”.

Keywords: *Technology Integration, Mathematics Instruction, Higher Education*

Introducción

El uso de las TIC en los procesos de aprendizaje, ha cobrado importancia en la educación superior debido a los cambios metodológicos y los retos que estas herramientas traen consigo para enfrentar otras formas de comunicación y acceso al conocimiento, en las universidades. La articulación entre los procesos de aprendizaje y la aparición de la tecnología, se constituyen en elementos transformadores de la metodología de enseñanza, en la cual se atiende con especial atención a las ventajas, oportunidades y limitaciones que las TIC traen al ejercicio mismo de la docencia y al proceso de aprendizaje de los estudiantes (Poveda-Pineda y Cifuentes-Medina, 2020).

Con el desarrollo de la didáctica y en particular las teorías sobre el diseño curricular, los objetivos y contenidos de la enseñanza se comienzan a delinear la inserción de las TIC en el PEA. En este sentido, a partir de los años 80 con la introducción de las computadoras en este proceso, se habla del aprendizaje mediado por la tecnología y sobre la base de un cúmulo de contenidos y relaciones depositadas en la Web 2.0 con miras a la Web 3.0.

Mucho han cambiado los objetivos formativos en todo este tiempo; “...las principales perspectivas sobre habilidades que se desean desarrollar en los estudiantes del Siglo XXI a nivel global se identifican como: Pensamiento Crítico, Pensamiento Creativo, Comunicación y Colaboración” (Valencia-Molina *et al.*, 2016, p. 14).



Para el logro de esos objetivos varios autores y organismos académicos estudian el estado y los modos de introducir las TIC en el proceso de enseñanza y aprendizaje (PEA), lo que ha transitado desde la época en que se pensaba en el uso de la computadora de manera aislada (existía Internet pero no la World Wide Web (WWW)) hasta la actual en que se dispone de la Web 2.0 y de nuevos modos de comunicación.

El desarrollo de la ciencia en las universidades, la llegada de las microcomputadoras (con ello el abaratamiento de la tecnología) y, finalmente, el desarrollo vertiginoso de la industria del software hacen posible que se desarrollen programas de aplicación que permiten tanto la investigación científica como la docencia. Las interfaces visuales en los sistemas operativos, como las de Apple y Windows, dejan atrás el software entendible sólo para expertos y lo pone al alcance de profesores y estudiantes.

Comienza entonces una preocupación: el profesor deberá estar capacitado en la ciencia que imparte, poseer una adecuada formación didáctica y tener una experticia en el uso del software de su rama del conocimiento. Esto conduce a la idea de que el aprovechamiento de las TIC depende del nivel de apropiación que el profesor tenga de estas y de su habilidad para diseñar e implementar espacios de aprendizaje significativos (Coll, Onrubia y Mouri, 2007; Montes y Ochoa, 2006).

En tal sentido, se precisa que la relación entre la calidad de la Educación y la incorporación de las TIC parte del principio de que estas últimas llegaron para quedarse. Por esa razón es necesario que desaparezca la interrogante sobre cuál es el impacto de las TIC, para establecer una nueva interrogante, que permanezca y prevalezca en las instituciones educativas, en torno a cómo son utilizadas para elevar la calidad educativa (Valencia-Molina *et al.*, 2016).

Desde la Matemática se han desarrollados diferentes software (asistentes matemáticos), algunos abarcan varias de sus disciplinas y otros son específicos sólo a una de ellas. Según el tipo de procesamiento matemático se dividen fundamentalmente en: Sistemas de Álgebra Computacional, Paquetes Estadísticos, Sistemas de Geometría Dinámica y Sistemas de Cálculo Numérico. Los asistentes matemáticos pueden considerarse como un uso de las TIC desde una mirada intra-matemática, ellos son software confeccionados para esa ciencia y para las aplicaciones de ella en otras esferas, contemplan procederes sólo inherentes a la manipulación de objetos matemáticos.



No obstante, cuando se habla de la aplicación de las TIC al PEA de la Matemática, hay que considerar un universo más amplio que contemple también el uso de software no confeccionado con fines matemáticos siempre que estén en función de dicho proceso. En ese caso, es muy abordado en la actualidad el concepto de Entorno Personal de Aprendizaje (Adell y Castañeda, 2010) al definir todo lo que rodea a un individuo en ese proceso, y como parte del mismo son definidos los Entornos Virtuales de Aprendizaje. Es además demostrado el efecto favorable que proporciona el aprendizaje mediado por la tecnología en el aprendizaje de la Matemática, es beneficioso desde el punto de vista afectivo-motivacional sin contar con las ventajas operacionales y de representación de los objetos matemáticos.

El entorno virtual que rodea al estudiante en su aprendizaje está formado por asistentes matemáticos y por software no matemático, que también puede ser usado en función del aprendizaje de Matemática, lo más representativo de esa familia son los:

- Paquetes de ofimática
- Buscadores que hagan uso de los contenidos depositados en la World Wide Web
- Aulas virtuales diseñadas sobre un soporte digital o Sistemas de Gestión de Aprendizaje algunos de los cuales pueden ser propiedad de empresas de software (Web-CT, Virtual-U, Top Class, etc.) o de libre distribución (ATutor, ILIAS, Moodle, etc.)
- Foros, redes sociales y redes profesionales para gestionar información.

Las investigaciones realizadas por los autores del presente trabajo en el campo de las TIC y de la didáctica de la Matemática, respectivamente, se funden en la práctica como resultado de su participación en los proyectos: “La informatización de los procesos universitarios” y “El perfeccionamiento de la teoría pedagógica en función de la solución de los problemas educativos priorizados en la provincia de Sancti Spíritus: Alternativas para su solución”.

Métodos como el histórico-lógico, el analítico-sintético, el inductivo-deductivo y la observación, permitieron encontrar respuestas teóricas y sistematizar experiencias prácticas asociadas a las interrogantes siguientes:

1. ¿Cuáles son los antecedentes de la inserción de las TIC en los entornos educativos? ¿Qué investigaciones en ese campo constituyen referencias para esta experiencia?
2. ¿Cómo ha evolucionado uso de las TIC en la Didáctica de la Matemática en general y en particular en la Didáctica del Análisis Matemático?



3. ¿Qué etapas están definidas en el uso de las TIC en el PEA del Análisis Matemático? ¿Qué la experiencia se puede exhibir para corroborar la existencia de cada una de ellas?

Es importante destacar que el trabajo sistematiza una amplia búsqueda bibliográfica relacionada con el uso de las TIC en el PEA de la Matemática en general, de la disciplina de Análisis Matemático dentro de ésta y de las políticas en cuanto a la Educación Superior en el mundo y en Cuba que favorecen el uso de las mismas. Los resultados expuestos son las principales experiencias acumuladas, de los autores, en este sentido como parte de la enseñanza de la Matemática en la Universidad “José Martí Pérez”.

Materiales y métodos

Antecedentes necesarios para la introducción de las TIC en el PEA

La Pedagogía implica “...vocación para la formación de personas, el manejo innovador y creativo de recursos tecnológicos y metodologías para la enseñanza y la evaluación, así como la habilidad para generar impacto e influencia, escuchar, preguntar, explicar y comunicar de manera efectiva” (Valencia-Molina *et al.*, 2016, p. 26). Es decir, en la pedagogía actual, “...el docente utiliza de manera flexible y creativa las herramientas virtuales para crear escenarios que permitan al estudiante interactuar de manera significativa con el objeto de estudio” (Montes y Ochoa, 2006, p. 8).

A los estudiantes nacidos en el auge de las TIC hay que formarlos a través de éstas para que logren un aprendizaje significativo y un desarrollo integral. Al respecto, se deberán diseñar y utilizar tareas que exijan cada vez más la adecuada utilización de las TIC e impliquen el reconocimiento de problemáticas disciplinares o del entorno, promoviendo la reflexión y el pensamiento crítico, desde el contenido a impartir y propiciando una evaluación integral del aprendizaje.

Los estudios que se relacionan con la integración de las TIC al proceso pedagógico, primero de la computadora y después de las facilidades de la Web evolucionan y presentan varias teorías desde diferentes puntos de vistas, que no se contradicen, por el contrario se complementan entre sí. Estos contemplan diferentes escenarios a partir de los cuales se aborda la problemática de introducir las TIC al PEA, el escenario mundial que influye a nivel global a través de las políticas trazadas por organismos internacionales y regionales, el escenario que construya cada país para

concatenarse con lo anterior y ordenar su propia política y el escenario más restringido, el del personal docente en su posición de llevar a cabo la aplicación de las mencionadas TIC al quehacer pedagógico en el aula (Figura 1).

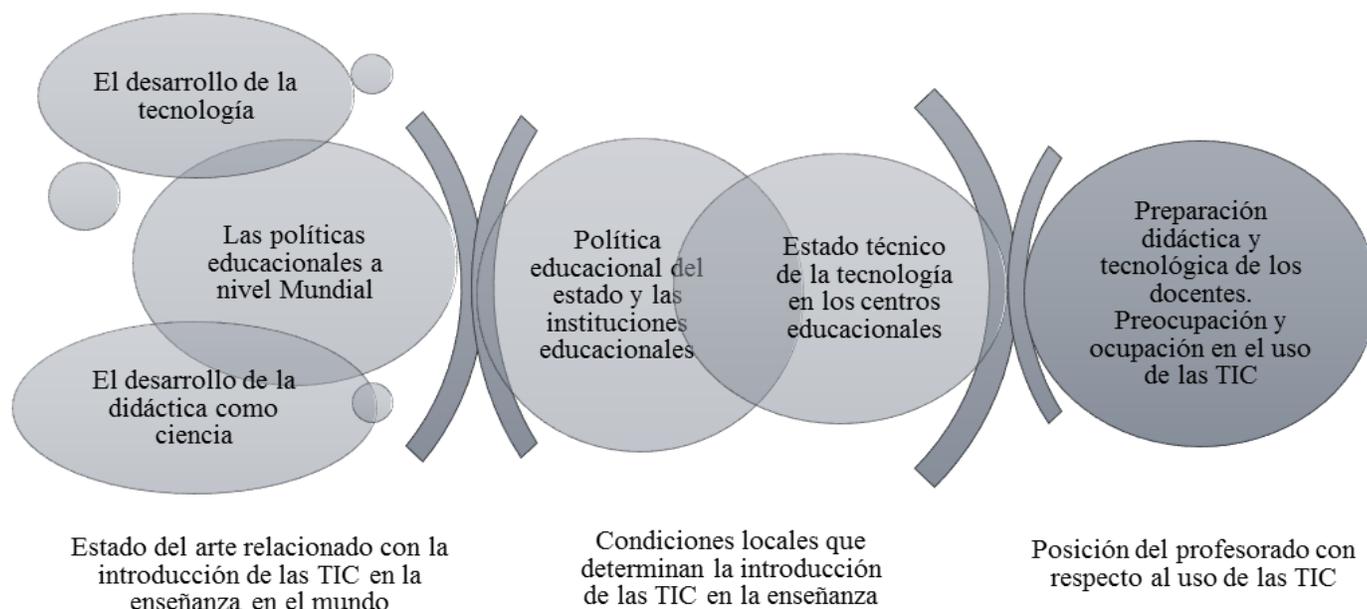


Figura 1. Escenarios presentes en la introducción de las TIC en el PEA. Fuente: Elaboración Propia.

Estado del arte relacionado con la introducción de las TIC en la enseñanza en el mundo

Pioneros en la integración de las TIC al PEA, Murakami y Hata, conciben una fase básica (en la cual no se usa el ordenador) y una fase de uso y aplicación (del ordenador):

En la fase básica debe lograrse que el estudiante:

- Entienda a fondo los problemas que dan lugar al tema.
- Conozca bien los conceptos, estrategias y métodos fundamentales a propósito del tema.
- Domine razonablemente el funcionamiento de las herramientas y rutinas que resuelven los problemas del tema, sin preocuparse por las patologías y problemas excesivamente complicados.

En la fase de uso y aplicación se aspira a que el estudiante:

- Compruebe la potencia del tema para resolver problemas más complicados.
- Que entienda a fondo la relación del tema con otros.
- Que perciba la utilidad del tema en aplicaciones intra y extra-matemáticas. (Guzmán, 1994, p. 12)



En la primera fase no debe utilizarse el ordenador, para realizar las tareas del nuevo tema con las que el estudiante se debe familiarizar será mediante la solución de casos sencillos, estos investigadores abogan que esa primera etapa deberán utilizarse tareas realizables a lápiz y papel, con el objetivo de que el estudiante se apropie de conceptos y métodos de trabajo. Durante la fase de uso y aplicación ya se concibe la utilización del ordenador para todos los tipos de tareas en que resulte pertinente su empleo.

Las ideas desarrolladas en diferentes regiones del planeta y por varios investigadores se enmarcan en las directrices desarrolladas por la UNESCO, su primera versión data del año 2000 y se expresa como las NUCTICD (Del Toro-Rodríguez, 2010), documento que precisa en la actualidad las normas de competencias para el uso de las TIC en el PEA:

- Elaborar un conjunto de directrices que los proveedores de formación profesional puedan utilizar para definir, preparar o evaluar material de aprendizaje o programas de formación de profesores con vistas a la utilización de las TIC en el PEA.
- Suministrar un conjunto básico de calificaciones que permitan a los profesores integrar las TIC en sus actividades de enseñanza y aprendizaje, a fin de hacer avanzar el aprendizaje de los estudiantes y mejorar la realización de las demás tareas profesionales.
- Ampliar la formación profesional de los profesores para incrementar sus competencias en materia de pedagogía, cooperación, liderazgo y desarrollo escolar innovador, utilizando las TIC.
- Armonizar las distintas ideas y el vocabulario relativo a las utilidades de las TIC en la formación de los profesores.

Otra idea es la de Brünner (2003) que hace un estudio a partir de una matriz de interrelaciones entre una Variable Tecnológica (interna y externa en dependencia a como se considere por la escuela) y una Variable Pedagógica (tradicional y moderna en dependencia del modo en que se interiorice el uso de las TIC). Esto lleva al estudio de cuatro escenarios bien diferenciados de las relaciones que se establecen entre las variables estudiadas:

Escenario 1: Nuevas tecnologías como enriquecimiento del modelo tradicional.

Escenario 2: Una sala de clases interactiva.

Escenario 3: Nuevas competencias básicas.

Escenario 4: Entornos virtuales de aprendizaje.

Estudios más actuales como los de Valencia-Molina *et al.* (2016) declaran el uso reflexivo de las TIC por parte del profesor, como un elemento fundamental en el desarrollo de competencias TIC desde una dimensión pedagógica, suponen que el potencial que las TIC ofrecen para representar y transmitir información no representa en sí mismo un aporte a los PEA, sino que depende de la apropiación que el profesor haga de ellas al integrarlas al sistema simbólico, que puede estar presente en cualquier tipo de escenario educativo (lengua oral, escrita, lenguaje audiovisual, gráfico, numérico, estético, etc.) en pro de la creación de condiciones inéditas relacionadas con los objetivos educativos que se haya propuesto. Dividen el proceso en varios niveles:

Nivel 1 o de Integración: donde el diseño de las actividades está centrado en mejorar la gestión cotidiana en el escenario educativo. Las TIC se utilizan para informar sobre actividades a realizar, optimizar los canales de acceso a los contenidos y flexibilizar el tiempo y el espacio para el manejo de recursos. No demandan en el estudiante nuevas maneras de interactuar con la información. Las prácticas pedagógicas apoyadas en TIC, que se caracterizan en este nivel permanecen al margen de la construcción del conocimiento.

Nivel 2 o de Re-Orientación: en el que se hace posible acceder, utilizar y transformar la información en diferentes formatos de representación y permiten la simulación y modelación en la resolución de problemas. En este nivel, la práctica educativa no podría ser realizada sin la utilización de las herramientas tecnológicas y se conmina a los estudiantes al trabajo autónomo, a las búsquedas de información y a retroalimentar activamente el proceso de construcción del conocimiento.

Nivel 3 o de Evolución: Desde el cual el profesor usa las TIC para mediar las relaciones entre los estudiantes y los contenidos de aprendizaje, las interacciones y los intercambios comunicativos entre él y los estudiantes, entre los mismos estudiantes y entre colegas, instituciones y grupos de investigación, etc.

Otros proyectos de tipo regional, marcan la avanzada en el uso de la tecnología para el acceso al conocimiento; entre las más novedosas experiencias está el proyecto europeo ECO (E-learning, Communication, Open-Data, de las siglas en inglés), modelo de formación accesible que permite además la apertura y la participación en esa formación a toda la ciudadanía (Osuna-Acedo y Gil-Quintana, 2017).

Si a todo lo anterior se une el desarrollo del hardware y software a nivel mundial como sustento de la aparición y perfeccionamiento continuo de los asistentes matemáticos y de las herramientas para la gestión de la información y las telecomunicaciones, hay que reconocer que estamos ante un escenario cada vez más favorable para el uso de las TIC en la docencia a nivel mundial.



Condiciones locales que determinan la introducción de las TIC en la enseñanza

Uno de los primeros pasos en esta dirección se identifica en los NEST°T (Del Toro-Rodríguez, 2010), en ellos se precisan las condiciones necesarias para utilizar efectivamente las TIC en los PEA y describe niveles de desempeño de los profesores a la hora de cumplir con sus estándares para la introducción de las TIC al PEA:

Nivel Principiante: describe desempeños esperados de profesores que se inician en el empleo de las TIC para mejorar la enseñanza y el aprendizaje.

Nivel Medio: describe comportamientos esperados de profesores que están adquiriendo más experticia y flexibilidad en su utilización de las TIC en un ambiente educativo.

Nivel Experto: describe comportamientos que demuestran que los profesores están empleando las TIC eficiente y efectivamente para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

Nivel Transformador: describe comportamientos que conducen a explorar, adaptar y aplicar las TIC, de maneras que cambian fundamentalmente la enseñanza y el aprendizaje, y que atienden las necesidades de una sociedad crecientemente global y digitalizada.

Existen en la mayoría de los países, según el proyecto PISA (siglas del inglés Programme for International Students Assessment), políticas educacionales que direccionan el desarrollo educacional con un papel preponderante de las TIC, destacan en esta dirección países europeos y otros asiáticos como Japón, China, Singapur y Malasia (Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2019).

Posición del profesorado con respecto al uso de las TIC

A pesar de que puedan existir condiciones favorables en el escenario local para la introducción de las TIC y un adecuado desarrollo del estado del arte de esta temática a nivel mundial, su inclusión en el PEA va depender finalmente de la posición del profesor y su motivación hacia el uso eficiente de las mismas, que se concrete en un accionar concreto en esa dirección. Se reconoce que si el profesor no emplea las TIC en sus clases de forma sistemática, es poco probable que los estudiantes, frente a una tarea, traten de utilizarla para el proceso solución de la misma. También, es importante formar a las nuevas generaciones de profesores en el uso de las TIC y como futuros hacedores de la nueva pedagogía imbricada en las mismas.

¿Cómo se manifiestan los tres escenarios anteriores (Figura 1) en la experiencia que se expone? Responder la interrogante anterior significa acercarnos a la exposición de los resultados, pero se puede adelantar que:

- Existe una avanzada científica en el campo de la pedagogía consciente y estudiosa del estado de arte de la temática a nivel mundial, dispuesta a incorporarlo a la enseñanza en todos los niveles (Gracia, Reyes y Godínez, 2017; Gallardo, 2018; Chasi-Solórzano, 2020) pero no es la matemática la que proyecta mayor número de publicaciones en este sentido
- Se han dictado en todos los niveles de enseñanza directivas relacionadas con la introducción de las TIC al PEA y se potencia el intercambio de experiencias desde los Ministerios de Educación y Educación Superior a través de eventos científicos, simposios y publicación de resultados en esta línea de investigación.
- El profesorado ha recibido formación postgraduada relacionada con el uso de las TIC y los planes de estudio de las carreras de formación del profesorado se ha ido perfeccionando su introducción en función de la formación de habilidades didácticas con el uso de las mismas.

Las TIC en la Didáctica del Análisis Matemático

Relacionado con la integración de las TIC a las Matemáticas se reportan trabajos en Cuba (Guzmán, 2017) aunque no precisamente en el nivel de la Educación Superior. En el transcurso de la vida escolar la asignatura Matemática contiene, organizadas en líneas directrices, todas las disciplinas matemáticas que posteriormente en la enseñanza superior se estudian de manera separada: Análisis Matemático, Geometría, Álgebra y Probabilidades y Estadística. Entre ellas el Análisis Matemático, que es la que nos ocupa, mantiene su denominación para carreras en las que se estudian en profundidad (Licenciatura en Matemática, Licenciatura en Educación Matemática y otras) y asume el nombre de Cálculo en las carreras donde es más importante el “cómo hacer”, o sea, “calcular” que los fundamentos teóricos profundos, su historia y otras cuestiones.

En Cuba se utilizó la denominación Cálculo muchos años, pero recientemente ese tipo de asignatura se ha denominado Matemática Superior o simplemente Matemática (en los planes de estudio “E”) por la inclusión de otros contenidos. En el presente trabajo haremos alusión solo al término Análisis Matemático, ya que nos centraremos en la disciplina y no en las asignaturas.

Desde el punto de vista de la didáctica de la matemática, y particularmente en la didáctica de las matemáticas superiores hay tres cuestiones que no se pueden obviar a la hora de pensar en la introducción de las TIC:



1. *¿Qué es esencial enseñar hoy? ¿Debemos proyectarnos a lograr las mismas habilidades de la misma manera que en el siglo pasado?*

Desde hace décadas dedicamos tiempo y energía a que los estudiantes adquieran destreza y agilidad en el cálculo de derivadas y antiderivadas, en el cálculo con matrices y determinantes, etc. Pero desde hace años con sólo pulsar una tecla podemos obtener el polinomio de Taylor de funciones complejas, calcular integrales y derivadas de gran dificultad y la inversa de una matriz 8x8, por sólo citar tres ejemplos.

Siendo así las cosas, es claro que nuestra enseñanza del cálculo, del álgebra, de la probabilidad y estadística, ha de transcurrir en el futuro por otros senderos distintos de los que hoy seguimos. Habrá que poner el acento en la comprensión e interpretación de lo que se está haciendo, pero será superflua la energía dedicada a adquirir agilidad en las rutinas que la máquina realiza con mucha mayor rapidez y seguridad (Guzmán, 2007, p. 49).

Según Guzmán (2007) debemos preguntarnos constantemente dónde vale la pena aplicar esfuerzo, qué debemos confiar a nuestras máquinas y qué debemos reservar a la inteligencia humana. Si antes usábamos sólo métodos analíticos para demostrar la convergencia de una sucesión, en los momentos actuales calcular términos para $n=1000$, $n=10\ 000$ y $n=1000\ 000$ de una sucesión son segundos de una computadora y nos permitirán conjeturar no sólo si converge, sino a qué valor converge; otra variante del mismo problema sería acudir a la representación gráfica.

Otro universo que se abre para el Análisis Matemático, el Álgebra y otras disciplinas son las herramientas de cálculo simbólico que permiten trabajar con las representaciones analíticas de los objetos matemáticos. Si logramos habilidades en el uso de las mismas podríamos dedicarnos a "...aplicaciones realistas que hasta ahora estaban vedadas en nuestros cursos por el exceso de tedioso cálculo simbólico y numérico que habría que efectuar a mano" (Guzmán, 2007, p. 50).

Existen ideas esenciales desde la didáctica del Análisis Matemático que no se pueden obviar en este proceso de introducir las TIC al PEA de esas disciplinas:

Asumir el concepto de ordenador en el sentido amplio, es decir incluir los móviles, Tablet, y todos los dispositivos electrónicos capaces de conectarse a la Web: Lo que implica que no necesariamente se tiene que disponer de un



laboratorio especializado para la integración de las TIC al PEA, ya que en la sociedad de la información las TIC son parte funcional de nuestra vida, así en un teléfono inteligente se instalan aplicaciones que permiten navegar en Internet, leer y editar documentos, enviar mensajes y entre muchas otras acciones estudiar en profundidad y extensión los objetos matemáticos, sus relaciones y sus respectivas representaciones.

Asumir el uso de los asistentes matemáticos en el PEA de la Matemática como una necesidad real y no como un complemento o medio auxiliar: En el caso de contenidos abstractos y complejos para los estudiantes, la integración de las TIC pasa de ser una buena opción para convertirse en una necesidad, baste recordar que usualmente estos saberes se agrupan en la tipología: pensamiento matemático avanzado. Por tanto, la idea de utilizar los asistentes matemáticos solo para los cálculos que a lápiz y papel son difíciles o trabajosos, o comprobar los resultados de determinado ejercicio o problema es importante pero no suficiente. Baste acotar que los estudiantes universitarios de hoy, como el resto de sus coetáneos, asumen como verdad fundamental lo que visualizan en su móvil, por tanto primero miran el resultado del asistente matemático y luego, por disciplina, hacen la tarea a lápiz y papel, o sea lo contrario a la idea de primero a lápiz y papel y luego el ordenador.

Potenciar el trabajo en redes sociales digitales para potenciar la socialización de la información: Una idea que permite la desmitificación de la perfección tecnológica la ofrece lógicamente la propia tecnología, un caso muy especial lo constituyen las redes sociales digitales, ya que en general existe una formada por la comunidad de los usuarios de determinado asistente matemático, en estas, se pueden encontrar un gran cúmulo de información que no solo se centra en proyectos y tutoriales, también se socializan experiencias que alertan sobre la importancia de estudiar determinado contenido para crear una herramienta en el asistente matemático antes de realizar un determinado proyecto o bien como los conocimientos que un usuario tiene en un determinado tema le permitieron darse cuenta de un error cometido por este e incluso por el propio programa.

Establecer un diseño didáctico en la disciplina y asignaturas que permita la necesaria coherencia entre la introducción de los contenidos, el desarrollo de habilidades y la evaluación del aprendizaje: Las TIC deben ser una directriz, en consecuencia se utilizan en cada etapa del tratamiento de los contenidos y en particular la evaluación, sigue siendo el momento en que en general se dificulta su utilización por las creencias profesionales de algunos profesores que



asumen como poco confiable cualquier forma de evaluación que contenga algo más que un cuestionario impreso y una hoja en blanco.

2. *¿Qué tipo de estudiantes tenemos hoy en nuestras aulas?*

No hay otro modo de lograr competencias matemáticas en la formación de los ciudadanos del siglo XXI (nativos tecnológicos) que incorporando las TIC al PEA de la misma. Los estudiantes que tenemos en las aulas son nacidos todos en este siglo y tienen como características esenciales (Molano, Álvarez, Urrego, Herrera y González, 2014):

- Un permanente contacto con sus dispositivos electrónicos.
- Se comunican a través de los dispositivos móviles con sus congéneres.
- Crean contenidos para la red.
- Conocen intuitivamente los lenguajes digitales y hacen una búsqueda de contenidos de manera espontánea.
- Pueden estar en el mundo virtual y real a la vez, concatenando tareas físicas a la vez que acceden a la red.

Entonces creando una didáctica sobre esta base lograremos que incorporen y desarrollen competencias relacionadas al aprendizaje matemático como no somos capaces nosotros, que somos sus profesores.

3. *¿De qué herramientas tecnológicas se puede hacer uso en el PEA del Análisis Matemático?*

Existen software diseñados para el logro de esos objetivos y otras herramientas de uso general que aplicadas al contexto matemático contribuyen a esa formación. Los tipos fundamentales de asistentes matemáticos disponibles en la actualidad se agrupan en:

- Sistemas de álgebra computacional (conocidos como CAS de sus siglas en inglés Computer Algebraic System) que evolucionan a partir de las calculadoras. Éstas últimas nos permiten el cálculo numérico y los CAS nos permiten tanto el cálculo numérico como el simbólico. Representantes de este grupo son: Maple, Matlab, Mathematica, Maxima, SAGE, Scilab, TI-Nspire, **Derive** y Yacas, etc.
- Paquetes estadísticos, algunos de ellos para la estadística en general y otros para la estadística aplicada, como algunos específicos para investigación de operaciones, sin ánimos de profundizar los principales son: R, SAS, SPSS, Epi Info 7, SPAD, Stata, Statgraphics, Redatam, Minitab, Matlab, S-PLUS, LISREL, WinQSB y Excel; este último considerado el más utilizado en el mundo.

- Sistemas de entorno para Geometría Dinámica (SGD), excelentes en la manipulación de objetos matemáticos representables en el plano o el espacio. Sus representantes más importantes son CPro, Dataplot, DAP y **GeoGebra** (software libre) desarrollado para diferentes plataformas.
- Sistemas de cálculo numérico (MATLAB, Scilab, GNU Octave, COMSOL Multiphysics y PDL) y aplicaciones muy específicas programadas C++ o Fortran según demanda del usuario.

En el caso del Análisis Matemático o el Cálculo los que más se utilizan son los CAS y los SGD. Es importante conocer que la clasificación anterior se basa, en la mayoría de los casos, en la función que más los caracteriza porque muchos de ellos como Derive y GeoGebra tienen módulos CAS, SGD y en el caso de GeoGebra tiene incorporado además tratamiento estadístico de datos y cálculo de probabilidad. Algunos son propiedad de compañías de software o de instituciones y otros son libres.

Uso de las TIC en Matemática en el contexto de la Educación Superior en Cuba

En tal sentido, se parte de considerar como una necesidad la actualización de los programas de formación e investigación en las universidades en función del desarrollo económico y social del país y de las TIC; así como de comprender lo concerniente a la informatización de la sociedad cubana, como un aspecto que provoca transformaciones en todos los sectores de la sociedad y particularmente en la educación universitaria (Ministerio de Educación Superior [MES], 2016a). Ambos elementos se analizan como antecedentes que fundamentan las políticas estatales y educativas para el diseño de los planes de estudio “E” y, además, se asume como una de sus bases conceptuales o exigencias la siguiente: “Lograr transformaciones cualitativas en el proceso de formación como consecuencia de un amplio y generalizado empleo de las TIC” (MES, 2016a, p. 14).

La Matemática está contenida en el currículo de varias carreras en la Universidad “José Martí Pérez”, los autores del presente trabajo se desempeñan en 4 de estas carreras y de ahí es que se expondrán las experiencias. Las orientaciones en relación al uso de las TIC, para las carreras a las que hacemos alusión se pueden resumir en las siguientes:

- Licenciatura en Educación Matemática declara tres objetivos que exigen y justifican la utilización de las TIC en el proceso formativo de los profesores de Matemática: fundamentar, desde las ciencias de la educación y los contenidos de las disciplinas propias de la carrera, las alternativas de solución a los problemas profesionales sustentados en el uso de las TIC; demostrar haber hecho de la auto-preparación un proceso permanente para obtener información, adquirir, construir y divulgar el conocimiento por diversas vías y con el uso de las TIC; así



como enseñar a formular y resolver problemas sobre la base de la aplicación de procesos de pensamiento, procedimientos y estrategias de trabajo y el aprovechamiento de las TIC (MES, 2016b)

- Ingeniería Informática plantea desde los documentos del plan “E” (MES, 2017), el trabajo con las TIC y en particular con sistemas de aplicación de acuerdo con las potencialidades de las asignaturas como una estrategia curricular. En el caso de la disciplina Matemática Superior se propone el uso de asistentes matemáticos, como *GeoGebra*, y los que puedan desarrollar los estudiantes y profesores como parte de sus investigaciones.
- Ingeniería Forestal declara la disciplina “Matemática y Física”, cuyo objetivo general va dirigido a contribuir al desarrollo de habilidades del pensamiento lógico-profesional, dando solución a problemas vinculados con la profesión aplicando herramientas y métodos de la Matemática, la Física y la Informática. En vínculo con Matemática Superior se han perfeccionado las simulaciones virtuales, siendo cada vez más interactivas, lo que ofrece múltiples posibilidades en el PEA de la Física (MES, 2018a).
- Ingeniería Industrial contiene en su documento rector (MES, 2018b, p. 153) indicaciones metodológicas referidas a: “...propiciar que el estudiante se motive para adquirir nuevos conocimientos empleando las TIC”. De manera particular en los programas diseñados para las asignaturas de la disciplina Matemática Superior se sugiere el uso de los software matemáticos en dependencia al tema en que se trabaje, sea *Derive*, *GeoGebra* u otro a selección por el profesor que imparta la asignatura.

Otra de las fortalezas es que se cuenta además en la universidad con un repositorio de software específicamente para el aprendizaje del Análisis Matemático, entre los que se encuentran: NUCAL, Maple, Matlab, Mathematica, Derive y GeoGebra. En la intranet coexisten varias aulas virtuales, todas ellas sobre la plataforma Moodle tanto para la enseñanza de pregrado como de postgrado, algunas de las cuales se dedican al Análisis Matemático.

Los métodos de la investigación científica utilizados (histórico-lógico, analítico-sintético) han permitido hacer un estudio del comportamiento a nivel mundial de la introducción de las TIC al PEA de la Matemática, el método inductivo-deductivo ha permitido vincular la realidad mundial a la cubana, que si bien no han sido contemporáneas en el tiempo porque en Cuba la informatización ha llegado algo después, los resultados no son menos importantes.

La observación y la sistematización, unido a otras metodologías utilizadas a lo interno de otras investigaciones, ha permitido que el trabajo del colectivo de autores se ha direccionado al uso combinado de los software Derive (Sistemas de Algebra Computacional y de Geometría Dinámica desarrollado por Texas Instrument) y GeoGebra



(Sistemas de Algebra Computacional con Geometría Dinámica y tratamiento estadístico desarrollado en la Universidad de Amberes, Suiza; como software libre) en el PEA del Análisis Matemático en las carreras mencionadas anteriormente, unido a las ya citadas aulas virtuales, para la gestión de materiales didácticos e intercambio con los estudiantes en asignaturas relacionadas con la disciplina Análisis Matemático.

Resultados y discusión

En correspondencia con las bases conceptuales abordadas, la introducción de las TIC al PEA del Análisis Matemático en la universidad “José Martí Pérez”, se realiza a partir de una situación favorable en los tres escenarios que influyen en estos resultados (Figura 1). Sobre todo el profesorado ha reconocido que la actualidad en Didáctica del Análisis Matemático no se debe desligar del uso de las TIC, los estudiantes están mejor preparados para el uso de las mismas y se cuenta con infraestructura tecnológica para llevarlas a cabo.

A continuación, se expone la experiencia en relación a la utilización de las TIC durante el PEA de los contenidos del Análisis Matemático en la formación de los profesionales universitarios espirituanos, lograr un proceso formativo de calidad, formar los ingenieros y los futuros profesores de Matemática es un encargo social que para ser realizado con calidad tiene que tener presente el uso de las TIC. Innovar es a lo que se nos ha llamado, al uso eficiente de la ciencia y la técnica y en el caso de la enseñanza de la Matemática la actualización de los currículos, estableciendo el uso de las TIC, tiene que conllevar a la actualización de los modos de enseñanza y a un aprendizaje de calidad.

Teniendo como referencia lo expuesto hasta aquí y al considerar como sustento los resultados y las experiencias didácticas de los autores proponen y fundamentan las fases para la introducción de las TIC al PEA del Análisis Matemático en dos etapas fundamentales:

Primera Etapa – Las TIC a través de los asistentes

Para su cumplimiento se reconoce que el profesor debe poseer cierta experticia en relación al uso de los asistentes, ya que resulta muy difícil que sin preparación y experiencia didáctica se logre una adecuada planificación del uso del (o los) asistente(s). En esta primera etapa sólo se usan asistentes matemáticos en los cuales sea viable el tratamiento del contenido de la asignatura en cuestión a través del uso de las TIC en función de las habilidades matemáticas: calcular, graficar, transferir, demostrar, argumentar, etc. El profesor y los estudiantes deberán ir incorporando cada vez más

habilidades como usuarios de los asistentes matemáticos y desarrollando habilidades de cálculo, heurísticas y metacognitivas, todas en función de los conocimientos matemáticos (Figura 2).



Figura 2. Fases de la primera etapa de introducción de las TIC al PEA del Análisis Matemático. Fuente: Elaboración Propia.

A. Características de la Primera Fase:

- El profesor y los estudiantes utilizan un solo tipo de asistente matemático
- Es indicativo el tipo de asistente matemático a usar desde la clase por parte del profesor a los estudiantes
- Se utiliza sólo en clases, bajo la supervisión del profesor
- No se proponen actividades evaluativas que dependan del uso de asistentes matemáticos

B. Características de la Segunda Fase:

- El estudiante decide el asistente a utilizar, entre los asistentes matemáticos utilizados en clase, o puede proponer uno nuevo
- El estudiante resuelve cálculos complejos que sin la ayuda de asistentes sería demasiado engorroso
- Incluye la evaluación de los conocimientos matemáticos, donde el cálculo no es el objetivo principal, y se incluya la evaluación de la experticia que demuestre el estudiante en el uso del asistente

C. Características de la Tercera Fase:

- El profesor debe saber utilizar al máximo las potencialidades del asistente
- El profesor lo utiliza en clases para procesos heurísticos: demostración, resolver conjeturas, ilustrar teoremas, proposiciones, propiedades, etc.

- El profesor orienta el uso del asistente matemático como recurso heurístico en el estudio independiente a los estudiantes
- El estudiante puede realizar tareas de mayor complejidad en las que use el (los) asistente(s) como herramientas para cálculos complejos o en investigaciones de nivel teórico

La experiencia de este colectivo al transitar por todas las fases de esa primera etapa, donde la siguiente fase contiene a la anterior, en las carreras de Licenciatura en Educación Matemática (asignaturas Análisis Matemático II, III, IV, V y VI), Ingeniería Industrial (asignaturas Matemática I y II), Ingeniería Informática (asignaturas Matemática I y II) e Ingeniería Forestal (aplicación del Cálculo a la asignatura Física I), puede verse recogida en la Tabla 1 donde se ilustran evidencias en cada una de las respectivas Fases.

Tabla 1. Algunas evidencias de cada fase de la Primera Etapa: *Las TIC a través de los asistentes.*

Descripción de la Evidencia	Evidencia
PRIMERA FASE	
Introducción de software Derive 5.0 y GeoGebra (para Windows y Androide) en las asignaturas de la disciplina Análisis Matemático en todas las carreras antes mencionadas.	En la Figura 3 se muestra fragmento de un examen realizado, donde se utiliza una salida de Derive.
En la asignatura de Física I (I. Forestal) se empleó en la resolución de problemas de la Física que requerían cálculos de derivadas.	Resultado publicado, Rodríguez, Ponce y Pérez (2016).
SEGUNDA FASE	
Tareas evaluativas en las asignaturas Análisis Matemático III, IV y V; en las que el estudiante debía seleccionar el software de su gusto e incluso proponer uno que no se hubiese tratado en clases.	No será mostrado por problema de espacio.
Consta, en secretaría docente, que dos estudiantes eximieron su examen final de la asignatura Matemática II (I. Industrial), por resolución y exposición de resultados de cinco ejercicios integradores resueltos con GeoGebra.	Figura 4.
TERCERA FASE	
En la comprensión de los conceptos de Derivada, Diferencial, Plano tangente a una superficie, Integral definida y otros se utilizó las facilidades de GeoGebra como recurso heurístico.	Figura 5.
Se realizaron tareas extra-clases por parte de los estudiantes que se relacionaban con la demostración-visualización de aplicaciones del diferencial a diferentes problemas de la Física.	No será mostrado por problema de espacio.
En Matemática I (I. Industrial) y en Análisis Matemático II (L. E. Matemática) se realizó un experimento basado en el uso de GeoGebra para la comprensión de las formas indeterminadas del límite.	Resultado presentado en evento internacional y publicado (Rodríguez, Bravo, Pérez y Rodríguez, 2020).
La carrera L. E. Matemática forma futuros profesores, que	Consta en eventos internacionales como UCIENCIA

deberán tener incorporado el uso de asistentes matemáticos en sus modos de actuación. Como parte de su formación algunos de sus estudiantes realizan investigaciones relacionadas con el uso de los mismos en la escuela media.

(Rodríguez, Linares, Bello y Garriga, 2018) y publicaciones (Pérez, Sánchez y Rodríguez, 2015).

3.- Utiliza los datos que brinda el software matemático DERIVE y construcción de gráficas para representar la función.

$$y = \frac{4x - 12}{(x - 2)^2}$$

Calculando $f(x) = 0$

$$\text{NSOLVE} \left(0 = \frac{4 \cdot (x - 3)}{(x - 2)^2}, x, \text{Real} \right)$$

Calculando $f(0) = y$

Límites

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{4x - 12}{(x - 2)^2}$$

$$y = \frac{4x - 12}{(x - 2)^2}$$

$$\mathbb{D} = \{x \in \mathbb{R}; x \neq 2\}$$

Intercepto

en $x = 0 \rightarrow y = -3$
 en $y = 0 \rightarrow x = 3$

cero de la función

$(x - 2)^2 = 0$
 $x = 2$ doble

Signo

$$y' = \frac{4(x - 4)}{(x - 2)^3}$$

$$y'' = \frac{8(x - 5)}{(x - 2)^4}$$

$$y(5) = \frac{8}{9}$$

$$y(4) = 1$$

Figura 3. Fragmento (de pregunta y respuesta) en Examen de Análisis Matemático II, Carrera Licenciatura en Educación Matemática, curso 2016-2017. Fuente: Documentación de la asignatura.

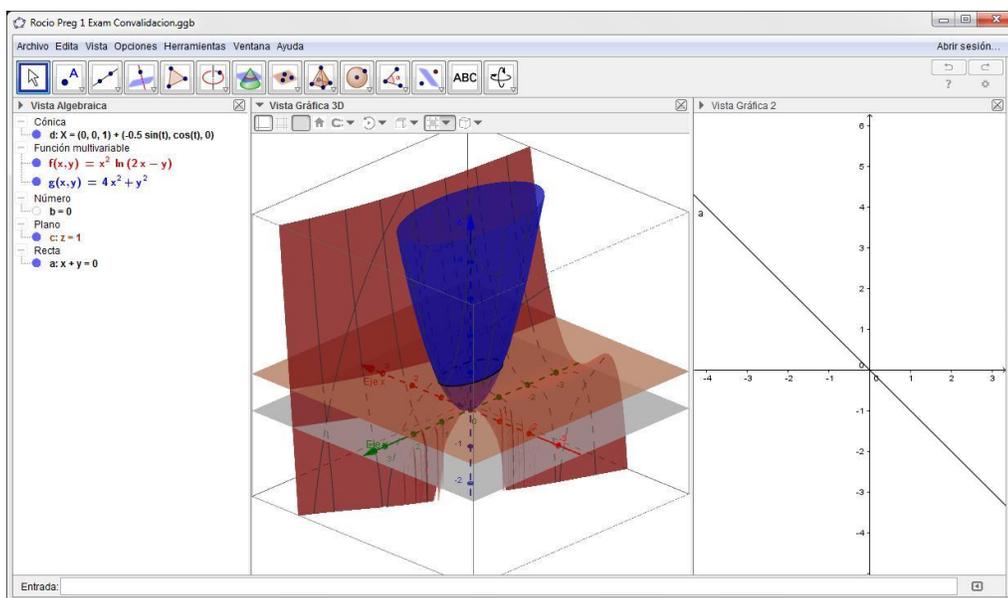


Figura 4. Primera pregunta del examen de convalidación de uno de los estudiantes presentados. Fuente: Documentación de la asignatura.

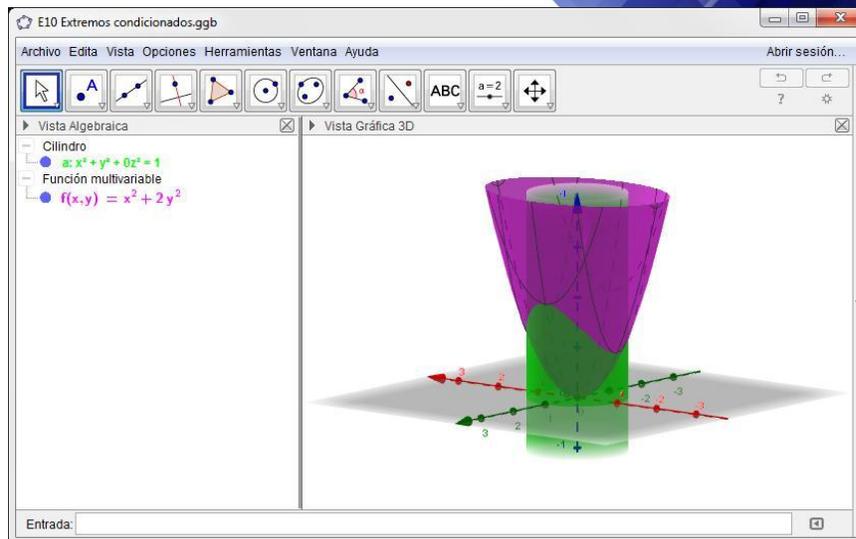


Figura 5. “Extremos condicionados”, Encuentro 10, Matemática II (I. Industrial). Fuente: Documentación de la asignatura.

Segunda etapa – Las TIC a través de la Web

Esta segunda ocurre por lo general cuando el profesor ha transitado por la primera, es decir, tiene una experiencia en el uso de los asistentes matemáticos y ha navegado en internet buscando experiencias de aplicación de los mismos e investigando en otras prácticas pedagógicas. Para esta etapa se necesita que el profesor no sea un principiante en el uso de la Web y que domine los asistentes que ha decidido vincular a su docencia (Figura 6).

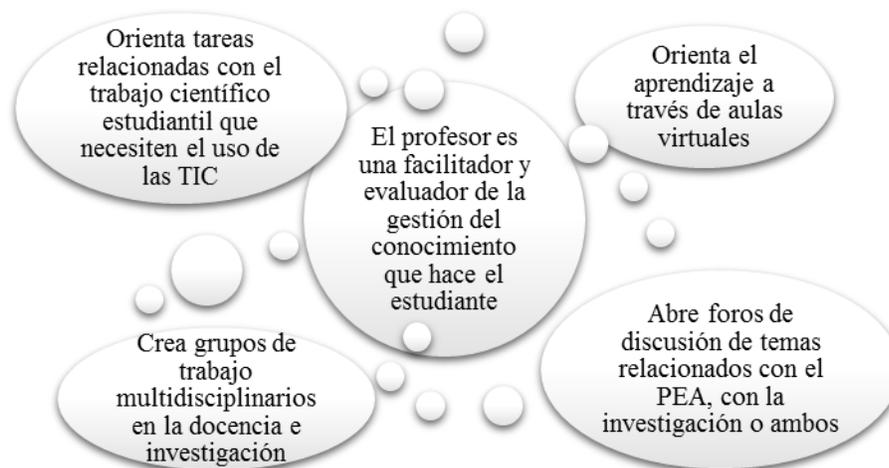


Figura 6. Caracterización de las acciones de la segunda etapa en la introducción de las TIC al PEA del Análisis Matemático.

Fuente: Elaboración Propia.



Es característico de la misma, según la experiencia que se expone, el no existir un orden entre las acciones que la componen, se puede trabajar incluso en más de una a la vez. Es usual en esta etapa la elaboración de aulas virtuales (Rodríguez, Bello, Conrado y Pérez, 2018), una forma de depositar en la red docente-universitaria todos los materiales, experiencias e incluso formas de evaluación de una determinada asignatura. Además las mismas pueden contribuir a la autogestión del aprendizaje por parte de los estudiantes, que es el ideal y una de las competencias que se desea desarrollen los mismos.

Deberán dirigirse esfuerzos también, a la búsqueda de otras experiencias en la solución de tareas docentes, a la búsqueda de problemas de aplicación del Análisis Matemático a problemas de la vida práctica o problemas profesionales en cada una de las carreras, al uso de la historia de la Matemática como recurso didáctico, entre otras. Asimismo, las aulas virtuales deben pasar por etapas de desarrollo que las lleven a ser cada vez más interactivas y dinámicas, como el propio PEA.

En estos últimos dos cursos (curso 19-20 y curso 21), la Covid-19 ha impuesto la enseñanza no presencial y por ello se destacan tres aspectos esenciales que redundan en un aumento de la confección y el uso de Aulas Virtuales:

- Institucionalmente se realizaron adecuaciones MES-Etecsa para poder acceder sin costo alguno a los servicios de la plataforma Moodle de la universidad
- Existe la necesidad de los profesores de comunicarse y reconocen el uso de Aulas Virtuales como una vía apropiada
- Existe exigencia en todos los niveles de dirección relativa a la disponibilidad y calidad de las Aulas Virtuales para todas las asignaturas.

Conclusiones

Existen antecedentes, recogidos en amplia literatura, relacionados con la introducción de las TIC al PEA en cualquier materia. Pueden encontrarse directivas que van desde el nivel mundial, dígase UNESCO, hasta la escuela y el profesor como último eslabón. El uso de las TIC en el PEA va a depender del estudio y aplicación de esas políticas, de la preparación didáctica y tecnológica de los docentes y del interés y empeño de los mismos por hacer este proceso de calidad, en correspondencia con los estudiantes nativos tecnológicos de hoy.

En la Matemática se constata un amplio desarrollo de los asistentes matemáticos. Estos son cada vez más flexibles y mejor dotados de herramientas útiles en procesos heurísticos, de ahí que amplíen su uso de herramientas de cálculo a recursos heurísticos para el aprendizaje de la Matemática. Los asistentes *Derive* y *GeoGebra* son un ejemplo de todo lo anterior y pueden ser utilizados de múltiples maneras en el PEA del Análisis Matemático.

Varios años de estudio y trabajo en el colectivo de disciplina de Análisis Matemático, han contribuido a la introducción de las TIC al PEA de esta disciplina. Se pueden dividir, sin habérselo propuesto en un inicio, en dos etapas:

- El desarrollo de tareas docentes (como herramienta de cálculo) y de procesos heurísticos (como medio de enseñanza); todo en función de lograr un uso eficiente de los asistentes matemáticos
- Otra del uso de las redes en función de PEA con la implementación de Aulas Virtuales, orientación de tareas docentes de búsqueda de aplicaciones y problemas afines, etc.

Estas etapas coinciden con la alfabetización tecnológica cada vez mayor del colectivo de profesores y puede ser una experiencia a tomar para los colectivos que recién se inicien en tan necesaria exigencia como lo es el uso de las TIC.

Referencias

- Adell Segura, J., y Castañeda Quintero, L. J. (2010). Los Entornos Personales de Aprendizaje (PLEs): una nueva manera de entender el aprendizaje. En Roig Vila, R. y Fiorucci, M. (Eds.), *Clave para la investigación en innovación y calidad educativas. La integración de las Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones y la Interculturalidad de las aulas* (pp. 1-16). Marfil-Roma: TRE Università degli studi.
- Brünner, J. J. (2003). *Educación e Internet. ¿La próxima revolución?* Santiago de Chile: Breviarios del Fondo de Cultura Económica, S. A.
- Chasi-Solórzano, B. (2020). Integración de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje en la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad Central del Ecuador. *Reire* 13(1), 1-18. doi: 10.1344/reire2020.13.122235
- Coll, C., Onrubia, J. y Mouri, T. (2007). Tecnología y prácticas pedagógicas: Las TIC como instrumentos de mediación de la actividad conjunta de profesores y estudiantes. *Anuario Psicología*, 38(3), 377-400. Recuperado de <https://www.raco.cat/index.php/AnuarioPsicologia/article/view/76571>

- Del Toro-Rodríguez, M. (2010). Tendencias en la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación por los profesionales de la educación. *Varona*, (51), 29-35.
- Gallardo Castel, A. F. (2018). La integración de las TIC en los procesos educativos y organizativos. *Educación en Revista*, 34(9), 325-339. doi: 10.1590/0104-4060.57305
- García Sánchez, M. R., Reyes Añorve, J. y Godínez Alarcón, G. (2017). Las Tic en la educación superior, innovaciones y retos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas*, 6(12), 1-18. doi: 10.23913/ricsh.v6i12.135
- Guzmán Contreras, J. E. (2017). *Integración Didáctica de las TIC, al Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de las Matemáticas* (Tesis doctoral). Universidad Central “Martha Aberu” de Las Villas, Villa Clara, Cuba. Recuperable de <https://repositorio.unan.edu.ni/8832/1/RESUMEN%20PHD.pdf>
- Guzmán, M. de (1994). Programas de Ordenador en la Educación Matemática. Vela Mayor. *Anaya Educación*, 3, 33-40. Recuperado de <http://thales.cica.es>
- Guzmán, M. de (2007). Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. *Revista Iberoamericana de Educación*, (43), 19-58.
- Molano, A., Álvarez, E., Urrego, J., Herrera, C. y González, M. (2014). *Generaciones y tecnología*. Bogotá: Colombia Digital.
- Montes, J. A. y Ochoa, S. (2006). Apropiación de las Tecnologías de la información y comunicación en cursos universitarios. *Acta Colombiana de Psicología*, 9(2), 87-100. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/798/79890209.pdf>
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD]. (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Osuna-Acedo, S. y Gil-Quintana, J. (2017). El proyecto europeo ECO. Rompiendo barreras en el acceso al conocimiento. *Educación XXI*, 20(2), 189-213. <https://dx.doi.org/10.5944/educXXI.19037>
- Pérez González, A., Sánchez Companioni, W. y Rodríguez Rivero, L. (2015). La planificación de tareas docentes utilizando GeoGebra: un ejemplo para la función seno. *Pedagogía y Sociedad*, 18(42), 1-10. Recuperado de <http://revistas.uniss.edu.cu/index.php/pedagogia-y-sociedad/article/view/145>
- Poveda-Pineda, D. F, y Cifuentes-Medina, J. E. (2020). Incorporación de las tecnologías de información y comunicación (TIC) durante el proceso de aprendizaje en la educación superior. *Formación Unversitaria*, 13(6). <https://dx.doi.org/4067/S0718-50062020000600095>



- Rodríguez Rivero, L., Bello Brito, J., Conrado de la Cruz, L. y Pérez González, A. (2018). *Aula virtual para el aprendizaje de las funciones en décimo grado*. Ciencias Informáticas: investigación, innovación y desarrollo, Libro de memorias del III Conferencia Internacional UCIENCIA 2018, La Habana, Cuba. Recuperado de <http://edacunob.ult.edu.cu/handle/123456789/76>
- Rodríguez Rivero, L., Bravo Viera, J. L., Pérez González, A., y Rodríguez Morales, N. C. (2020). El GeoGebra como recurso didáctico para la comprensión de las formas indeterminadas del límite. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 33(1), 751-762. Recuperado de http://clame.org.mx/documentos.alme33_1.pdf
- Rodríguez Rivero, L., Linares Rodríguez, T., Bello Brito, J. y Garriga González G, A. T. (2018). *Experiencias en el uso de GeoGebra en la ESBU Ramón Leocadio Bonachea Hernández*. Ciencias Informáticas: investigación, innovación y desarrollo, Libro de memorias del III Conferencia Internacional UCIENCIA 2018, La Habana, Cuba. Recuperado de <http://edacunob.ult.edu.cu/handle/123456789/76>
- Rodríguez Rivero, L., Ponce Valdés, Y. y Pérez González, A. (2016). La comprensión matemática de las funciones en interdisciplinariedad con la Física a través de problemas de la vida práctica. *UNION. Revista Iberoamericana de Matemática*, (47), 176-191. Recuperado de <https://union.fespm.es/index.php/UNION/issue/view/54/53>
- Ministerio de Educación Superior. (2016a). Documento base para el diseño de los Planes de Estudio E. Recuperado de <https://www.mes.gob.cu/es/planes-de-estudio>
- Ministerio de Educación Superior. (2016b). Modelo del Profesional. Plan de Estudio E. Carrera Licenciatura en Educación Matemática. Recuperado de <https://www.uho.edu.cu/educacion-matematica>
- Ministerio de Educación Superior. (2017). Plan de estudio E. Carrera Ingeniería Informática. Recuperado de <https://www.mes.gob.cu/es/ingreso/carreras/ingenieria-informatica>
- Ministerio de Educación Superior, Cuba. (2018a). Plan de Estudio “E”. Carrera Ingeniería Forestal. Recuperado de <https://www.mes.gob.cu/es/ingreso/carreras/ingenieria-forestal>
- Ministerio de Educación Superior. (2018b). Plan de Estudio E. Carrera Ingeniería Industrial. Recuperado de <https://www.mes.gob.cu/es/ingreso/carreras/ingenieria-industrial>
- Valencia-Molina, T., Serna-Collazos, A., Ochoa-Angrino, S., Caicedo-Tamayo, A. M., Montes-González, J. A. y Chávez-Vescance, J. D. (2016). *Competencias y Estándares TIC desde la dimensión pedagógica: Una perspectiva desde los niveles de apropiación de las TIC en la práctica educativa docente*. Cali: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Santiago/pdf/Competencias-estandares-TIC.pdf>