

Competencias de Control en estudiantes de carreras de Ingeniería

Competências de Controle em Estudantes de Engenharia

Ana Mabel Juárez, Estefanía Laplace, Adriana Sequiera, Bettina Bravo

Fecha de recepción: 26/10/2022

Fecha de aceptación: 13/12/2022

<p>Resumen</p>	<p>Este trabajo presenta una investigación realizada con el propósito de contribuir a mejorar la calidad del aprendizaje de estudiantes del ciclo básico de carreras de Ingeniería, quienes mostraron deficiencias para razonar y resolver problemas y evidenciaron escasas habilidades de control. Para superar estas dificultades se diseñaron e implementaron actividades de aprendizaje y enseñanza orientadas a desarrollar capacidades de control. Los resultados mostraron mejoras en el aprendizaje de los estudiantes. Las conclusiones estimulan a usar este tipo de actividades en diferentes temáticas y asignaturas. Palabras clave: Calidad del aprendizaje, competencias de control, actividades de aprendizaje y enseñanza.</p>
<p>Abstract</p>	<p>This work presents a research carried out with the purpose of contributing to improve the quality of learning of students of the basic cycle of Engineering careers, who showed deficiencies to reason and solve problems and showed little control skills. To overcome these difficulties, learning and teaching activities aimed at developing control capacities were designed and implemented. The results showed improvements in student learning. The conclusions stimulate the use of this type of activities in different themes and subjects. Keywords: Quality of learning, control skills, learning and teaching activities.</p>
<p>Resumo</p>	<p>Este trabalho apresenta uma investigação realizada com o objetivo de contribuir para a melhoria da qualidade de aprendizagem dos alunos do ciclo básico das carreiras de Engenharia, que apresentavam deficiências para raciocinar e resolver problemas e revelavam pouca capacidade de controle. Para superar essas dificuldades, foram projetadas e implementadas atividades de ensino e aprendizagem voltadas para o desenvolvimento de capacidades de controle. Os resultados mostraram melhorias no aprendizado dos alunos. As conclusões estimulam a utilização deste tipo de atividades em diferentes temas e assuntos. Palavras-chave: Qualidade de aprendizagem, habilidades de controle, atividades de ensino e aprendizagem.</p>

1. Introducción

La investigación que se presenta surgió del interés de vincular dos cuestiones importantes en la formación de estudiantes de carreras de Ingeniería; por un lado, ofrecer a los estudiantes una preparación disciplinar sólida e integral con los contenidos que se imparten en el ciclo básico, Matemática en este caso, para dar continuidad al estudio de otros contenidos en asignaturas superiores específicas.

Por otro lado, contribuir a que los estudiantes desarrollen capacidades necesarias para un desempeño exitoso en su profesión. Considerando que estos son aspectos fundamentales que debemos abordar durante el trayecto formativo de los estudiantes en la universidad, esta investigación muestra la contribución que la educación matemática puede ofrecer al desarrollo de competencias profesionales de los futuros ingenieros, específicamente en lo que refiere a algunas de las competencias profesionales clave, en el convencimiento de que el estudiante no las desarrolla en un curso específico a ese efecto, ni en los cursos propios de una especialidad, sino que las construye paulatinamente desde el inicio de su formación a través de la colaboración que ofrecen las diferentes áreas de conocimiento (Juárez y Anchorena, 2006).

En este marco, se consideró que una competencia clave a desarrollar, para un desempeño adecuado en el mundo del trabajo y deseable en las asignaturas que forman los planes de estudios de las carreras, es la capacidad de controlar su propia tarea y supervisar el trabajo ajeno, que en esta investigación adopta el nombre de Competencia de Control. Esta competencia se define a partir del documento de competencias elaborado por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI, 2014) que propone un listado de competencias genéricas vinculadas a las competencias profesionales comunes a todos los ingenieros. Entre ellas se encuentra la “competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería” que requiere la articulación efectiva de diversas capacidades entre las cuales identificamos que cada profesional “sea capaz de monitorear, evaluar y ajustar el proceso de resolución de un problema”.

1.1 Marco contextual

La Competencia de Control, considerada clave entre las múltiples competencias deseables para estudiantes y trabajadores de la Ingeniería, surgió de un trabajo exploratorio desarrollado en una asignatura del ciclo básico de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Argentina.

Se analizó críticamente el modelo de enseñanza vigente en la asignatura Análisis Matemático III, características generales de los estudiantes y las dificultades evidenciadas durante el estudio de los contenidos de la asignatura, destacándose, entre otras, escaso esfuerzo y perseverancia en la búsqueda y control de resultados y procedimientos de las actividades propuestas. Esta fue considerada como la primera tarea en la investigación. Se recurrió a la observación cualitativa de las clases teóricas y prácticas, un año antes de realizar la experiencia de implementar una propuesta didáctica especialmente diseñada, en la Unidad: Ecuaciones Diferenciales.

En primer lugar, se requirió una inmersión en las clases, se precisaron algunos elementos y se elaboró una guía de observación para continuar con más observaciones (enfocadas), dirigida a mirar: desempeño de profesores y estudiantes

durante las clases teóricas y prácticas, relación docentes-estudiantes y estudiantes-estudiantes, actividades y preguntas de los estudiantes. Los resultados se resumen a continuación.

La asignatura Análisis Matemático III pertenece al ciclo básico de las carreras de Ingeniería, se ubica en el segundo año del plan de estudios. Tiene un gran volumen de contenidos, entre los cuales se encuentran las Ecuaciones Diferenciales. Posee una matrícula aproximada de 100 alumnos, con una carga horaria de 8 horas semanales. Sus correlativas anteriores son Álgebra y Geometría Analítica, Análisis Matemático I, Física I y Análisis Matemático II.

En las clases teóricas, de exposición magistral, los estudiantes se mostraron pasivos, limitados a tomar apuntes y escuchar los razonamientos del profesor. En las clases prácticas, no obligatorias, los docentes se limitaron a responder en forma personalizada las consultas de los estudiantes, sin desempeñar el papel de orientador-guía de sus aprendizajes como lo plantea cualquier modelo de enseñanza constructivista, no propiciaron la participación ni el intercambio de ideas.

El material didáctico (Guía de trabajos prácticos) formado por un conjunto de ejercicios y problemas organizados siguiendo un orden de complejidad creciente, no contenía actividades que ayuden a desarrollar capacidades de control, puestas con ese objetivo. Se pretendía que el estudiante trabaje de forma independiente por estar en segundo año de la carrera pero no se lo orientaba en este sentido.

De las preguntas realizadas por los estudiantes se observaron deficiencias para razonar e interpretar consignas; plantear y resolver problemas; aplicar y relacionar conceptos; defender sus posturas sobre lo realizado. Evidenciaron poco interés e insuficiente habilidad para controlar y justificar, de forma independiente, resultados y procedimientos; en pocas oportunidades se detuvieron a reflexionar en la solución obtenida, en la lógica o coherencia de un resultado en el contexto del problema.

Buscando mejorar la situación descrita, ayudar a los estudiantes a adquirir recursos para mejorar sus aprendizajes, aplicar correctamente los conceptos y controlar sus propias acciones, acercarlos a formas de trabajo independiente, se pensó en diseñar alguna estrategia que contribuyera, a la vez de mejorar sus aprendizajes, a desarrollar competencias deseables en un profesional de la Ingeniería. Con este propósito se diseñó e implementó una propuesta en las clases prácticas de la asignatura por considerarse, según el marco contextual, un lugar propicio de intervención sin alterar la organización y desarrollo de las clases establecidos por la docente responsable en la planificación de la asignatura.

2. Fundamentación teórica

El marco teórico conceptual de la investigación lo constituyen: El Enfoque Cognitivo representado por J. Piaget con su teoría Psicogenética y D. Ausubel con su teoría del Aprendizaje Significativo, y el Enfoque Histórico Cultural de L.S. Vygotsky.

Para Piaget el mecanismo básico de adquisición de conocimientos consiste en un proceso constructivo en el que las nuevas informaciones se incorporan a las estructuras preexistentes en la mente de las personas, que se modifican y reorganizan según un mecanismo de asimilación y acomodación facilitado por la actividad del alumno (Pozo, 2006). Ausubel pone el acento de su teoría, del Aprendizaje Significativo, en la organización del conocimiento en estructuras y en las

reestructuraciones que se producen debido a la interacción entre esas estructuras presentes en el sujeto y la nueva información. Establece además las condiciones que deben cumplir el material y el sujeto para que se produzca Aprendizaje Significativo (Pozo, 2006).

Por su parte, Vygotsky considera al conocimiento como producto de la interacción social y de la cultura, donde todos los procesos psicológicos superiores (comunicación, lenguaje, razonamiento, etc.) se adquieren primero en un contexto social y luego se internalizan (Pozo, 2006). Fue uno de los pioneros en el estudio del desarrollo metacognitivo con el concepto de Zona de Desarrollo Próximo, distancia que existe entre lo que el sujeto puede realizar de manera individual y lo que puede realizar siendo ayudado por alguien con un conocimiento consolidado. Desde esta perspectiva, el desarrollo metacognitivo está involucrado en el tránsito necesario desde el plano interpsicológico (o social) al plano intrapsicológico (o individual). Y es en la zona de desarrollo próximo donde la acción del docente es esencial como facilitador del desarrollo de estructuras mentales en el alumno, para que éste sea capaz de construir aprendizajes cada vez más complejos. Esta idea permite sustentar la Competencia de Control tanto en el plano social (control del grupo sobre cada individuo y viceversa, control por parejas, control del profesor al grupo, etc.) como en el plano individual, donde deviene autocontrol, entendido éste como el control que se ejerce sobre uno mismo. Las acciones de la competencia “controlar” que se desarrollan en el plano social, se van desarrollando al mismo tiempo como acciones que conforman el autocontrol como recurso metacognitivo.

La metacognición es el conocimiento y regulación de nuestras propias cogniciones y de nuestros procesos mentales. La metacognición ayuda a los alumnos a convertirse en aprendices autorregulados lo cual se traduce en aprendices autónomos, con conocimiento de los objetivos que desean alcanzar, con capacidad para auto-observarse y darse cuenta si las estrategias utilizadas son las apropiadas o no, y para evaluar los resultados (Flavell, 1993; Carretero, 2001; Shunk, 2012). Es inmensa la literatura que aborda el tema de la metacognición y su relevancia en el ámbito educativo. Numerosos trabajos han aportado evidencias acerca de su relación con la mejoría en el rendimiento académico en estudiantes de distintos niveles (Fernández Da Lama, 2020; Córdoba y Marroquín, 2018).

Debido a la estrecha relación entre metacognición, conocimiento y aprendizaje, es que su estudio ha contribuido a la comprensión de los procesos involucrados en la resolución de problemas en diferentes áreas de conocimientos. En el contexto de enseñanza y aprendizaje de la Matemática, el concepto de metacognición ha sido desarrollado por Schoenfeld (1992), quien a su vez ha hecho contribuciones al área de resolución de problemas. En esta línea el foco está puesto en que el estudiante se convierta en un buen resolutor de problemas y que sea consciente de su actividad cognitiva; se pretende que los sujetos puedan monitorear y dirigir su propio proceso cognitivo, es decir, que sean capaces de controlar sus acciones, analizar los resultados que van obteniendo, ajustar sus estrategias, etc.

Otras fuentes que brindaron aportes significativos a la fundamentación teórica de esta investigación fueron: tendencias actuales en la formación en Ingeniería y la educación matemática en carreras de Ingeniería, las prácticas actuales de la evaluación y la consideración de los errores como recurso para la enseñanza y el aprendizaje. Las ideas básicas de dichas contribuciones se resumen a continuación.

La tendencia actual en la formación de los ingenieros es el uso de las competencias como horizonte formativo y los enfoques de aprendizaje centrados en el estudiante (CONFEDI, 2014; Pepín et al., 2021). En el documento elaborado por CONFEDI (2017) sobre el marco conceptual y la definición de estándares de acreditación de las carreras de Ingeniería se describe las características de un profesional de la Ingeniería y se expresa la necesidad de una formación equilibrada de competencias y conocimientos académicos, científicos, tecnológicos, con formación humanística. También se define competencia como: “la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas y valores, permitiendo movilizar distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales. Entre las competencias genéricas deseables en un profesional de la Ingeniería (que deben desarrollarse a lo largo de toda la carrera) se encuentra la de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería, la cual requiere la articulación efectiva de diversas capacidades entre las cuales identificamos que cada profesional “sea capaz de monitorear, evaluar y ajustar el proceso de resolución de un problema” (CONFEDI, 2014). Otras competencias transversales aluden a la capacidad para regular sus propios aprendizajes, desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo, aprender en forma continua y autónoma y destrezas cognitivas generales. Esto conlleva un cambio de paradigma en la formación de ingenieros, en tanto ponen su foco en el estudiante y en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Las últimas investigaciones internacionales encuentran que los grandes cambios en la educación en ingeniería han afectado cambios en la educación Matemática y hacen referencia a las mejores prácticas innovadoras de enseñanza de las matemáticas en ingeniería. Sin dudas el desarrollo de la tecnología ha abierto nuevas posibilidades para el trabajo de ingeniería, por ejemplo permiten resolver problemas complejos, incluidos los matemáticos, y visualizar soluciones, fenómenos y aspectos teóricos. Estos desarrollos han cambiado las condiciones para la enseñanza y el aprendizaje (Pepín et al., 2021).

El modelado matemático es una práctica innovadora de enseñanza y aprendizaje de la matemática en la educación en Ingeniería (en tanto ayuda a que las matemáticas sean relevantes para los estudiantes y le den sentido al problema de ingeniería) y la integración de los métodos de modelado matemático contribuye a una comprensión más profunda por parte de los estudiantes (Abou-Hayt et al., 2019).

Sobre la resolución de problemas matemáticos existe una preocupación creciente porque sea una actividad del pensamiento como resultado del análisis -razonamiento y no una mera aplicación mecánica de algoritmos con la única intención de obtener un resultado sin razonar si dichos procedimientos responden a la solución del problema (Prendergast et al., 2018; Lane et al., 2016; Gijsbers et al., 2019). En las prácticas de enseñanza, a través de la resolución de problemas, se debe buscar también que el estudiante emplee formas de razonamiento que sean independientes del docente; capaz de crear sus propias conjeturas y explorar su validez; y despertar una actitud escéptica sobre las propiedades matemáticas (Campbell et al., 2020). Los estudiantes deben aprender a interactuar de manera autónoma y autorregulada y el docente debe enseñar estrategias que los ayuden a resolver problemas en diversos contextos a partir de procesos conscientes y regulados, es decir, a partir de la reflexión de sus propios procesos cognitivos (metacognición) (Olivares et al., 2020; Monarrez y Tchoshanov, 2020).

La evaluación de los aprendizajes es entendida en esta investigación como una parte fundamental del proceso de aprendizaje. Un marco teórico ampliamente utilizado para el estudio de las prácticas de la evaluación de los aprendizajes es el de la evaluación formativa. Uno de sus principios fundamentales es la retroalimentación para apoyar el desarrollo de la autorregulación de los estudiantes y la autoevaluación. Burkhardt y Schoenfeld (2019) sostienen que la evaluación formativa es esencial para apoyar a los estudiantes en actividades de aprendizaje imprescindibles para los objetivos actuales de aprendizaje y desempeño en Matemática (la resolución de problemas no rutinarios, la producción de cadenas extendidas de razonamiento matemático, el modelado de situaciones del mundo real utilizando herramientas y representaciones matemáticas).

Un elemento fundamental en la evaluación formativa es sacar a la luz las comprensiones y conceptos erróneos de cada estudiante; los errores de un estudiante en matemáticas rara vez son aleatorios, a menudo surgen de malentendidos de experiencia matemática previa (Rico, 1998; Godino et al., 2004; Mancera Martínez, 2015). Una práctica de evaluación formativa cuidadosamente diseñada saca a relucir esos conceptos erróneos y la alternativa es que el docente estructure una secuencia de actividades de aprendizaje para que los estudiantes, individualmente y/o con sus compañeros, resuelvan los conceptos erróneos.

El diseño estratégico de prácticas de evaluación formativa de resolución de problemas se basa en que los estudiantes desarrollen soluciones múltiples, las comparen, las critiquen y las mejoren a través de la discusión en grupos pequeños y en la clase como un todo. Otras prácticas de evaluación formativa: pedirle a los estudiantes que critiquen ejemplos cuidadosamente seleccionados (o diseñados) del trabajo de los estudiantes, primero en grupos pequeños y luego en una discusión con toda la clase; dar espacio para reflexionar y responder al pensamiento de los estudiantes; proporcionar apoyo a los estudiantes sin hacerse cargo; adaptar la enseñanza a estudiantes con diversas dificultades (Burkhardt y Schoenfeld, 2019).

Para esta investigación, atendiendo al documento elaborado por CONFEDI sobre el desarrollo de competencias se adoptó como definición de Competencia de Control a: “La capacidad de controlar su propia tarea y supervisar el trabajo ajeno verificando los procesos y resultados en la resolución de situaciones problemáticas”.

El análisis de las teorías cognitivas, el nuevo paradigma educativo en la formación de los ingenieros y la evaluación formativa permitieron determinar los Criterios que orientaron el diseño de las Actividades de Control, atender los requerimientos de un material significativo para los estudiantes y guiar en su implementación.

Criterio 1: El aprendizaje es un proceso de construcción del conocimiento, fuertemente influenciado por la situación en la que tiene lugar, primordialmente en la interacción social y por el material del que dispone.

Criterio 2: El estudiante debe desempeñar un papel activo y ser responsable de su propio aprendizaje.

Criterio 3: El rol del docente debe ser de orientador y guía de las actividades de los estudiantes como también facilitador de situaciones de aprendizaje constructivo.

Criterio 4: La metacognición es un recurso fundamental para la adquisición de aprendizajes con significados y contribuye al desarrollo del pensamiento, a la autorregulación, por parte de los estudiantes, lo se traduce en autonomía e independencia.

Criterio 5: Favorecer el desarrollo de competencias requeridas en un graduado de carreras de ingeniería proponiendo actividades orientadas con ese fin.

Criterio 6: Los errores deben considerarse como parte del proceso cognoscitivo, por lo que se debe brindar a los estudiantes la posibilidad de construir conocimientos valiéndose de sus propios errores y de los de otros.

Del marco contextual y de la fundamentación teórica, surgieron preguntas como:

¿Qué factores pueden tenerse en cuenta para diseñar una propuesta didáctica que despierte el interés del estudiante, le permita desarrollar un rol activo en el aprendizaje y en la que el docente pueda desempeñar el papel de orientador de dicho aprendizaje?; ¿cómo puede aprovecharse la información sobre errores de estudiantes para diseñar actividades de aprendizaje y enseñanza que puedan ayudar a la adquisición de aprendizajes significativos y simultáneamente al desarrollo de habilidades de control, autonomía e independencia?; ¿cómo se puede contribuir a mejorar la comprensión de los conceptos, la resolución de problemas?; ¿qué características debe tener un material didáctico para apoyar las tareas de enseñanza y contribuir al logro de los aprendizajes señalados arriba?. Estas preguntas llevaron a formular el problema de investigación:

¿Contribuye la implementación de actividades destinadas a desarrollar Competencias de Control en la enseñanza de las Ecuaciones Diferenciales a mejorar la calidad del aprendizaje de los estudiantes en el contexto de referencia?

2.1 Las Variables

Variable independiente

Implementación, en las clases prácticas, de actividades de aprendizaje y enseñanza orientadas a desarrollar Competencias de Control, elaboradas desde un enfoque constructivista, siguiendo los Criterios establecidos.

Variable dependiente

La variable dependiente Calidad del Aprendizaje se interpreta en función de sus dimensiones que son variables más específicas que pueden ser directamente evaluadas (Busab, 2004): Grado de corrección y Grado de reflexión de las acciones que se realizan. La definición de cada una de estas dimensiones es:

Grado de corrección de la acción: grado en que las acciones ejecutadas se realizan en forma correcta.

Grado de reflexión de la acción: grado en que las fundamentaciones de las acciones se realizan en forma correcta.

La definición operacional de la variable dependiente se muestra en la siguiente tabla:

Dimensión	Indicadores	Medida
Grado de corrección	El porcentaje de las acciones realizadas correctamente está comprendido entre el 80% y 100% (incluidos estos porcentajes).	Muy bueno
	El porcentaje de las acciones realizadas correctamente está comprendido entre el 60% y 80% (incluido el 60%).	Bueno
	El porcentaje de las acciones realizadas correctamente está comprendido entre el 40% y 60% (incluido el 40%).	Regular
	El porcentaje de las acciones realizadas correctamente es menor del 40%.	Malo
Grado de reflexión	El porcentaje de las fundamentaciones correctas está comprendido entre el 80% y 100% (incluidos estos porcentajes).	Muy Bien fundamentado
	El porcentaje de las fundamentaciones correctas está comprendido entre el 60% y 80% (incluido el 60%).	Bien fundamentado
	El porcentaje de las fundamentaciones correctas está comprendido entre el 40% y 60% (incluido el 40%).	Regular fundamentado
	El porcentaje de las fundamentaciones correctas es menor del 40%.	Mal fundamentado

Tabla 1. Dimensiones, indicadores y medida de la variable Calidad del Aprendizaje

2.2 Hipótesis de Investigación

La implementación de actividades de aprendizaje destinadas a desarrollar Competencias de Control en la enseñanza de las Ecuaciones Diferenciales, basada en principios que se desprenden del marco teórico, contribuye a mejorar la Calidad del Aprendizaje de los estudiantes del ciclo básico de la Facultad de Ingeniería.

2.3 Objetivo General de la Investigación

El objetivo general de la Investigación fue evaluar la efectividad de implementar actividades de aprendizaje y enseñanza orientadas a desarrollar estrategias de control para contribuir a mejorar la calidad del aprendizaje de estudiantes del ciclo básico de la Facultad de Ingeniería, en el estudio de las Ecuaciones Diferenciales.

3. Metodología

La investigación se inició como descriptiva, sobre la base de las variables encontradas en estudios descriptivos afines a la temática abordada y continuó como una investigación que brindó elementos explicativos parciales, ya que existieron otras dimensiones de la variable Calidad del Aprendizaje que no fueron consideradas cuando se modeló el objeto de esta investigación. De acuerdo al contexto y a las posibilidades institucionales, se seleccionó, un diseño experimental tipo cuasiexperimental ya que no fue posible seleccionar ni controlar todos los factores necesarios para determinar la relación de causalidad a través de un experimento puro (Hernández Sampieri et al., 2010), es decir, la situación no presentó la posibilidad de manipular y controlar la variable independiente con el rigor que requiere un experimento. Esta decisión se fundamentó en que la asistencia de los estudiantes a las clases prácticas no era obligatoria, luego la selección de los estudiantes para formar el grupo experimental no podía hacerse de manera compulsiva, obligarlos mismos a participar. Por otro lado, en esta facultad, los estudiantes suelen reunirse a estudiar fuera de los horarios de clases, este motivo no permitiría al docente ejercer el control sobre la influencia de variables extrañas en el grupo que sería seleccionado

para el experimento, se evidenciaba la posibilidad de contaminación entre los grupos experimental y control, sin poder asegurar la independencia de los mismos; esto no permitió seleccionar los grupos control y experimental durante una misma cursada.

Se decidió, entonces, implementar las Actividades de Control a todos los estudiantes que estaban cursando la asignatura Análisis Matemático III en ese año, para comparar con el grupo de estudiantes que cursó la asignatura el año anterior, probando previamente la equivalencia inicial entre ambos grupos. También se analizaron las condiciones en relación con el desarrollo de la asignatura y se concluyó que el equipo docente no había modificado, se mantenían las mismas actividades en general excepto las de control, el mismo docente para desarrollar las clases teórico-prácticas, como también aulas y horarios.

Para el diseño elegido, los grupos de control y experimental fueron:

Grupo de control (GC): los 84 estudiantes que rindieron el primer examen parcial de la asignatura Análisis Matemático III de la Facultad de Ingeniería el año anterior a la implementación de la propuesta (estudiantes que trabajaron con una metodología tradicional).

Grupo experimental (GE): los 77 estudiantes que rindieron el primer examen parcial de la asignatura Análisis Matemático III de la Facultad de Ingeniería el año donde los estudiantes trabajaron con Actividades de Control.

El diseño cuasiexperimental respondió al diseño con postprueba únicamente y grupos intactos, con la precaución que la postprueba para medir la calidad del aprendizaje de los estudiantes que realizaron las Actividades de Control fuera elaborada con problemas que tuvieran el mismo orden de complejidad que el año anterior. Para contrastar la hipótesis, se compararon los resultados de las postpruebas de todos los estudiantes de Análisis Matemático III en el tema Ecuaciones Diferenciales en ambos años.

3.1 Equivalencia inicial entre ambos grupos

Para mostrar que los grupos seleccionados podían considerarse equivalentes, se estudiaron si ambos grupos eran similares en las variables: Sexo, Condición de Recursante, Carrera y Rendimiento Académico en la asignatura correlativa anterior.

Se analizaron los datos y se aplicaron técnicas estadísticas para conocer si los grupos fueron homogéneos en las variables estudiadas. La principal técnica estadística empleada fue la Prueba de homogeneidad con el estadístico χ^2 cuadrado (Walpole y Meyers, 2005). Los resultados advirtieron que los grupos resultaron homogéneos en las variables involucradas. Por ello se resolvió llevar a cabo el diseño de investigación planteado y confirmar la decisión de tomar a la población del año anterior como grupo de comparación para contrastar la Hipótesis de Investigación.

3.2 Recolección de datos. Análisis e interpretación

Los instrumentos de investigación (instrumentos de recolección de datos) empleados fueron: la post-prueba, el cuestionario y la observación.

3.2.1 Postprueba

Para medir la variable dependiente Calidad del Aprendizaje de los estudiantes, el instrumento diseñado fue la postprueba. Para construir este instrumento, se

analizaron las actividades del primer examen parcial del año anterior a la innovación (tema ecuaciones diferenciales) y la posibilidad de medir las dimensiones de la variable dependiente. Luego se diseñaron las dos actividades que conformaron la postprueba del año en que se realizó experiencia tratando de que las mismas permitieran realizar comparaciones entre grupos. Si bien las actividades fueron distintas en ambos instrumentos, se cuidó que el grado de dificultad no fuera muy diferente. Finalmente, se verificaron los requisitos de confiabilidad y validez. Para garantizar la validez de contenido este instrumento fue sometido a juicio de expertos en el tema (Camilloni et al., 1998). Para favorecer la confiabilidad de las mediciones y facilitar la corrección de las actividades, se elaboró una clave de corrección. Al calificar se optó por la evaluación referida a criterios, ya que se contrastó la prueba del estudiante con una pauta establecida por el docente como objetivo a alcanzar. Así se pretendió que el instrumento fuera lo más objetivo posible.

Para la valoración de las producciones de los estudiantes se compararon las respuestas a los problemas seleccionados en las pruebas administradas en la población Grupo control (GC), y en la población de estudiantes donde se implementó la innovación, Grupo experimental (GE). Los resultados obtenidos en cada una de las dimensiones de la variable Calidad de Aprendizaje: grado de corrección y grado de reflexión se describen a continuación:

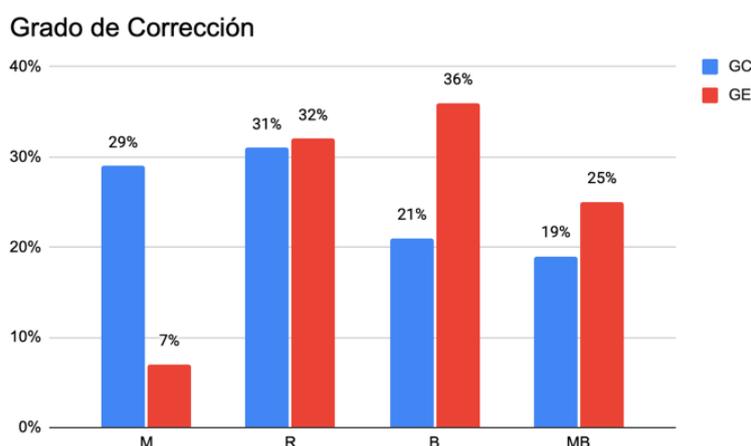


Figura 1. Distribución de frecuencias en porcentaje de la variable Grado de Corrección para las poblaciones GC y GE

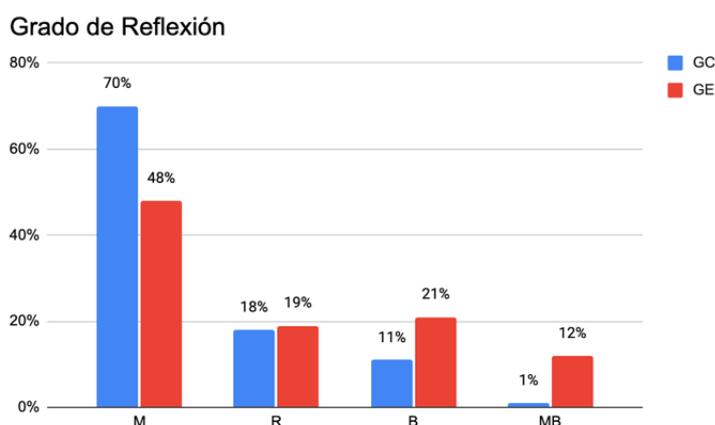


Figura 2. Distribución de frecuencias en porcentaje de la variable Grado de Reflexión para las poblaciones GC y GE

En la Figura 1 se observa una mejora en el porcentaje de estudiantes para las categorías “Bueno” y “Muy Bueno” correspondiente al grupo que trabajó con las actividades de control (GE) respecto del año anterior (GC). Y una disminución considerable en el porcentaje de estudiantes de la categoría “Malo” en el año de la implementación respecto del año anterior.

En la Figura 2 se observa leves diferencias en el porcentaje de estudiantes en las categorías “Bien fundamentado” y “Muy bien fundamentado” a favor de los estudiantes que realizaron las actividades de control y un decrecimiento del porcentaje de estudiantes en la categoría “Mal fundamentado” en el año de la implementación.

Los datos obtenidos fueron analizados e interpretados empleando técnicas estadísticas: la Prueba de Homogeneidad con el estadístico chi cuadrada (χ^2) (Walpole y Meyers, 2005) para poder evaluar si había diferencias entre ambos grupos con respecto a las variables “Grado de corrección” y “Grado de reflexión” y el Método Partición de los grados de libertad en tablas de $rx2$ (Siegel y Castellan, 1995) para saber en qué categorías de cada dimensión se encontraban las diferencias.

Del análisis de los resultados se dedujo que la propuesta innovadora contribuiría a mejorar la calidad del aprendizaje. Ésta sería una evidencia a favor de la Hipótesis de Investigación.

3.2.2 Encuesta a los estudiantes

Para evaluar el grado de aceptación por parte de los estudiantes de la propuesta de implementar Actividades de Control, se administró una encuesta sobre distintos aspectos relacionados con el aprendizaje del tema, el aprendizaje de estrategias de control, las relaciones que se establecieron entre docente-estudiantes y estudiantes-estudiantes. Estuvo constituida por 12 ítems y una pregunta abierta, ítem 13. Codificadas las categorías de respuestas, se procesaron las encuestas de los 37 estudiantes, obteniéndose, en cada ítem y en cada categoría de respuesta, las siguientes frecuencias:

Ítems	Nunca	Algunas veces	Casi siempre	Siempre	Total
1. Comprender mejor el tema	0 (0%)	9 (24%)	18 (49%)	10 (27%)	37 (100%)
2. Razonar	0 (0%)	5 (14%)	16 (43%)	16 (43%)	37 (100%)
3. Aprender a justificar	1 (3%)	5 (14%)	16 (42%)	15 (41%)	37 (100%)
4. Mejorar la calidad del aprendizaje	0 (0%)	6 (16%)	19 (52%)	12 (32%)	37 (100%)
5. Intercambiar opiniones entre compañeros	0 (0%)	7 (19%)	17 (46%)	13 (35%)	37 (100%)
6. Intercambiar opiniones con docentes	0 (0%)	17 (46%)	11 (30%)	9 (24%)	37 (100%)
7. Reconocer tus errores	0 (0%)	2 (5%)	18 (49%)	17 (46%)	37 (100%)

8. Interpretar mejor las consignas	0 (0%)	8 (22%)	21 (56%)	8 (22%)	37 (100%)
9. Aprender estrategias para revisar tus trabajos	2 (5%)	12 (32%)	18 (49%)	5 (14%)	37 (100%)
10. Incorporar técnicas de control de resultados	3 (8%)	12 (32%)	14 (38%)	8 (22%)	37 (100%)
11. Incorporar técnicas de control de procedimientos	2 (5%)	14 (38%)	15 (41%)	6 (16%)	37 (100%)
12. Reflexionar sobre lo aprendido	1 (3%)	5 (14%)	21 (56%)	10 (27%)	37 (100%)

Tabla 2. Distribución de frecuencias en porcentaje de los ítems de la encuesta

Las opiniones de los estudiantes a la pregunta abierta (ítem 13): “Expresa tu opinión acerca de cómo te sentiste al trabajar con este tipo de actividades y si consideras útil incorporarlas en todos los temas de la materia”, fueron clasificadas de acuerdo al contenido de los ítems del cuestionario y contribuyeron a afianzar los resultados obtenidos en los ítems anteriores. Algunas respuestas fueron:

Ítem 1: Comprensión

“Esta materia me parece muy interesante y las actividades propuestas me ayudaron a comprender mejor”. “Resolver este tipo de actividades me facilitaron la comprensión y resolución de los problemas del práctico y me permitieron entender la teoría de clase”. “Lo que más destaco es que fueron útiles por tener los resultados y la forma en que deben expresar los mismos. Siento que aprendí mucho más”.

Ítems 5 y 6: Control y comunicación

“Opino que es muy buen modo de aprendizaje, ya que uno controla ejercicios y muchas veces ayuda a los alumnos que les cuesta intercambiar opiniones con docentes”.

Ítems 7 y 12: Metacognición

“Creo que incorporar este tipo de actividades resulta de gran ayuda, principalmente porque nos permite reflexionar sobre los puntos importantes para comprender cada tema, y nos muestra los errores que cometemos”. “Me parecen útiles porque pude corroborar lo que estaba haciendo estaba bien”. “Me ayudó mucho a reconocer los errores que cometí inconscientemente y que parecen insignificantes, pero a la hora de llegar a los resultados varían notablemente”.

Ítems 9, 10 y 11: Estrategias de control

“Me sentí interesada porque pude utilizarlas como guía para saber si estaba bien lo que hacía, y si tenía dudas, preguntaba. Tal vez, si no las hubiese tenido, hubiera dejado los ejercicios de una forma que no era la correcta”. “Me parecieron útiles para entender mejor algunos conceptos, además de aprender a verificar resultados.

También para razonar y discutir grupalmente”. “Me llevaron a revisar los ejercicios dos y tres veces y volver a leer cuando no me dieron los resultados correctos”.

Con respecto a la pregunta abierta: ¿Consideras que sería útil incorporarlas en todos los temas de la materia?, se le llamó *Utilidad del control*. La totalidad de estudiantes opinaron que sería útil incorporar este tipo de actividades en todos los temas.

En los resultados obtenidos se observó que las puntuaciones en las categorías Siempre o Casi siempre sumaron más del 50% en todos los ítems. El alto porcentaje en la categoría algunas veces en el ítem 6, mostró que los estudiantes no percibieron a la interacción con el docente de un modo muy distinto a como se establece en las prácticas tradicionales y modalidades de trabajo que se realizan normalmente en otras materias, y otros temas de esta misma materia. En realidad, no se pretendía en unas pocas clases cambiar las prácticas a las que están acostumbrados los estudiantes y, por otro lado, la interacción es un proceso bidireccional, con lo que la intención del docente de interactuar, algunas veces no obtuvo la respuesta esperada, limitada por prácticas institucionales, en algunos casos ritualizadas, que tienden a obstaculizar que la interacción se realice conforme a la intención de la investigadora.

Resultó lógico que con una guía y con una intervención en un tema de una materia no alcance para modificar lo que ya es tradición, sin embargo, no dejaría de ser un buen punto de partida.

Al considerar todos los ítems, en su conjunto, el alto porcentaje de respuestas, en las categorías siempre o casi siempre, permitió validar, desde el punto de vista de los estudiantes, la estrategia innovadora, concluyendo, a la vez, que estuvieron satisfechos y estimularon a incluir Actividades de Control a la totalidad de los temas que integran esta asignatura y acaso a otras.

3.2.3 La observación

Para evaluar el desarrollo de las clases prácticas con el nuevo material se aplicó la observación planificada, utilizando una guía de observación (dentro de lo que fuera posible observar) para complementar resultados obtenidos con otros instrumentos: desarrollo de las actividades; relaciones entre estudiantes-docentes y estudiantes-estudiantes; tipo de preguntas generadas a partir del material didáctico. Se pretendió conocer la realidad mediante la percepción directa de la acción de los estudiantes, docente, sus interacciones y otros fenómenos que tuvieron lugar en el aula. Las mismas fueron analizadas y clasificadas.

Algunos resultados fueron: los estudiantes escucharon con atención las sugerencias de los docentes; emplearon un tiempo importante hasta adquirir cierta práctica; los diferentes errores que presentaron las actividades, coincidieron con los errores que ellos mismos cometieron; las preguntas evidenciaron procesos de análisis, razonamiento y reflexión en el desarrollo de las tareas orientados por las preguntas, que a la vez, reformulaban los docentes; los estudiantes se posicionaron en un papel de evaluador de sus propias tareas; a medida que avanzaron las clases, se sumaron más alumnos interesados en la propuesta; resolvieron los problemas volviendo a la pregunta inicial y respondiendo en forma más completa y precisa; se animaron a preguntas que mostraron deficiencias serias en el manejo de conceptos importantes, y los docentes contribuyeron con orientaciones para la investigación en la bibliografía sugerida; los hábitos de trabajar mecánicamente fueron cambiando de

a poco, manifestándose en las preguntas de “por qué” se obtiene determinado resultado o se procede de determinada manera. Se establecieron verdaderas discusiones entre estudiantes donde cada uno proporcionó justificaciones más elaboradas en comparación con experiencias anteriores de los docentes; expresaron sus opiniones sin tener temor a cometer errores y sin la preocupación del juicio, que acerca de él, pudieran formarse sus compañeros y algunas veces el docente; la relación de los docentes-estudiantes fue mejorando a medida que avanzaron las clases y se animaron a expresar sus razonamientos ante los requerimientos del docente.

Del análisis de las notas de campo se concluyó que la propuesta de incorporar Actividades de Control, favoreció el interés y la motivación de los estudiantes durante el desarrollo de las clases, como también la relación entre los estudiantes, el intercambio de opiniones y finalmente el desarrollo del razonamiento y una mejor comprensión del tema.

4. Las Actividades

Para diseñar las actividades de aprendizaje y enseñanza fue necesario investigar los errores y dificultades que, con frecuencia, suelen presentar estudiantes durante el estudio de las Ecuaciones Diferenciales, con atención especial en la resolución de problemas. Con este objetivo se analizaron los protocolos de los exámenes de estudiantes de 4 años previos a esta investigación y se tuvieron en cuenta resultados de observaciones espontáneas no sistemáticas realizadas por docentes de la cátedra durante las clases prácticas de esos años. Se consideraron los ejercicios y/o problemas relacionados con el tema, se identificaron, analizaron y clasificaron los errores. Esto fue materia prima para la construcción de las actividades que se pretendía diseñar.

Las actividades de aprendizaje y enseñanza, fueron elaboradas con el propósito de ayudar a los estudiantes a desarrollar capacidades de control y fueron llamadas Actividades de Control. Son actividades metacognitivas cuyo principal objetivo es contribuir a que el estudiante reflexione, evalúe sus propios conocimientos, tome conciencia de lo que sabe o no sabe, desarrolle una actitud crítica respecto de su propia producción y la de otros, explique y justifique sus decisiones, ejercite el pensamiento reflexivo y el razonamiento lógico, se retroalimente a través del análisis de su propia práctica y consolide sus conocimientos sobre el tema Ecuaciones Diferenciales.

Las actividades diseñadas fueron clasificadas como:

- Actividades de Control de resultados
- Actividades de Control de procedimientos

4.1 Actividades de Control de resultados

Las *Actividades de Control* de resultados son problemas que incluyen distintas opciones de respuesta para seleccionar la correcta y explicar el procedimiento de control utilizado. Estas actividades requieren, en la mayoría de los casos, acciones distintas a obtener respuestas correctas, es decir, evaluar la respuesta de un problema es diferente a resolverlo y obtener su respuesta correcta, ya que controlar si una respuesta es la correcta implica, en general, un procedimiento diferente al de obtener una respuesta correcta. Esta afirmación resulta de la propia práctica, de la

experiencia, donde en distintas situaciones se puede corroborar si un resultado es correcto o no, sin resolverlo.

Ejemplos de Actividades de Control de resultados

La consigna de estas actividades es: “Determinar cuál/es de las soluciones son correctas, explicando los procedimientos utilizados para el control”.

Ejemplo 1: Las soluciones de la Ecuación Diferencial de Primer Orden:

$y = xy' + (y')^2$ son las siguientes funciones (encerrar en un círculo la/las respuestas correctas indicando tipo de solución):

i) $y = cx + c^2$

ii) $y = 0$

iii) $y = \frac{x^2}{4}$

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

Es deseable que el estudiante describa su procedimiento de control análogo a:

Soluciones correctas: i) (Solución general), ii) (solución particular) y iv) (solución singular).

Procedimiento de control: derivar y reemplazar cada función en la ecuación diferencial para comprobar si es solución (sin resolver la ecuación diferencial). Para indicar el tipo de solución: observar las funciones, si aparecen o no constantes arbitrarias para determinar si la solución es general o no. Si no aparecen constantes, verificar si se pueden obtener dichas funciones a partir de la solución general dando valores particulares a la constante; en caso contrario, la función será solución singular.

Ejemplo 2: El modelo matemático que representa el problema:

“Un tanque tiene 10 gal de agua salada con 2 lb de sal disueltas. Agua salada con 1,5 lb de sal por galón entra a 3 gal/min y la mezcla bien agitada sale a 4 gal/min” es el siguiente (encerrar en un círculo la/las respuestas correctas):

i)

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 4.5 - \frac{4x}{10-t} \\ x(0) = 2 \text{ lb} \end{cases}$$

ii)

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 4.5 - \frac{4x}{10+t} \\ x(0) = 2 \text{ lb} \end{cases}$$

iii)

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 4.5 - \frac{4x}{10} \\ x(0) = 2 \text{ lb} \end{cases}$$

Es deseable que el estudiante describa su procedimiento de control análogo a:

Solución: i) es la respuesta correcta.

Procedimiento de control: se trata de un problema de mezclas donde el volumen del tanque es variable, el caudal de entrada de concentración es menor que el de salida, lo cual implica que el tanque se está vaciando. Luego de plantear la Ecuación Diferencial correspondiente, se observan las condiciones dadas en el problema (se plantea el modelo). En este caso, como la variable es la cantidad de sal, que depende

del tiempo, se identifica en el problema la condición inicial que es la cantidad de sal que existe en el tanque en el tiempo $t = 0$.

4.2 Actividades de Control de procedimientos

Las *Actividades de Control de procedimientos* son problemas acompañados de su resolución, seleccionados de exámenes de estudiantes de años anteriores o especialmente diseñados, para identificar errores que cometen otros estudiantes y que bien podrían ser propios. Detectar errores a tiempo permite a los estudiantes encauzar el desarrollo de su tarea. Además de señalar errores, los estudiantes deben proponer la resolución correcta.

Realizar estas actividades implica no sólo resolver problemas sino que involucran acciones de análisis y evaluación para saber si una solución es correcta o no, acompañados de acciones destinadas al control del trabajo ajeno, es decir encontrar un error en una resolución y explicar cuál hubiera sido el procedimiento correcto. Esta es la riqueza de la propuesta, ya que se enfrenta al estudiante con actividades que avanzan en el desarrollo incipiente de la competencia llamada de control.

Ejemplos de Actividades de Control de procedimientos

La consigna de estas actividades es: “Controlar si el desarrollo de los ejercicios y/o problemas propuestos es correcto; en caso de que no lo sean, revisar el procedimiento utilizado, señalar el o los errores cometidos, y proponer la solución correcta. Si existiera un procedimiento alternativo más fácil, o más directo para resolver alguna parte del problema, indicarlo”.

Ejemplo 1: Determinar si el teorema de existencia y unicidad se aplica en el siguiente problema de valor inicial. Analizar la existencia, y una vez establecida, analizar la unicidad.

$$\begin{cases} y' = \sqrt{x - y} \\ y(2) = 2 \end{cases}$$

Resolución propuesta para control del procedimiento: La función $f(x, y) = \sqrt{x - y}$ es continua $\forall (x, y)/y \leq x$

Como $(2, 2) \in \text{Dom}f$, el teorema garantiza la existencia de al menos una solución definida en un intervalo que contiene al punto $x_0 = 2$.

$\frac{\partial f}{\partial y} = \frac{-1}{2\sqrt{x-y}}$ es continua $\forall (x, y)/(x - y) > 0$. Como $(2, 2) \notin \text{Dom}f$ el teorema no garantiza la unicidad de soluciones.

Es deseable que el estudiante describa su procedimiento de control análogo a:

Solución: El desarrollo no es correcto. Se encuentra un error cuando expresa “como $(2, 2) \in \text{Dom}f$, el teorema garantiza la existencia de al menos una solución en un intervalo que contiene al punto $x_0 = 2$ ”.

Procedimiento de control: el teorema establece la existencia de al menos un rectángulo con centro en el punto para el cual la función es continua en todos los

puntos interiores a él. En este caso, no es posible construir algún rectángulo con centro en dicho punto, para los cuales la función sea continua en sus puntos interiores, el teorema no puede aplicarse. Por lo tanto, el problema puede o no tener solución.

Presentación de la solución correcta: la función $f(x, y) = \sqrt{x - y}$ es continua $\forall (x, y)/y \leq x$. Como la condición inicial $(2, 2) \in \text{Dom}f$ pero se encuentra en la frontera de dicho dominio, no es posible construir un rectángulo (del que habla el teorema), en el cual la función sea continua en todos sus puntos interiores. Por lo tanto, no se cumplen las condiciones suficientes que exige el teorema para garantizar la existencia de soluciones. El teorema no es aplicable, esto quiere decir, que no se puede asegurar que el problema de valor inicial tenga al menos una solución.

Ejemplo 2: Si una barra metálica pequeña, cuya temperatura inicial es de 20°C , se deja caer en un recipiente con agua hirviente, ¿cuánto tiempo tardará en alcanzar 90°C si se sabe que su temperatura aumentó 2°C en un segundo? ¿Cuánto tiempo tardará en llegar a 98°C ?

Resolución propuesta para control del procedimiento (es el desarrollo de un problema realizado por un estudiante):

$$\begin{aligned} \frac{dT}{T - T_m} &= k dt & t_{\text{amb}} &= 100^\circ\text{C} \\ T - T_m & & t_i &= 20^\circ\text{C} \\ n(T - T_m) &= k t & t &= 22^\circ\text{C en 2 seg} \\ T &= T_m + C e^{kt} \\ T(t) &= 100 + C e^{kt} \\ 20^\circ &= 100 + C \Rightarrow C = -80^\circ \\ 22^\circ &= 100 - 80 e^{kt} \\ \ln(0,975) &= 2k \\ \frac{-0,02}{2} &= k = -0,01 \\ T(t) &= 100 - 80 e^{-0,01t} \\ \ln\left(\frac{90^\circ - 100^\circ}{-80^\circ}\right) &= -0,01t \Rightarrow t = 207 \text{ seg} && \text{tarda en alcanzar } 90^\circ\text{C} \\ \ln\left(\frac{98^\circ - 100^\circ}{-80^\circ}\right) &= -0,01t \Rightarrow t = 368 \text{ seg} && \text{tarda en llegar a } 98^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Es deseable que el estudiante describa su procedimiento de control análogo a:

Solución: el desarrollo no es correcto, tiene error en la interpretación de los datos, por lo que el planteo llevará a resultados incorrectos aún cuando el procedimiento de resolver una ecuación diferencial con condiciones iniciales sea el adecuado.

5.1 Validación del diseño de las Actividades de Control. Implementación

Diseñado el conjunto de actividades, se analizó que el mismo cumpliera con cada uno de los criterios derivados de la fundamentación teórica y fue sometido a consideración de pares, expertos en el tema, en la Unidad Académica donde se realizó la investigación; sus opiniones fueron atendidas por los años de experiencia docente, competencia, capacidad de análisis, espíritu crítico.

Para la puesta en práctica de estas actividades se elaboró un material didáctico conformado por ejercicios y problemas tradicionales y las Actividades de Control integradas de forma intercalada criteriosamente para que cada estudiante pueda chequear, en distintos momentos del desarrollo del tema, sus conocimientos a lo largo del proceso de aprendizaje.

La experiencia implicó el manejo, por parte de los estudiantes, de este material didáctico para trabajar en forma individual o en equipo guiados por los docentes. Esta implementación involucró 4 clases de 2 horas cada una. Los estudiantes recibieron sugerencias para trabajar con las actividades.

7. Conclusiones

Con los resultados de las postpruebas se dedujo que la propuesta innovadora (incluir Actividades de Control) contribuiría a mejorar la calidad del aprendizaje de los estudiantes. Con los resultados de la encuesta se pudo validar la estrategia innovadora desde el punto de vista de los estudiantes, ya que se mostraron satisfechos y estimularon a incluir este tipo de actividades en otros temas de la asignatura. Las notas de campo de las observaciones permitieron concluir que las Actividades de Control favorecieron la motivación de los estudiantes durante las clases, la relación entre los estudiantes y el desarrollo del razonamiento y una mejor comprensión del tema (sería otra evidencia a favor Hipótesis de Investigación).

La información de las fuentes utilizadas (postprueba, encuesta, observación) permitió analizar otras dimensiones de la variable Calidad del Aprendizaje no consideradas al comenzar esta investigación, son dimensiones que se corresponden con los criterios derivados del marco teórico. De esta investigación surgió el siguiente sistema de dimensiones de análisis:

Variable dependiente	Dimensión	
Calidad del aprendizaje	- Grado de corrección - Grado de reflexión	Evaluadas mediante actividades del examen parcial en los dos grupos (control y experimental)
	- Comprensión - Control y comunicación - Metacognición - Estrategias de control - Utilidad del control	Evaluadas mediante encuesta a los estudiantes del grupo experimental
	- Desarrollo de las actividades - Relación estudiante- estudiante y estudiante-docente - Actividades de Control	Evaluadas mediante la observación docente

Tabla 3. Dimensiones de análisis de la variable Calidad del Aprendizaje

Finalmente, el diseño metodológico resultó satisfactorio para cubrir el objetivo de esta investigación teniendo en cuenta las limitaciones del contexto. En esta experiencia, que podría considerarse un pilotaje, la participación de los estudiantes estuvo limitada por la no obligatoriedad a las clases (por normas de la Institución), lo que impidió elegir un diseño experimental apropiado para obtener resultados más robustos. Dadas estas limitaciones institucionales, esta investigación tampoco pudo extenderse en un período largo de tiempo, solo se analizaron, en este caso, los cambios de la variable Calidad del Aprendizaje en dos puntos diferentes del tiempo,

con dos grupos de estudiantes, obteniéndose resultados que estimulan a ampliar su alcance. Esta es una de las cuestiones que han quedado abiertas a bordar y que darán origen a nuevos trabajos de investigación; otra cuestión de abordaje futuro es rediseñar la estrategia atendiendo las nuevas prácticas innovadoras de enseñanza de la Matemática, por ejemplo el uso de la tecnología para que los estudiantes puedan resolver problemas y otras actividades que le permitan controlar de manera autónoma resultados y procedimientos, y en función de de eso, ajustar, modificar, reforzar, justificar, etc., en definitiva, regular su proceder. (Schoenfeld, 1992; Olivares et al., 2020).

8. Referencias bibliográficas

- Abou-Hayt, M., Dahl, B. y Rump, C. (2019). Integrar los métodos de modelado matemático y diseño de ingeniería en proyectos. En UT Jankvist, M. Van den Heuvel-Panhuizen y M. Veldhuis (Eds.) Actas del undécimo congreso de la Sociedad Europea para la Investigación en Educación Matemática 4729–4736. Utrecht, Países Bajos: Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Universidad de Utrecht y ERME. <https://doi.org/10.1007/s40753-021-00139-8>
- Burkhardt, H. y Schoenfeld, A. (2019). Formative Assessment in Mathematics from: *Handbook of Formative Assessment in the Disciplines* Routledge. <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9781315166933-3>
- Busab, S. (2004). Diseño de Actividades Superadoras del Modelo de Transmisión – Recepción en la Enseñanza del Cálculo para Ingeniería. Tesis de Magister no publicada. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Campbell, T., Boyle, J. y King, S. (2020). Proof and argumentation in K-12 mathematics: a review of conceptions, content, and support. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(5), 754-774. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1626503>
- Camilloni, A., Celman, S., Litwin, E. y Palou, M. (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Buenos Aires: Ed. Paidós.
- Carretero M. (2001). Metacognición y educación. Buenos Aires: Aique.
- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2014). Documentos de CONFEDI. Competencias en Ingeniería.
- Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (2017). Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería. <https://confedi.org.ar/wp-content/uploads/2021/07/MARCO1.pdf>
- Córdoba, D. y Marroquín, H. M. (2018). Mejoramiento del rendimiento académico con la aplicación de estrategias metacognitivas para el aprendizaje significativo. *Revista UNIMAR*, 36(1), 15-30. <https://doi.org/10.31948/unimar.36-1.1>
- Fernández Da Lama, R. G. (2020). Metacognición en el ámbito educativo: una revisión teórica sobre su conceptualización y modelos existentes. XII Congreso Internacional de Investigación y Práctica Profesional en Psicología. XXVII Jornadas de Investigación. XVI Encuentro de Investigadores en Psicología del MERCOSUR. Facultad de Psicología - Universidad de Buenos Aires. <https://www.aacademica.org/000-007/792>
- Flavell, J.H. (1993). *El desarrollo cognitivo*. Madrid: Visor.
- Gijsbers, D., Putter-Smits, L., & Pepin, B. (2020) Changing students' beliefs about the relevance of mathematics in an advanced secondary mathematics class. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(1), 87-102.

- Godino, J., Batanero, C. y Font, V. (2004). Fundamentos de la enseñanza y aprendizaje de la Matemática para maestros. En Juan Godino (Ed.), *Didáctica de la Matemática para Maestros*, 5-154. España: Universidad de Granada. <https://www.redalyc.org/journal/447/44759854006/html/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ª Edición). Editorial Mc Graw-Hill.
- Juárez, A. y Anchorena, S. (2006). Educación Matemática y el Desarrollo de Competencias Laborales. *Revista Novedades Educativas* 18 (182), 42-47.
- Lane, C., Stynes, M. y O'Donoghue, J. (2016) Post-primary students' images of mathematics: findings from a survey of Irish ordinary level mathematics students. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 47(7), 1009-1027. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2016.1170899>
- Mancera Martínez, E. (2015). *Errar es un placer: El uso de los errores para el desarrollo del pensamiento matemático* (2a. ed.). México: 3D Editorial.
- Monarrez, A. y Tchoshanov, M. (2020). Unpacking teacher challenges in understanding and implementing cognitively demanding tasks in secondary school mathematics classrooms. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1857860>
- Olivares, D., Lupiáñez, J. y Segovia, I. (2020). Roles and characteristics of problem solving in the mathematics curriculum: a review. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(7), 1079-1096. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1738579>
- Pepín, B., Biehler, R. y Gueudet, G. (2021). Matemáticas en la enseñanza de la ingeniería: una revisión de la literatura reciente con miras a prácticas innovadoras. *En t. Res. J. licenciatura Matemáticas. ed. 7*, 163–188. <https://doi.org/10.1007/s40753-021-00139-8>
- Pozo, J. I. (2006). *Teorías Cognitivas del Aprendizaje* (9ª ed.). Madrid: Ediciones Morata, S. L.
- Prendergast, M., Breen, C., Bray, A., Faulkner, F., Carroll, B., Dominic, Q. y Michael, C. (2018). Investigating secondary students beliefs about mathematical problem-solving. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(8), 1203-1218. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2018.1440325>
- Rico L., (1998). Errores y dificultades en el aprendizaje de las Matemáticas. En J. Kilpatrick, P. Gomez y L. Rico (Eds.) *Educación Matemática*, 3, 69-108. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Schoenfeld, A. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. A. Grows (ED.) *Handbook for Research on Mathematics Teaching and Learning*, New York: MacMillan.
- Schunk, D. (2012). *Teorías de aprendizaje*. Pearson: México.
- Siegel, S. y Castellan, N. (1995). *Estadística no paramétrica, Aplicada a la ciencia de la conducta*. México: Trillas.
- Walpole, R. y Meyers, R. (2005). *Probabilidad y Estadística* (4ª Edición). Editorial McGraw Hill. México.

Juárez, Ana Mabel

Magister en la Enseñanza de la Matemática en el Nivel Superior (Modalidad Ingeniería) y Especialista en Investigación Educativa por la Facultad Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) y Licenciado en Matemática por la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (UNT). En la actualidad es Profesor Adjunto con dedicación exclusiva e investigadora del Departamento de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Argentina
e-mail: mjuarez@fio.unicen.edu.ar ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-3966-9089>

Laplace, Estefanía

Doctoranda del Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, mención Matemática y Profesora de Matemática por la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA. En la actualidad Jefe de Trabajos Prácticos con dedicación exclusiva e investigadora del Departamento de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA. elaplace@fio.unicen.edu.ar
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9377-7369>

Adriana Sequeira

Doctoranda del Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, mención Matemática y Licenciada en Ciencias Matemáticas por la Facultad de Ciencias Exactas de la UNCPBA. En la actualidad Profesora Adjunta con dedicación exclusiva e investigadora del Departamento de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNCPBA. adriana.sequeira@fio.unicen.edu.ar ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3382-9387>

Bettina Bravo

Profesora de Física y Química y Especialista en Enseñanza de las Ciencias Experimentales por la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) y Dra. por la Universidad Autónoma de Madrid. Actualmente, es Profesor Adjunto con dedicación exclusiva de la Facultad de Ingeniería (UNCPBA) e Investigadora Adjunta del CONICET. Dirige Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica (financiado por la Agencia nacional de promoción de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación y el CONICET), de Investigación, Desarrollo e Innovación (financiado por la FIO) y el proyecto de Extensión universitaria IpACT "Innovación para la Alfabetización Científico Tecnológica". bbravo@fio.unicen.edu.ar
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3941-0547>