



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ingeniería
Maestría en Didáctica de las Ciencias
(Matemáticas)



**Procesos de cognición en modelizaciones matemáticas desarrolladas
bajo interfaz programada en C# App-Inventor para web y plataformas
x64.**

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener grado de
Maestro en Didáctica de las Ciencias (Matemáticas)

Presenta

Ignacio Mejía Ugalde

Dirigido por:

Dr. Jesús Eduardo Hinojos Ramos

Sinodales

Dr. Jesús Eduardo Hinojos Ramos

Presidente

Dra. Diana del Carmen Torres Corrales

Secretario

MDM. Cecilia Hernández Garcíadiego

Vocal

Dra. Lilia Patricia Aké Tec

Sinodal

M. en C. Luisa Ramírez Granados

Sinodal

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
octubre 2024
México

La presente obra está bajo la licencia:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CC BY-NC-ND 4.0 DEED

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas](#) que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Avisos:

No tiene que cumplir con la licencia para elementos del material en el dominio público o cuando su uso esté permitido por una [excepción o limitación](#) aplicable.

No se dan garantías. La licencia podría no darle todos los permisos que necesita para el uso que tenga previsto. Por ejemplo, otros derechos como [publicidad, privacidad, o derechos morales](#) pueden limitar la forma en que utilice el material.

RESUMEN

El presente estudio tiene como propósito determinar los procesos de cognición desarrollados por estudiantes de educación superior e Ingeniería mediante los métodos constructivos del modelado matemático dinámico en el ámbito de la metacognición para la generación de estrategias de conocimiento que proporcionen rutas formativas a los estudiantes y enriquezcan su conocimiento en la resolución de problemas reales. Para esto se diseña e implementa una interfaz de usuario (*software*) e infraestructura-experimental (*Interfaz-Simulink-Tarjeta-de-Control*) programada en lenguaje C-Sharp (C#) App-Inventor recargable vía web en línea o instalable en plataformas x64 en PC, para la creación de tres secuencias didácticas con tópicos de la enseñanza de las ciencias exactas, cuyo propósito consistió en determinar habilidades del pensamiento abstracto lógico (HPAL) desarrolladas bajo el dominio de la teoría APOE (*Acción, Proceso, Objeto y Esquema*) integrando los elementos como: el análisis teórico, el diseño e implementación de secuencias, así como el análisis y verificación de datos mediante la creación de la Guía de Observación, Cuestionario y Lista de Cotejo para las categorías Actitudinal (A), Conceptual (C) y Procedimental (P) respectivamente. Este estudio nos permitió registrar e identificar cada habilidad del pensamiento desarrollada por cada modalidad empleada donde el análisis, la interpretación, así como la argumentación expuesta por los estudiantes fue de vital importancia para realizar un aporte significativo a la Matemática Educativa.

Palabras clave: HPAL, Plataforma-Educativa, Interfaz-Usuario, Modelización-Matemática, Secuencia-Didáctica.

SUMMARY

The purpose of this study is to determine the cognition processes developed by higher education and engineering students through the constructive methods of dynamic mathematical modeling in the field of metacognition for the generation of knowledge strategies that provide training routes to students and enrich their knowledge in solving real problems. For this, a user interface (*software*) and experimental-infrastructure (*Simulink-Interface-Control-Card*) programmed in C-Sharp language (C#) is designed and implemented. App-Inventor rechargeable via online web or installable on x64 platforms on PC, for the creation of three didactic sequences with topics of teaching exact sciences, whose purpose was to determine abstract logical thinking skills (HPAL) developed under the domain of APOE theory (*Action, Process, Object and Scheme*). integrating elements such as: theoretical analysis, the design and implementation of sequences, as well as the analysis and verification of data through the creation of the Observation Guide, Questionnaire and Checklist for the Attitudinal (A), Conceptual (C) categories. and Procedural (P) respectively. This study allowed us to record and identify each thinking skill developed by each modality used where the analysis, interpretation, as well as the argumentation presented by the students was of vital importance to make a significant contribution to Educational Mathematics.

Key Words: HPAL, Educational-Platform, User-Interface, Mathematical-Modeling, Didactic-Sequence.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas aquellas personas que contribuyeron en la realización de la presente tesis en especial a mi director de tesis, el Dr. Jesús Eduardo Hinojos Ramos por su compromiso permanente, su dedicación y constancia, para la realización de la tesis. Gracias Doctor por cada uno de sus acertados consejos brindados en cada momento de la realización de este proyecto. También quiero extender los agradecimientos a mis asesores: Dra. Diana del Carmen Torres Corrales, MDM. Cecilia Hernández Garciadiego, Dra. Lilia Patricia Aké Tec, y M en C Luisa Ramírez Granados, por todo su apoyo valiosos brindando en la mejora constante de la calidad en este proyecto de tesis. A mis profesores de la Maestría en Didácticas de las Ciencias, porque de ellos he recibido mi preparación en la Universidad. A la UAQ por haberme permitido llevar a cabo mis estudios de posgrado y a todos y cada uno de los estudiantes voluntarios que se integraron y formaron parte del proyecto. A mis compañeros de posgrado por su apoyo durante todos estos años de estudio.

¡Gracias!

DEDICATORIA

A toda mi familia, en especial al Dr. Mario Mejía Ugalde y a Lic. María del Rocío Mendoza Tovar, por cada idea, punto de vista y comentario durante la realización del proyecto, también agradezco a Dios, porque de Él he recibido la fe para continuar.

¡Gracias!

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	10
2. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2.1 ANTECEDENTES.....	12
2.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
2.3 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	15
2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS	16
3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	18
3.1 LAS HABILIDADES DEL PENSAMIENTO ABSTRACTO LÓGICO (<i>HPAL</i>)	18
3.2 FUNDAMENTOS DE LA TEORÍA APOE (ACCIÓN, PROCESO, OBJETO Y ESQUEMA)	18
3.3 MODELOS DE ANÁLISIS DE SISTEMAS	19
3.4 MODELACIÓN MATEMÁTICA.....	20
4. METODOLOGÍA Y MÉTODOS	22
4.1 GESTIÓN DE PERMISOS	23
4.2 CATEGORIZACIÓN DE DATOS	24
4.3 DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PREPARACIÓN DE DATOS:.....	24
4.3.1 <i>Herramientas utilizadas para la toma de datos</i>	25
4.3.2 <i>Instrumento #1 La guía de observación</i>	26
4.3.3 <i>Instrumento #2 La lista de cotejo</i>	27
4.3.4 <i>Instrumento #3 El cuestionario</i>	27
5. DISEÑO DE UNA INTERFAZ DE USUARIO (SOFTWARE).....	29
5.1 <i>DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA EXPERIMENTAL</i>	29
5.2 <i>DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE LA INTERFAZ DE USUARIO</i>	29
5.3 <i>COMUNICACIÓN ENTRE EL ORDENADOR Y PERIFÉRICOS</i>	30
5.4 <i>CONFIGURACIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE</i>	31
5.5 <i>LA COMUNICACIÓN VÍA USB CON LA INTERFAZ DE USUARIO</i>	32
6. DISEÑO DE ACTIVIDADES Y CONSTRUCCIÓN DE SECUENCIAS	34
6.1 <i>CONSTRUCCIÓN DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS EN LA INTERFAZ</i>	34
6.2 <i>PROGRAMACIÓN DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS EN LA INTERFAZ DE USUARIO (SOFTWARE)</i>	36
6.3 <i>IMPLEMENTACIÓN DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS CON ESTUDIANTES</i>	37

6.4	<i>RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LA MODELIZACIÓN MATEMÁTICA</i>	42
6.5	<i>EXPERIENCIAS DE ENSEÑANZA CON LA INTERFAZ DE USUARIO (SOFTWARE)</i>	44
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
8.	CONCLUSIONES Y PROSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN	56
8.1	<i>CONCLUSIONES SOBRE EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	56
8.2	<i>CONCLUSIONES SOBRE EL ESTUDIO Y LOS APORTES A LA MATEMÁTICA EDUCATIVA.</i>	59
9.	REFERENCIAS	62
10.	APÉNDICE	66
11.	ANEXOS	69
11.1	<i>ANEXO 1. PRIMERA SECUENCIA DIDÁCTICA</i>	69
11.2	<i>ANEXO 2. SEGUNDA SECUENCIA DIDÁCTICA</i>	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Interfaz de Usuario (software) en comunicación vía USB a dispositivos periféricos y tarjetas de control.	31
Figura 2. Bloques de entradas analógicas y salidas digitales para modelar en interfaz.	31
Figura 3. Componentes de la Plataforma.	32
Figura 4. Tarjeta arduino Nano con procesador 228P.	32
Figura 5. Aplicación del uso del circuito RLC.	33
Figura 6. Modelado y experimentación de circuitos eléctricos en el dominio del tiempo mediante bloques en Simulink de Matlab.	33
Figura 7. Bloques de la secuencia de flujo para una modelización matemática.	35
Figura 8. Circuito Eléctrico de segundo orden, tipo RLC.	36
Figura 9. Tarjeta Arduino Nano con procesador 328P.	37
Figura 10. Inducción y preparación para la realización de secuencias didácticas.	38
Figura 11. Introducción y manejo de modelizaciones matemática de circuitos eléctricos mediante software y hardware.	39
Figura 12. Modelación de la función de transferencia y análisis de resultados.	39
Figura 13. Comunicación bidireccional entre software y hardware (Interfaz-Simulink-Tarjeta-de-Control).	40
Figura 14. Modelado del comportamiento de la función de corriente $i(t)$, de un circuito eléctrico RL.	41
Figura 15. Diseño de circuitos eléctricos (Interfaz-Simulink-Tarjeta-de-Control).	42

Figura 16. Circuito Eléctrico de segundo orden, tipo RLC.	42
Figura 17. Respuesta de modelización de circuito eléctrico de segundo orden RLC en el dominio del tiempo ante un escalón unitario de uno lógico (5 Vcc).	44
Figura 18. Justificación y pruebas de validación de la plataforma.	46
Figura 19. Modalidad RMI y RILP con respecto a la Solución del Modelado Propuesto (SMP) para la categoría Actitudinal.	50
Figura 20. Modalidad RMI y RILP con respecto a la Solución del Modelado Propuesto (SMP) para la categoría Conceptual (C) respecto a la abstracción del estudiante.	51
Figura 21. Modalidad RMI y RILP con respecto a la Solución del Modelado Propuesto (SMP) para la categoría Conceptual (C) respecto a la interpretación del estudiante.	52
Figura 22. Comparativo de la Fase de Diseño (FD) y la Fase de Implementación (FI) ante un Sistema Real Desglosado (SRD) mediante la Resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP) e Interfaz.	53
Figura 23. Circuito Eléctrico de Segundo Orden, tipo RLC.	69
Figura 24. Circuito Eléctrico de Primer Orden, tipo RL.	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 4.1 Tipo de variables de acuerdo con su naturaleza.	24
Tabla 4.2 Instrumentos para la toma de datos (Sánchez et al., 2021).	25
Tabla 4.3 Rubrica de la guía de observación en formato de secuencia didáctica empleando las habilidades del pensamiento abstracto lógico (HPAL).	26
Tabla 4.4 Rubrica de evaluación mediante la interfaz de usuario (software).	28
Tabla 7.1 Modalidades registradas bajo ítems en la organización de datos.	48
Tabla 7.2. <i>Categoría Actitudinal (A): Para la Guía de Observación.</i>	49
Tabla 7.3. <i>Categoría Conceptual (C): Para el Cuestionario.</i>	50
Tabla 7.4. <i>Categoría Procedimental (P): Para la Lista de Cotejo.</i>	53
Tabla 10.1 Abreviaturas empleadas.....	66

1. INTRODUCCIÓN

Con el uso de la tecnología y los avances en software, el mundo entero a través de servidores certificados de red provee información acerca de educación e infraestructura (Xu et al., 2020). De acuerdo con los trabajos de Lee y Sim (2021), el desarrollo y el diseño de aplicaciones en móviles y ordenadores para la educación de las ciencias exactas ofrece oportunidades de enseñanza y aprendizaje adaptables a los requisitos pedagógicos que les permite a los estudiantes analizar e interpretar secuencias lógicas y didácticas. El aprendizaje mediante modelizaciones matemáticas facilita su análisis, aumentando la comprensión para estimar el comportamiento de un sistema real dentro de una investigación permitiendo elegir diferentes alternativas de diseño incluso la evolución de un sistema de modelos trascendentes en función de un periodo de tiempo (Chenjie, 2011; Cosmin, 2017; Widiharih, 2021; Dijkstra & Henseler, 2021; Ren et al., 2021).

El aprendizaje mediante modelizaciones matemáticas no solo se adecua al entendimiento y evolución de un sistema real, sino que también posibilita la investigación enfocada en los procesos y teorías cognitivas sobre el pensamiento abstracto lógico (Bueno-Hernández et al., 2020; Dijkstra et al., 2021; Ren et al., 2021). Haciendo mención en la investigación de Jaramillo-Naranjo y Peña (2016) sobre el análisis teórico y pensamiento abstracto lógico, enfocándose en el desarrollo de las habilidades como la construcción y reconstrucción del conocimiento en el ámbito del aprendizaje realizando caracterizaciones en los procesos cognitivos mencionando la relevancia desde la práctica docente. Así en casos especiales como el del modelado del conocimiento disciplinar de circuitos eléctricos (CDCE) a partir de modelizaciones matemáticas (MM) realizadas en secuencias didácticas cimentada en concepciones de modelaciones y procesos de modelación dinámica (Bravo y Rodríguez, 2020).

Por un lado, [Sansolis y Leonoras \(2021\)](#) estudiaron las habilidades que desarrollan estudiantes con el empleo de tecnologías de Información (TI) en sus programas educativos enfocados en el aprendizaje de modelizaciones, encontrando por lo menos 15 diferencias significativas en habilidades desarrolladas. Algo muy similar como en los estudios de [Ejiyi et al. \(2021\)](#) en el diseño de aplicaciones en beneficio de los estudiantes para mejorar los procesos de aprendizaje y de planificación escolar, con el fin de comparar dichas Apps con las aplicaciones comerciales. Incluyendo los trabajos de [Akmar et al. \(2021\)](#) y de [Bakar et al. \(2021\)](#) puestos en marcha en la generación de interfaces útiles y flexibles para el desarrollo de habilidades en los procesos de aprendizaje en campos de la ciencia y la tecnología como ingeniería de modelado matemático.

Considerando también las técnicas de algunas investigaciones como [Gómez \(2014\)](#) donde para determinar la representación gráfica de las armónicas de tensión y corriente emplean el modelado de la función entre los datos originales y el valor teórico obtenido a través de la función no-lineal considerada ([Fiallos, 2021](#)). En lo relacionado con las medidas de tensión y de corriente mediante un modelado matemático como lo hacen [Bocanegra et al. \(2020\)](#), donde los modelos matemáticos de solución de circuitos eléctricos básicos como lo es el circuito RLC (Resistor, Inductor y Capacitor), en sus diseños se emplee métodos y leyes de la física moderna en la modelización de un circuito equivalente, de programación no lineal en sistemas no lineales para la estimación de parámetros en el dominio de la transformada de Laplace.

2. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

De acuerdo con Lyon y Magaña (2020) consideran al aprendizaje del modelado matemático como una herramienta de instrucción importante para la educación en estudiantes de ingeniería y aulas de pregrado, resaltando la infinidad de formatos en las actividades que se pueden llevar a cabo la modelación matemática.

Hidayat et al. (2018) realizaron un análisis sobre los roles de la metacognición y de los logros obtenidos mediante el uso de modelaciones matemáticas aplicado a 538 estudiantes entre 18 y 22 años del programa de educación matemática, de los cuales 483 (89,8%) son hombres. El estudio tuvo una duración de dos meses con un lapso de prueba de 45 a 60 minutos por sesión, siguiendo un diseño de investigación correlacional de forma cualitativa. Como instrumento de recolección de datos usaron cuestionarios con 22 reactivos en la prueba de modelados matemáticos, con el objetivo de investigar y medir el grado de relación que existe entre las competencias del modelado matemático y las metas de logro de la metacognición, que para evitar pérdida de datos y de información, analizaron los datos mediante los programas Social Sciences 23.0 y AMOS 18.0. Los resultados mostraron que los logros en la metacognición, incluyendo la conciencia, la planificación, la estrategia cognitiva y la autoevaluación influyen positivamente en las competencias del análisis, comprensión y entendimiento del modelado matemático por los estudiantes.

Los trabajos de Mentzer et al. (2014), enfocados en la forma y manera de cómo modelan y se involucran los estudiantes de ingeniería cuando se les presenta un problema de diseño para su modelado matemático en contextos de comprensión de las ciencias y la tecnología. El diseño de su marco teórico contempla ocho habilidades del pensamiento humano, entre ellas abarca las habilidades del pensamiento abstracto lógico (HPAL). En su estudio se emplea entrevistas y encuestas como instrumentos para la

recolección de datos en una investigación de tipo mixta (*datos cualitativos y cuantitativos*) con una muestra de 20 estudiantes de ingeniería en Estados Unidos. Para el modelado o creación del diseño, aplicó secuencias con una duración de 3 horas. Como resultados los autores mostraron datos referentes a la metacognición enfocada en las competencias básicas y representaciones matemáticas que desarrollan los estudiantes, concluyendo que el modelado matemático predictivo es esencial para el diseño de secuencias relacionados en campos de las Ciencias e Ingeniería.

Por ende, de acuerdo con [Lu y Kaiser \(2022\)](#), en sus trabajos realizados acerca del modelado matemático basado en las habilidades que desarrollan los estudiantes en la resolución de problemas. Los autores utilizan herramientas matemáticas aplicando competencias básicas en el currículo matemático chino, donde el objetivo fue investigar la posibilidad de combinar la creatividad y el modelado matemático para promover el desarrollo de habilidades del siglo XXI en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Participaron 71 estudiantes de educación media superior, 50 futuros profesores de matemáticas y 66 profesores de matemáticas en servicio. Los resultados del estudio indican la importancia de una correlación significativa entre las competencias de modelado y los aspectos de creatividad, que para estos resultados los autores realizan recomendaciones referentes a algunas limitaciones en sus trabajos, dejando el espacio para estudios que utilicen una mayor variedad de tareas de modelado que puedan corroborar, ampliar y potenciar los resultados obtenidos.

El innovar en investigaciones que utilizan modelados haciendo uso de las tecnologías que puedan corroborar, ampliar y potencializar las capacidades, destrezas y habilidades para que los estudiantes desarrollen y estimulen un aprendizaje significativo, todo esto permite describir las técnicas, dificultades y limitaciones metodológicas en el área de la docencia.

Dado lo anterior, en este trabajo se plantea el objetivo de determinar los procesos de cognición que pueden desarrollar estudiantes de educación superior mediante modelizaciones matemáticas conforme a la teoría HPAL bajo la creación de una infraestructura experimental en la modelación de circuitos eléctricos a través del desarrollo de una interfaz programada en lenguaje C# (*C Sharp*), enfocada en el diseño

y desarrollo de modelizaciones matemática contenidas dentro de secuencias didácticas, con enfoque en la construcción y reconstrucción del conocimiento para la resolución de problemas y aplicaciones de la vida real.

Así mismo para lograr el objetivo principal, se proponen las siguientes preguntas guía para el desarrollo de la investigación. (1) ¿Cómo evoluciona el conocimiento a partir de modelizaciones matemáticas en el aprendizaje de circuitos eléctricos desde una perspectiva de linealización a lo largo de una secuencia didáctica en una interfaz de usuario software? y (2) ¿Cuáles son los efectos que tendrá la interfaz de usuario software en los procesos de aprendizaje, empleando los métodos constructivos de modelización en sistemas eléctricos no lineales de segundo orden desde una perspectiva de linealización?

2.2 Problema de investigación

En la actualidad en el ámbito de la docencia la planeación didáctica de diseño e impartición de una clase por parte del docente se efectúa en varias modalidades que van desde: a) una clase presencial frente al grupo, b) una clase virtual, c) una clase semipresencial (mixta). En todas estas modalidades la estrategia del docente se enfoca en el empleo algún software con alguna aplicación para promover la participación y el aprendizaje de los estudiantes en clase.

En la mayoría de los casos, la clase se desarrolla de manera clara y entendible por parte del alumno, sin embargo, las dudas y los cuestionamientos surgen a la hora de efectuar prácticas y actividades. Aunado a esto y debido a la diversidad de contenidos didácticos en los que se instruye a los estudiantes en los primeros semestres de educación superior e Ingeniería, en específico al realizar prácticas de circuitos eléctricos o de control, que en muchas ocasiones el material eléctrico y de simulación es limitado, dejando en espera la realización de prácticas solo en laboratorio.

Por consiguiente, se requiere la creación de infraestructura experimental mediante la construcción de plataformas de bajo costo, útiles y prácticas que permitan a estudiantes de educación superior e ingeniería la de no solo crear e implementar experimentos de modelizaciones en secuencias didácticas, sino también realizar contribuciones al

desarrollo de habilidades del pensamiento y de la metacognición generando aportes significativos a los modelos de enseñanza aprendizaje y a la matemática educativa.

2.3 Hipótesis y objetivos

Hipótesis:

Los estudiantes de Ingeniería desarrollan una comprensión más robusta de los conceptos de modelados matemáticos mediante el uso de la interfaz diseñada en comparación con una enseñanza tradicional.

Objetivo General:

Determinar los procesos de cognición que pueden desarrollar estudiantes de Educación Superior e Ingeniería para definir un proceso de intervención mediante modelizaciones matemáticas desarrolladas en interfaz bajo la teoría HPAL programada en C# App-Inventor para web en línea y plataformas x64 en PC.

Objetivos específicos:

- OBJ 1.** Diseñar los instrumentos de análisis y recolección de datos para determinar los procesos de cognición desarrollados por estudiantes de educación superior mediante modelizaciones matemáticas que permita validar la funcionalidad de las secuencias didácticas a la hora de emplear la interfaz de usuario (software), mediante una base de datos.
- OBJ 2.** Diseñar una interfaz de usuario (*software*) para web Móvil y plataformas x64-PC, instalable en línea y fuera de línea, aplicable sobre tópicos de la enseñanza-aprendizaje.
- OBJ 3.** Diseñar la arquitectura que ajuste a la interfaz, en lenguaje C# (C Sharp) para compilar la interfaz en .NET Framework SDK (*offline con Kit de Desarrollo de Software*) y en ASP.NET (*Paquetes de Servicios Activos, online*) bajo el entorno de Visual.
- OBJ 4.** Crear los entornos en la interfaz (*texturas, vistas, texto y gráficos*) compatibles para plataformas en Windows y Web.

- OBJ 5.** Programar secuencias didácticas para la modelización de circuitos eléctricos enfocadas al aprendizaje bajo la teoría HPAL para una interfaz y por el método tradicional (secuencia a emplear “*Procesos de cognición que pueden desarrollar estudiantes de educación superior mediante el modelado de circuitos eléctricos de 1er y 2do orden desde una perspectiva de linealización MDL*”).
- OBJ 6.** Implementación y aplicación de secuencias didácticas a estudiantes mediante una interfaz de usuario y por el método tradicional a lápiz y papel.
- OBJ 7.** Análisis de la implementación empleada estableciendo todas las caracterizaciones de las acciones cognitivas y metacognitivas desarrolladas por los estudiantes.

2.4 Justificación de la tesis

El desarrollo de Tecnologías de Información y Comunicación, específicamente en hardware y software, posibilita la comunicación entre docente y alumno en el área del conocimiento permitiendo desarrollar habilidades cognoscitivas por parte del alumno (Stošić et al., 2020; Ergashev et al., 2021). El uso de internet, de sistemas y aplicaciones que prestan servicios a las personas en diferentes áreas del saber ha crecido exponencialmente en la última década (Sulakono et al., 2020; Ejjiyi et al., 2021). En consecuencia, la gran cantidad de aplicaciones y sistemas que existen en el mercado (Marakana et al., 2021).

De acuerdo en las investigaciones de Torres-Corrales e Hinojos-Ramos (2023) realizadas para recabar información referente a la formación de ingenieros en matemática educativa en los últimos 50 años, mostrando se mostraron once temáticas en la que se destaca que el 70.5% de los artículos atiende la enseñanza y aprendizaje de la matemática en Ciencias Básicas existiendo cierta preocupación por los resultados, sugiriendo que hace falta realizar investigación en Ciencias de la Ingeniería y en asignaturas profesionales.

Aunado a esto, se requiere de atención por parte de los educadores para poder adaptadas a los procesos de aprendizaje de las ciencias, en la búsqueda de estrategias de enseñanza con objetivos muy claros y precisos como los de la creación de

mecanismos de información pública a distancia de acuerdo a las recomendaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2022), así como la puesta en marcha de plataformas de aprendizaje en línea o fuera de línea, para continuar facilitando la educación de forma efectiva, flexible y de fácil aprendizaje en temas específicos del dominio del docente de acuerdo a su programa establecido en el nivel de enseñanza (Oliveira et al., 2021; Sansolis y Leonoras, 2021).

Así, la creación de aplicaciones para consolas Mac, Windows, incluyendo los dispositivos móviles y aplicaciones en páginas webs (*para sistemas con acceso a la red*), que incluye componentes de desarrollo como ASP.Net (*formularios y servicios web, en Paquetes de Servicios Activos*) y ADO.NET (*Acceso de Datos en Interfaces Gráficas*), que fomenten el desarrollo de nuevos métodos de programación en plataformas ya sea en línea o fuera de línea, ofreciendo oportunidades de enseñanza y aprendizaje adaptables a los requisitos pedagógicos.

Es necesario desarrollar infraestructura experimental con acceso en línea para el diseño y construcción de interfaces de usuario software configuradas en lenguaje C Sharp (C#), *off y on-line* de licencia libre, modificable en todo momento que, a través de simuladores en hardware, se logre un ensamble de una plataforma a bajo costo para proporcionar a los estudiantes de áreas de ingeniería una herramienta sólida en la simulación y obtención de la respuesta del modelado matemático de circuitos eléctricos. Además, que el código de programación permita el agregado de habilidades del pensamiento abstracto lógico en cada secuencia didácticas que se programe por el administrador, logrando una interfaz de usuario (*software*) intuitivas, satisfactorias y de fácil aprendizaje en el campo de la modelización matemática para que sea adaptable a la actividad del docente y los estudiantes.

3. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se desarrollan los constructos teóricos empleados para la fundamentación teórica que giran en torno a los procesos de aprendizaje en estudiantes de Educación Superior ante un análisis al modelado matemático desarrollado partiendo del planteamiento de métodos constructivos para la modelización de sistemas eléctricos. Donde la continuidad del modelo matemático debe medirse de tal forma que los resultados sean significativos para el problema de estudio (Khalid et al., 2023).

3.1 Las Habilidades del Pensamiento Abstracto Lógico (HPAL)

La aplicación de estrategias pedagógicas con el uso de las Habilidades del Pensamiento Abstracto Lógico (HPAL) en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje para el modelado matemático en la resolución de problemas y aplicaciones de la vida real para el desarrollo de capacidades empleando habilidades del pensamiento son de gran importancia como en los trabajos hechos por Jaramillo-Naranjo y Peña (2016) donde *la construcción y reconstrucción del conocimiento* se enfocan en las destrezas necesarias de los procesos cognitivos en la educación para lograr un pensamiento lógico abstracto en las actividades interactivas presentadas donde se evalúan los conocimientos.

También en la creación de secuencias didácticas aplicadas a estudiantes enfocadas en el desarrollo de habilidades y destrezas en los procesos de enseñanza-aprendizaje donde el *pensamiento abstracto* se refiere a la velocidad con la que las capacidades cognitivas operan, esto permite deducir, sintetizar e interpretar los fenómenos de manera rápida y asociativa (Tolan et al., 2021). Y a *los procesos cognitivos* como: relacionar, evaluar, deducir, identificar e inferir en tareas de aprendizaje, que son estrategias de aprendizaje que les permite en los usuarios estimular un aprendizaje significativo (Akpur, 2021).

3.2 Fundamentos de la teoría APOE (Acción, Proceso, Objeto y Esquema)

La teoría APOE, es una teoría constructivista basada en las aportaciones de Piaget. Dubinsky creador de la teoría APOE que emplea ideas de Piaget para describir como un individuo logra ciertas construcciones mentales sobre un concepto de modelado matemático determinado (Kú et al., 2008). Considerando la teoría APOE y algunos trabajos de Gutiérrez y Parraguez (2021), que menciona que un ciclo de investigación consta de tres etapas: (1) recolección y análisis de datos, (2) diseño y aplicación de secuencias y (3) análisis teórico o descomposición genética. Que son herramientas fundamentales en la comprensión de conceptos abstractos dentro de una modelación matemática.

Cabe señalar también que las bases de la teoría APOE (Acción, Proceso, Objeto y Esquema) se fundamenta en las acciones y los procesos al estudiar los componentes del entendimiento en la abstracción mental, donde dichas bases de la teoría son referidas a la reflexión sobre los objetos y esquemas que se efectúan desde un objeto de conocimiento en el punto exacto de interpretar una modelización matemática (*MM*) dentro de una secuencia didáctica (Kú et al., 2008).

3.3 Modelos de análisis de sistemas

La creación de una Interfaz de Programación de Aplicaciones (*API*), que consiste en un conjunto de funciones dentro de bibliotecas en lenguaje C# (*C Sharp*) con lenguaje de definición de datos DDL(.dll), que permite a los usuarios llevar a cabo tareas de definición de estructuras de almacenamiento de datos junto con el empleo de lenguajes de aplicación en sistemas de gestión de aprendizaje de código abierto (*licencia libre*) (Coughlan, 2020). También si nos enfocamos en los estándares de diseño de ingeniería de sistemas y de software ISO/IEC/IEEE 24774:2021. En específico en el análisis de sistemas como: Configuración de software: *Especificaciones, hardware, software y servidores*. Diseño de arquitectura: *códigos y operaciones*, así como el Control de Procedimientos: *En navegadores y Sistemas Operativos*. Incluyendo la Funcionalidad del software: *Para cumplir con los Estándares y Normas de Construcción, Seguridad y Diseño*. Donde dichos modelos de análisis de sistemas servirán de base para el diseño, seguimiento de medios y de la validación funcional del modelado matemático de

secuencias modeladas por estudiantes dentro de la arquitectura del software desarrollado.

3.4 Modelación matemática

La modelación considerada como un proceso que se centra en la obtención y validación de modelos matemáticos, de aquí que podemos definir a un modelo a partir de un dominio extra matemático, donde la modelación comprende la articulación entre dos entes, uno de ellos es llamado modelo que sirve para actuar en el otro llamado modelado. La modelación es una forma de actuar, diseñar, abordar y pensar, que sirve para profundizar y comprender lo que ocurre en un sistema (Vélez et al., 2023). La modelación matemática se enfoca también en el desarrollo del nivel de precisión y en el nivel de transferencia de las habilidades básicas y elementales de estudiantes que expanden o que limitan el desarrollo de la práctica de la modelación matemática (Nueva, 2023).

La modelación matemática aplicada a secuencias didácticas admite actividades realistas y abiertas de resolución de problemas diseñadas para alentar a los estudiantes a crear y desarrollar de manera colaborativa algoritmos matemáticos en la mejora de modelos y en el marco institucional conocidos como los MEA's (elementos modelados por autor), también proporciona un medio para que los educadores comprendan mejor el pensamiento crítico en la resolución de problemas por parte de los estudiantes (Marbouti y Strobel, 2013). Se puede definir un modelado matemático bien estructurado cuando los estudiantes van siendo guiados a través de una secuencia realizando un modelado de un sistema real, permitiendo ser guiados en la resolución del sistema mediante una interfaz de usuario (RMI).

A partir de esto, mediante una modelación los estudiantes en colaboración a su primer borrador de su solución (resolución impresa a lápiz y papel, RILP) van siendo guiados paso a paso a partir de la solución de un modelado propuesto (SMP) proporcionando una retroalimentación inmediata en cada etapa en el proceso de diseño, modelación y ciclo de modelado (Abassian et al., 2020).

4. METODOLOGÍA Y MÉTODOS

Para esta investigación se propuso el estudio de una modelización matemática, estableciendo una descripción objetiva en el análisis de armónicas de circuitos eléctricos desde una perspectiva de linealización, dicha investigación a desarrollar fue del tipo cualitativa incluyendo un análisis de frecuencias para los datos obtenidos (Sukmawati, 2023). Dirigida a estudiantes de ingeniería (*Electromecánica, Diseño e Instrumentación*) que cursen materias en las áreas de las ciencias exactas como calculo integro-diferencial, circuitos eléctricos, electrónica o control. También se contempló el uso de secuencias didácticas programadas en la interfaz de usuario (*software*) terminada, una computadora o celular *con conexión en línea o fuera de línea* y un procesador de datos para realizar el análisis de la información recopilada. Para esto se contó con cuatro (4) académicos de educación superior e Ingeniería, de los cuales 75% fueron mujeres, para tener cuatro (4) sesiones de 60 minutos por secuencia didáctica que nos permitiera identificar estrategias de aprendizaje en el ámbito de la cognición y metacognición mediante la modelización del comportamiento matemático de problemas reales para concluir satisfactoriamente las secuencias propuestas en la interfaz.

El estudio se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro para el periodo 2023-2024 enfocada en el modelo de enseñanza-aprendizaje con el objeto de determinar las habilidades psicométricas lógicas del pensamiento desarrolladas en dicha secuencia por los estudiantes. Cabe destacar que para los alumnos de educación superior ya interactúan con los conocimientos y herramientas de cálculo integro-diferencial en los primeros 2 semestres, que para nuestra investigación de diseño esto nos permitió realizar una intervención didáctica para crear un escenario de construcción de la modelización y análisis dinámico del problema contextualizado del sistema de acuerdo a la situación real a analizar.

De aquí que las fases de investigación utilizadas en esta investigación se enfocaron en:

1. *Situación real del problema.* Se estudia, analiza y diseña un problema contextualizado referente al área de las ciencias exactas, dentro de una secuencia didáctica.
2. *Modelo real del problema.* Se realiza un procedimiento y representación matemática del comportamiento del sistema de acuerdo con la situación real a modelar.
3. *Modelado matemático del problema.* Comprende la habilidad de formular y solucionar problemas del mundo real (Kaiser y Brand, 2015), que incluye, analizar y comparar expresiones matemáticas desarrolladas del comportamiento de un sistema mecánico o eléctrico a estudiar.
4. *Acciones cognitivas y metacognitivas en los estudiantes.* En esta fase se enlista y se analiza todas las actividades mentales generadas, estimulando estrategias propias de aprendizaje, con base a un balance respecto a la enseñanza-aprendizaje (Niss, 2017; Niss & Blum, 2020).
5. *Resultados matemáticos y de aprendizaje.* Se estudian y analizan las respuestas de los estudiantes siguiendo el criterio de análisis con fundamento en el marco teórico.
6. *Resultados reales (obtención y análisis).* Comparación de datos y deducciones de resultados matemáticos con respecto a la situación real del problema.

4.1 Gestión de permisos

En este apartado se indican los permisos solicitados tanto a la institución como a los integrantes de la investigación, como es el caso de la carta de confidencialidad y la carta de consentimiento informado, estos se mencionan a continuación como:

1. *La gestión de permisos para el uso de las instalaciones, en la aplicación de las secuencias didácticas.* A manera de solicitud, se pidió permiso al jefe de laboratorio para el uso de las instalaciones, como es el caso del laboratorio de cómputo, indicando los tiempos y fechas de uso del laboratorio.

2. *La carta de confidencialidad*, dirigida a los estudiantes, en la cual se les indicó los tiempos y las sesiones a realizar, además dándoles a entender de que los datos recabados son de uso exclusivo para esta investigación (Datos Generales en el Anexo C).
3. *Carta de consentimiento informado*, dirigida a los participantes y serán ellos quienes, a través de sus datos personales, expresen su consentimiento en la participación de la investigación (Anexo A y B).

4.2 Categorización de datos

De acuerdo con la lectura y clasificación de [Del Río \(2011\)](#), el tipo de variables de acuerdo con su naturaleza para esta investigación estas son del tipo cualitativas, que conforme a su amplitud son individuales. Según su nivel de abstracción estas se clasifican como intermedias y de acuerdo con su escala que forman y posición son nominales e independientes respectivamente ([Tabla 4.1](#)).

Tabla 4.1 Tipo de variables de acuerdo con su naturaleza.

Concepto (variable general)	Dimensiones (variables intermedias)	Subdimensiones (variables intermedias)	Indicadores (variables directamente observables)
Los procesos de cognición que pueden desarrollar estudiantes de Educación Superior e Ingeniería.	Desempeño didáctico. Procesos de aprendizaje. Logros de aprendizaje. Grados de satisfacción.	Sintetizar e interpretar la información.	Relacionar, evaluar, deducir, identificar e inferir en las tareas de aprendizaje.

Fuente: Elaboración propia

4.3 Diseño de instrumentos y preparación de datos:

Para la generación de los instrumentos de análisis y recolección de datos se proponen dos modalidades: una de ellas contempla el uso de una infraestructura experimental (software) con tópicos de la enseñanza de las ciencias exactas para la modelación de circuitos eléctricos a lo largo de una secuencia didáctica y por otro lado la resolución de secuencias didácticas por el método tradicional, ambas modalidades emplearan los métodos constructivos de modelización en sistemas eléctricos no lineales de segundo orden desde una perspectiva de linealización que nos permita realizar una

intervención didáctica bajo el dominio de la teoría HPAL (*Habilidades del Pensamiento Abstracto Lógico*).

El tiempo estimado para la aplicación de las secuencias didácticas y para el tratamiento de datos fue planeado en el periodo noviembre a diciembre del 2023 y de diciembre del 2023 a enero del 2024 respectivamente. Para la aplicación de los instrumentos se contempla por lo menos 4 participaciones de 8 estudiantes, es decir 4 sesiones de 60 minutos por secuencia didáctica. La información se almacenará al final de cada secuencia para el caso de la interfaz y por el método tradicional esta será mediante los registros realizados por los estudiantes a lápiz y papel, en ambos casos se registrará fecha y hora de inicio y fin de secuencia didáctica realizada.

4.3.1 Herramientas utilizadas para la toma de datos

La implementación de los instrumentos de análisis y extracción de datos (Tabla 4.2) para las dos modalidades contempladas, como es el caso de la infraestructura experimental (software) terminada y la resolución de secuencias didácticas por el método tradicional, que para el instrumento de la guía de observación será necesario para el diseño y construcción de secuencias didácticas sobre todo en el desglose de las modelizaciones matemáticas por parte de los estudiantes, la lista de cotejo servirá para determinar los indicadores y los procesos de aprendizaje a cumplir, así como el cuestionario será de utilidad para determinar los logros de aprendizaje incluyendo la evaluación de los grados de satisfacción de la interfaz respecto a las modelaciones

Tabla 4.2 Instrumentos para la toma de datos (Sánchez et al., 2021).

Categoría	Instrumento	Descripción	Justificación
Actitudinal (A)	<i>La guía de observación</i>	Empleado para la obtención de información de una actividad o un fenómeno.	Indispensable y de gran utilidad al momento de la aplicación de secuencias didácticas y en las opiniones generadas al final de cada secuencia didáctica.
Procedimental (P)	<i>La lista de cotejo</i>	Señala las habilidades que se van a evaluar en el proceso de aprendizaje.	Determinar los indicadores y los procesos de aprendizaje a cumplir.
Conceptual (C)	<i>El cuestionario</i>	Son pruebas de validación en forma de preguntas.	Determina los logros de aprendizaje incluyendo la

También se contemplará de algunos otros elementos en la captura de datos como el almacenamiento de la información guardada al final de cada secuencia dentro de la interfaz, la captura de audio y video en puntos clave de la realización de las secuencias, la toma y captura de fotografías al momento de realizar las secuencias didácticas, las capturas de pantalla, el almacenamiento de información del block de notas y de archivos generados tanto en ordenador como evidencia en papel empleados durante la realización de secuencias.

4.3.2 Instrumento #1 La guía de observación

Es un instrumento que permitir identificar y visualizar de manera sistemática un objeto de estudio (Tabla 4.3). Para nuestro caso el desarrollo de una modelización matemática de un problema real dentro de una secuencia didáctica. Conformado en la categoría actitudinal (A) y como instrumento una guía de observación en formato de construcción de secuencia didáctica (Anexo 1), basado en el enfoque de las habilidades del pensamiento abstracto lógico (HPAL) de los procesos cognitivos como: relacionar, evaluar, deducir, identificar e inferir en tareas de aprendizaje para la construcción y reconstrucción del conocimiento de conformidad para el entendimiento y velocidad con que se sintetiza e interpreta la información en el diseño de modelizaciones matemáticas contenidas dentro de la interfaz.

Tabla 4.3 Rubrica de la guía de observación en formato de secuencia didáctica empleando las habilidades del pensamiento abstracto lógico (HPAL).

Indicador o categoría	Descripción del Indicador o categoría.	Ponderación
I-A	Introduce recursos y experiencias que promueven un pensamiento crítico: En el ámbito del aprendizaje, la resolución de problemas y aplicaciones de la vida real, para el desarrollo de capacidades a través de las habilidades del pensamiento.	2
I-B	Provee un buen desempeño en la interpretación de una modelización matemática (MM): En modelos no lineales de segundo orden, estima el comportamiento de un sistema real eligiendo diferentes alternativas de diseño.	2

I-C	Hace uso de conocimientos y actividades interdisciplinarias en su aprendizaje: Empleo y uso de conocimiento del análisis adquirido de procesos transitorios de primer orden a partir de ecuaciones diferenciales en el dominio del tiempo.	2
I-D	Desarrollo de Habilidades del Pensamiento Abstracto Lógico: Destrezas necesarias en los procesos cognitivos en la educación para lograr un pensamiento lógico abstracto de las actividades interactivas presentadas en las que se evalúan los conocimientos.	3
I-E	Velocidad con la que las capacidades cognitivas operan: esto permite deducir, sintetizar e interpretar los fenómenos de manera rápida y asociativa logrando un entendimiento de la abstracción mental.	2
I-F	Efectúa su trabajo de forma autónoma y regulada: Los procesos cognitivos enfocados en relacionar, evaluar, deducir, identificar e inferir en tareas de aprendizaje: para el desarrollo de estrategias de aprendizaje que les permite a los usuarios estimular un aprendizaje significativo.	3

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Instrumento #2 La lista de cotejo

Es un instrumento empleado para registrar e identificar los procesos de aprendizaje a cumplir, para este instrumento se desglosará un listado de indicadores de logro indicando presencia o ausencia de actitudes, habilidades y destrezas de aprendizaje desarrolladas. Conformado en la categoría Procedimental (P) y como instrumento, un simulador para el desglose y propuesta de modelado en formato de lista de cotejo (**Anexo 2**) empleado como indicador en los procesos de aprendizaje a cumplir para la cognición de modelizaciones matemáticas de circuitos eléctricos de primer y segundo orden, desarrolladas bajo interfaz programada en lenguaje C# (C Sharp) que comprende dos fases:

- *Fase de diseño.* Proceso de modelización matemática y contenido matemático.
- *Fase de implementación y análisis de resultados.* En los procesos de resolución de la situación-problema y la noción de modelación matemática en formación.

4.3.4 Instrumento #3 El cuestionario

Empleado para el dominio del desempeño con enfocado en las acciones y los procesos de conocimiento incluyendo las habilidades del pensamiento abstracto lógico en los procesos de aprendizaje. Conformado en la categoría Conceptual (C) y como instrumento un simulador con cuestionario para el procesamiento y captura de datos en formato PDF o Word (**Anexo 3 y Tabla 4.4**), para la evaluación de los grados de

satisfacción y en la determinación de los logros de aprendizaje, donde dicho simulador será un procesador de textos de licencia libre programado dentro de la interfaz y en la modalidad tradicional este será impreso en hojas.

Tabla 4.4 Rubrica de evaluación mediante la interfaz de usuario (software).

Abstracción del estudiante	Interpretación del estudiante.
<p><i>Habilidad:</i> intenta resolver el modelado matemático del circuito eléctrico como si fuera una ecuación diferencial, por algoritmo de resolución.</p>	<p><i>Acción:</i> se limita solo a resolver determinadas ecuaciones diferenciales y sus soluciones, pero no consigue justificar la validez del algoritmo utilizado, de lo contrario actúa y justifica la validez mediante algoritmos matemáticos.</p>
<p><i>Pensamiento:</i> recrea y realiza una modelación matemática mediante el aporte de recursos y datos del problema planteado de la vida real.</p>	<p><i>Proceso:</i> es capaz de explicar correctamente los procedimientos necesarios para resolver una ecuación diferencial, pero no necesariamente ejecutándolos, y además logra interiorizar la acción de forma reflexiva.</p>
<p><i>Abstracción:</i> se fomenta la articulación de nuevos conocimientos en los procesos de construcción y del modelado del sistema.</p>	<p><i>Objeto:</i> efectúa pasos de resolución de forma consciente, analizando equivalencias, utilizando diferentes métodos de resolución de ecuaciones diferenciales, encontrando el más rápido y efectivo.</p>
<p><i>Lógica:</i> visualiza e identifica subconjuntos del dominio en la función, identificando donde el termino transitorio se incrementa y cuando se estabiliza, deduciendo que pasa cuando el tiempo tiende al infinito.</p>	

Fuente: Elaboración propia

5. DISEÑO DE UNA INTERFAZ DE USUARIO (SOFTWARE).

5.1 *Desarrollo de la infraestructura experimental*

Para el lenguaje de programación en la creación de la Interfaz de Usuario (software), se usa un diseño y construcción de la interfaz empleando lenguaje C Sharp bajo Visual Studio (*C# off y on-line*) y para la construcción de la versión app de prueba de la aplicación en celular se emplea *App Inventor*. Cabe señalar que C Sharp (C#) es considerado como un lenguaje de programación dirigido a objetos y designación de métodos, que extrae las mejores características de lenguajes preexistentes como Java, JavaScript, Visual, Visual Basic o C++ para combinarlos en un solo lenguaje, su compilador incluye .NET Framework SDK (*offline con Kit de Desarrollo de Software*) y en ASP.NET (*Paquetes de Servicios Activos, online*) bajo el entorno de Visual. Para el soporte del software empleamos Linux de licencia libre, lenguajes que usa Moodle LMS que son sistemas de gestión de aprendizaje de código abierto (*licencia libre*), bajo un sistema operativo de Linux, así como SQL server (*Management 18, on-line*) para el montaje y construcción de una base de datos de la interfaz en línea, en él envió del script (*código estructurado del software*) a la web o para su posterior instalación en sistemas como Windows.

5.2 *Diseño de la arquitectura de la interfaz de usuario.*

Para lograr las fases de diseño, se considera la construcción de las estructuras de programación en la interfaz de usuario (software), la lógica de construcción de secuencias didácticas mediante las teorías HPAL, la creación de guías para el análisis de datos, así como la aplicación de guías de prueba mediante la interfaz de usuario. Donde la estructura de la interfaz bajo Visual Studio (*C#, instalable*) será empleada para crear los entornos en la interfaz (texturas, vistas, texto y gráficos) compatibles para plataformas en Windows y Web, que contendrá los siguientes componentes:

1. La declaración del espacio a crear (**Nombre-Espacio InterfazSoftware1**).

2. La declaración de una clase (*Clase estática o Publica Program*).
3. Dentro de la clase un dominio principal (*Main* Un método).
4. Creación de métodos (*Seccionados por regiones*).

#Region1: Estructura y Entornos de Inicio	#endregion,
#Region2: Visibilidad de Menús	#endregion,
#Region3: Funcionalidades del formulario	#endregion,
#Region4: Configuración, Página de Inicio	#endregion,
#Region5: Configuración de la Interfaz	#endregion,
#Region6: Construcción de Secuencias	#endregion,
#Region7: Usuarios y Cierre de Sesión	#endregion,
5. Estados y finalización de componentes.

Siguiendo con la arquitectura de diseño, la inclusión es indispensable a la hora de la creación de secuencias didácticas para *el modelado real del problema* incluyendo la realización de un procedimiento y representación matemática del comportamiento de problemas contextualizado en el área de las ciencias exactas de acuerdo con la situación real a analizar mediante las acciones metacognitivas.

5.3 *Comunicación entre el ordenador y periféricos*

La interfaz de usuario (*software*) diseñada en lenguaje C Sharp (*C# off y on-line*), utiliza una tarjeta Arduino nano en comunicación directa vía bus serie universal USB a la computadora, empleando a Simulink de Matlab programado dentro de la interfaz (**Figura 1** y Apéndice) para proporcionar a los estudiantes una herramienta sólida en la simulación de circuitos eléctricos. La secuencia elaborada dentro de la interfaz permite construir un conjunto de bloques de entradas analógicas y salidas digitales para modelar sistemas dinámicos en Simulink de Matlab y a desarrollar algoritmos que se ejecutan de forma simultánea en ArduinoIO en conexión directa vía USB mejorando el tiempo de muestreo (**Figura 2**).

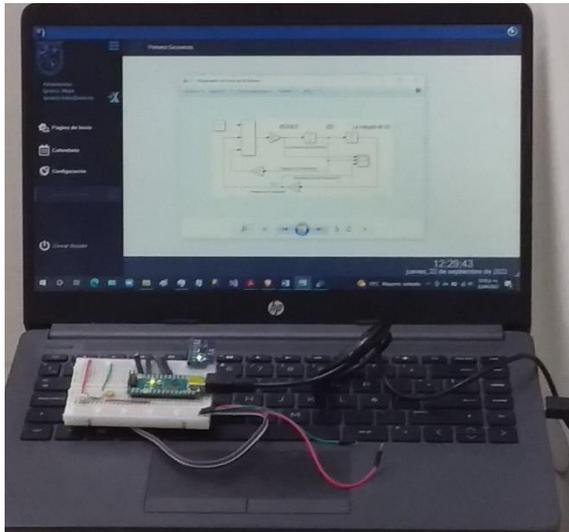


Figura 1. Interfaz de Usuario (software) en comunicación vía USB a dispositivos periféricos y tarjetas de control.



Figura 2. Bloques de entradas analógicas y salidas digitales para modelar en interfaz.

5.4 Configuración de Hardware y Software

Las partes físicas y componentes que conforman la plataforma (**Figura 3**), se integran por: 1) Arduino Nano, 2) Simulink de Matlab 3) Ordenador, 4) Comunicación USB, 5) Interfaz de Usuario software, 5) Un Protoboard para el montaje de la tarjeta de control (Arduino Nano), 6) El área de trabajo que incluye protoboard, cableado y componentes electrónicos, como resistencias, capacitores e inductores.

De la tarjeta Arduino Nano con procesador 228P, se emplea una salida analógica (A7) y una digital (D2), además de las alimentaciones +5Vcc y GND, la salida analógica sirve para el censado de los valores de voltaje que serán enviadas a Simulink de Matlab, cabe destacar que la tarjeta trae 8 salidas analógicas y 11 digitales (**Figura 4**). El objetivo de la interfaz de usuario en conjunto con la plataforma radica principalmente en la construcción de circuitos eléctricos en el protoboard junto con la tarjeta Nano, donde el estudiante pueda diseñar y conectar los componentes.

Para la configuración del software la interfaz de usuario (*software*) contiene comandos de programación en lenguaje C# (*C Sharp*), que vincula a Simulink de Matlab por medio del puerto USB, que conecta con Arduino Nano y a los componentes electrónicos agregados (*resistencias, capacitores e inductores*), que a través de las

librerías ArduinoIO se logra el procesamiento de datos en el dominio del tiempo, facilitando la configuración. Estas librerías o paquetes arduino (*install_arduino.m*) se pueden descargar desde Matlab Central File Exchange (Arduino IO, 2022), una vez descargadas las librerías, estas se agregan en la carpeta ArduinoIO en las librerías de Matlab para que estos archivos se carguen o se instalen. Las librerías ArduinoIO se encargan de enviar información entre el hardware y la interfaz en el ordenador, en conjunto hace que funcione la placa Arduino y los bloques específicos usados desde la interfaz en Simulink de Matlab.

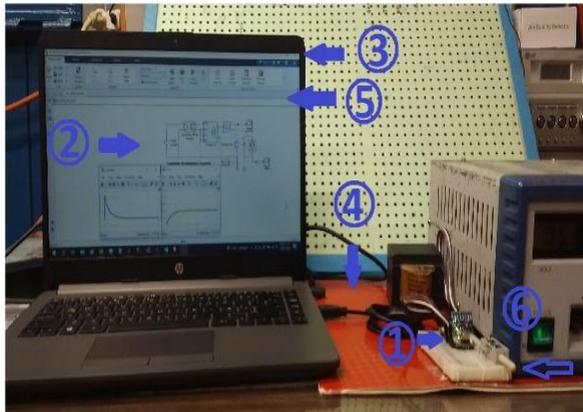


Figura 3. Componentes de la Plataforma.

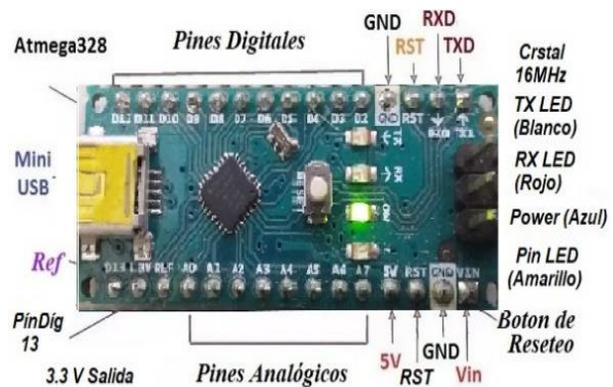


Figura 4. Tarjeta arduino Nano con procesador 228P.

5.5 La comunicación vía USB con la interfaz de usuario.

Para el diseño de un circuito eléctrico RLC (**Figura 5**) dentro de una aplicación como el caso de un sensor de temperatura, se contemplan los diagramas de bloques en Simulink de Matlab formando un sistema entrada-salida de lazo cerrado y para la conexión de Simulink de Matlab vía USB a ArduinoIO (**Figura 6**), se empleó el código de lectura, activación y desactivación de USB (Apéndice). Donde para la implementación de un diseño de bloques a nivel software en la Interfaz de Usuario con enlace a Simulink de Matlab es fundamenta por:

1. Los bloques de entrada y salida; el de la entrada digital, donde se inserta la entrada escalón en Simulink de Matlab, con una ganancia de entrada, incluyendo el bloque de la señal de salida que contiene la gráfica de la armónica.

2. Los bloques Arduino Uno (*configurado en COMx, donde "x" depende de la ranura a usar en los USB's*) y el bloque del tiempo de ejecución del experimento colocado en uno (*speedup = 1*).
3. Los bloques de arduino para las entradas analógicas (*Arduino analog read, pin A1 al A7*) y las digitales (*Arduino digital write, pin D1 al D12*). En estos bloques existe la posibilidad de mover el rango de los pines de conexión tanto de las señales analógicas como de las digitales.

En resumidas cuentas, la creación de un circuito en protoboard para enviar una señal analógica a la tarjeta de control (*Arduino Nano*) y posteriormente ser enviada vía USB al ordenador que contiene la interfaz de usuario en vinculación con Simulink de Matlab, esta interfaz recibe la señal analógica para ser simulada mediante el modelado de *la función de transferencia* en la obtención de la armónica de respuesta o salida (**Figura 6**). El canal de entrada lee voltajes entre 0 V y 5 V, para convertir esta relación analógica a digital, Arduino permite realizar la conversión analógico-digital mediante su convertidor ADC (*Convertidor Analógico a Digital*) de 10 bits, que en valores corresponde, la de 0 Vcc a 0 y la de 5 Vcc a 1,023 bits.

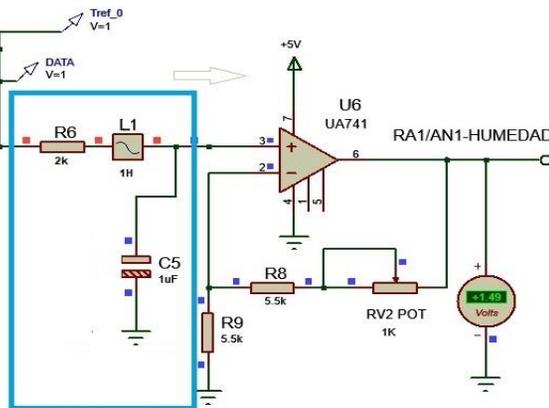


Figura 5. Aplicación del uso del circuito RLC.

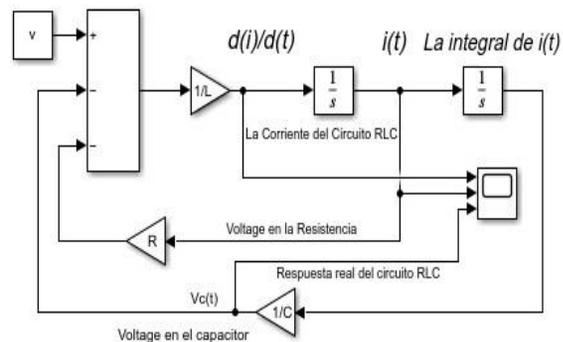


Figura 6. Modelado y experimentación de circuitos eléctricos en el dominio del tiempo mediante bloques en Simulink de Matlab.

6. DISEÑO DE ACTIVIDADES Y CONSTRUCCIÓN DE SECUENCIAS

Con la lógica de diseño y construcción de la interfaz, se planeó y se construyó una Interfaz de Usuario (*software*) para una Aplicación de Aprendizaje Autónomo, mediante una Comunicación Aumentativa y Alternativa enfocada en el modelo de enseñanza-aprendizaje, la parte aumentativa usada por el docente con el fin de modificar, agregar o quitar contenido educativo por semestre, por unidad, por tema o por subtema propuesta en su secuencia didáctica (*metodología*) en dicha interfaz. Y con respecto a la parte alternativa usada por el estudiante para fortificar lo aprendido en clase y despejar dudas surgidas después de clase o a la hora de realizar tareas.

Ya para la recopilación de datos, se les pidió a los participantes poner a prueba sus conocimientos de modelado matemático de circuitos eléctricos en una secuencia didáctica programada dentro de una interfaz de usuario (*software*) de forma individual, para una actividad que engloba el análisis, diseño y resolución matemática aplicando diferentes modalidades de desglose. Se recopiló la captura de datos en software y en papel para su estudio (ver Anexos: Primera Secuencia (*Actividad #1*) y Segunda Secuencia (*Actividad #2*)).

6.1 Construcción de secuencias didácticas en la interfaz

Para la construcción de las secuencias didácticas en la interfaz, estas son programadas en lenguaje de Visual C# (*C chart*), bajo el sistema operativo de Linux, sistemas de gestión de aprendizaje de código abierto (*licencia libre*) para una instalación en Windows o montaje en página Web. Para lograr la comunicación entre el software y el hardware simultáneamente, así como el desempeño en el dominio del tiempo entre Simulink y Arduino Nano, se empleó la paquetería de ArduinoIO a la PC (*ordenador*) a través de MathWorks de Matlab configurado en código C-Sharp dentro de la interfaz de usuario, contemplando el puerto vía USB. Que para la modelación matemática (**Figura 7**), contemplaremos la adquisición, el procesamiento y los resultados de datos en el

compilador mediante tres bloques que son:

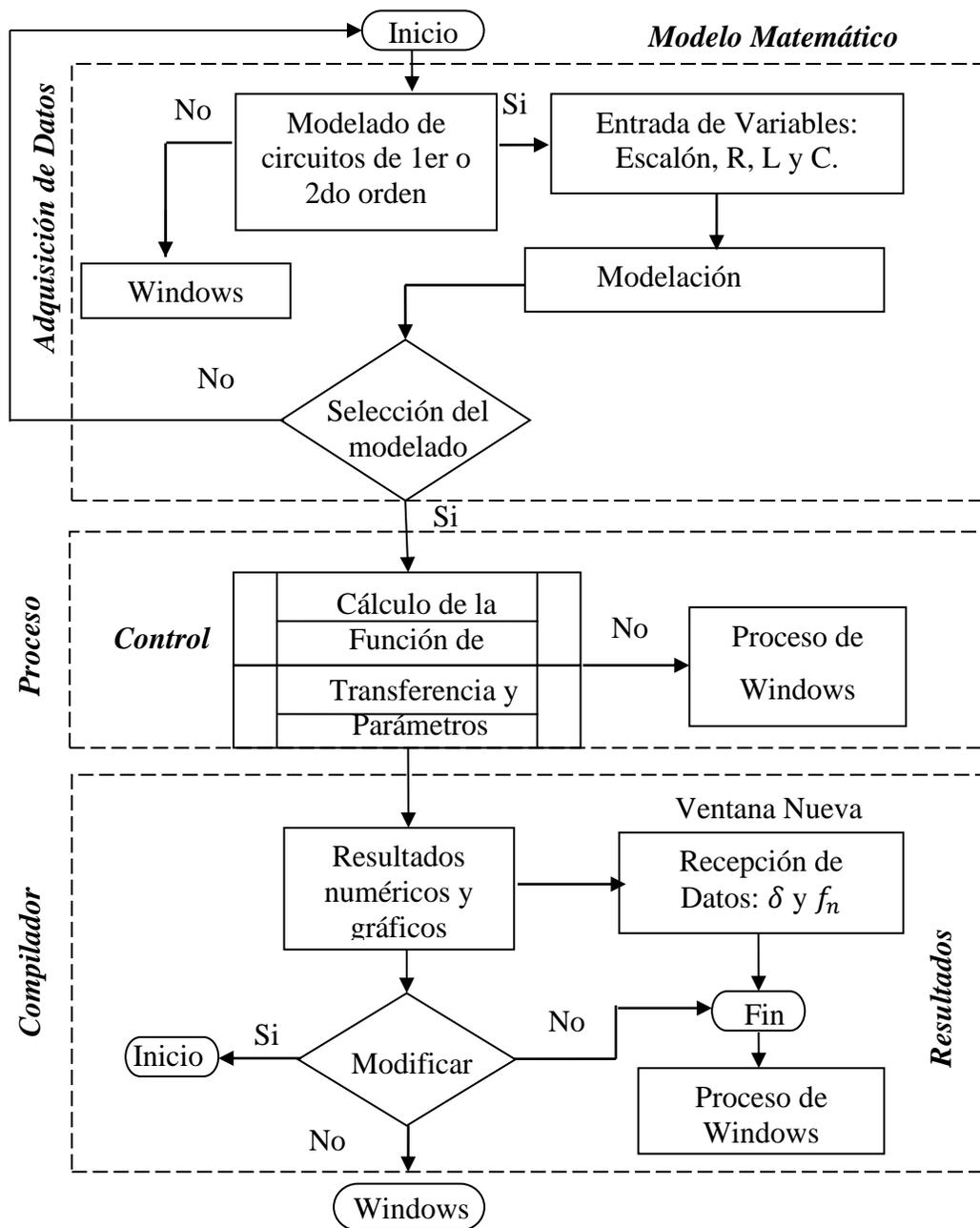


Figura 7. Bloques de la secuencia de flujo para una modelización matemática.

Bloque 1: Adquisición. Enfocado en la recepción de datos (*variables dependientes e independientes, escalón unitario, resistencia (R), inductor (L) y capacitor (C)*).

Bloque 2: Proceso. La determinación de la función de transferencia, las medidas de la frecuencia natural (f_n) y el coeficiente de amortiguamiento (δ), llevando todo el

proceso en la construcción de un modelado dinámico desde una perspectiva de linealización (*MDL*) aplicando la transformada de Laplace.

Bloque 3: Resultados numéricos y gráficos, la descripción del gráfico y del modelo obtenido. Armónicas obtenidas, como la respuesta de simulación y la respuesta real del circuito RLC, los parámetros obtenidos como el factor de amortiguamiento (δ) y la frecuencia natural (f_n).

6.2 Programación de secuencias didácticas en la interfaz de usuario (*software*)

Para la modelización matemática, se hace una descripción objetiva en el análisis de armónicas de circuitos eléctricos (**Figura 8**), desde una perspectiva de linealización, a lo largo de una secuencia didáctica programada en una interfaz de usuario (*software*) en lenguaje C# (*C Sharp*), enfocada en el modelo de enseñanza-aprendizaje, estudiando el comportamiento de la función de transferencia de salida y de las armónicas en procesos transitorios de circuitos eléctricos en el dominio del tiempo RLC (*Resistor, Inductor y Capacitor*) de segundo orden y el modelado para el circuito a partir de ecuaciones diferenciales (Kú et al., 2008).

El análisis incluye los modelos no lineales en función del tiempo en modelaciones matemáticas y estructuración de hechos del mundo real para una matematización y modelación dinámica en función del tiempo en la implementación para el diseño y estrategia general de la modelación matemática aplicada a un problema ilustrativo.

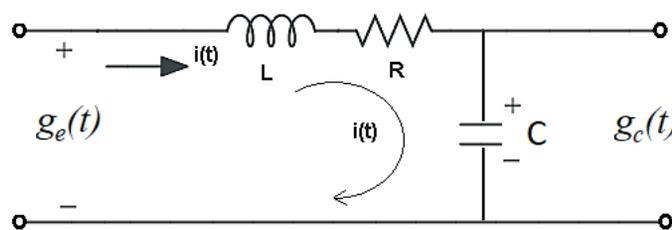


Figura 8. Circuito Eléctrico de segundo orden, tipo RLC.

Para la modelización del circuito eléctrico de segundo orden (RLC) se aplica mediante ecuaciones diferenciales empleando la ley de voltajes de Kirchhoff en la modelización de un circuito de segundo orden, con una entrada de escalón unitario de 5 Vcc desde Simulink y de 5 Vcc desde la tarjeta Nano de Arduino (**Figura 9**), en código programado desde la interfaz de usuario.

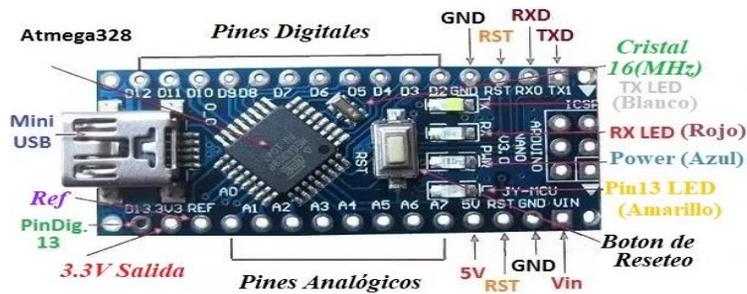


Figura 9. Tarjeta Arduino Nano con procesador 328P.

La implementación de manera experimental de un circuito eléctrico de segundo orden formado por resistencia (R), inductor (L) y capacitor (C) conectado en serie resistencia e inductor y en paralelo el capacitor, incluyendo $g_e(t)$ que es el voltaje de entrada y $g_c(t)$ el voltaje de salida en el capacitor (*Figura 8*), este arreglo de circuitos eléctricos para este proyecto en la interfaz de usuario en plataforma con implementación, permitirá determinar la respuesta transitoria de circuitos RLC de segundo orden, los parámetros de amortiguamiento y el de la frecuencia natural definirá la respuesta transitoria del comportamiento en tiempo real. Todo esto con el objetivo de fomentar un proceso de aprendizaje en estudiantes de Ingeniería Electromecánica, Diseño e Instrumentación, así como estudiantes de Posgrado en Control, que cursen materias de las ciencias exactas.

6.3 Implementación de secuencias didácticas con estudiantes.

Las secuencias didácticas dentro de la interfaz de usuario en plataforma fueron implementadas en estudiantes que cursaban materias de las ciencias exactas como: circuitos eléctricos, electrónica y matemáticas, en alguna Ingeniería de Electromecánica, Diseño e Instrumentación, incluyendo a estudiantes de Posgrado en Control en México durante y después de una contingencia de SARS CoV-2. La versión de prueba ha sido presentada con el objetivo de brindar una interfaz de usuario con plataforma para la realización de prácticas de control y de circuitos eléctricos en Ingenierías (*Figura 10*).



Figura 10. Inducción y preparación para la realización de secuencias didácticas.

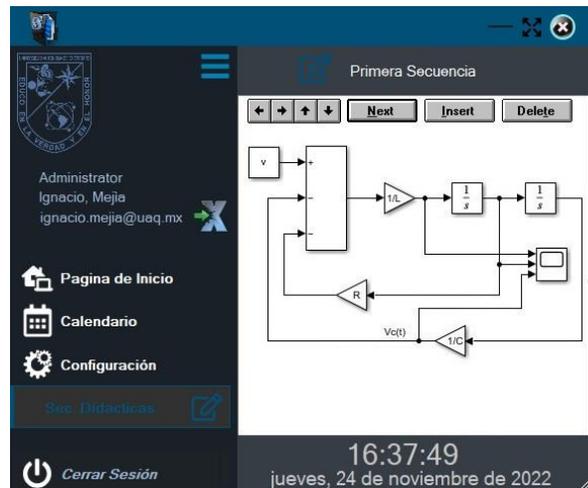
El experimento consistió en la realización de prácticas, para esto, nos enfocamos en seis actividades, mencionadas a continuación.

Introducción en el manejo de componentes eléctricos y hardware. Conexión y simulación de circuitos eléctricos de primer y segundo orden, aplicando las leyes de voltaje y de la corriente con enfoque a las leyes de Kirchhoff en la modelización de circuitos RL, RC y RLC (**Figura 11a**).

Un repaso en el modelado mediante software. Conceptos y tópicos abordados. Las funciones de transferencia entrada–salida en circuitos eléctricos, el comportamiento del voltaje y la corriente en componentes eléctricos (capacitor, inductor y resistencia), las constantes de tiempo y las respuestas de un sistema de primer y segundo orden (**Figura 11b**).



a) Manejo de componentes eléctricos.



b) Manejo de la función de transferencia.

Figura 11. Introducción y manejo de modelizaciones matemática de circuitos eléctricos mediante software y hardware.

Modelado de la función de transferencia. Conceptos y tópicos abordados: identificación de la respuesta de circuitos eléctricos para sistemas de primer (RL o RC) y segundo orden (RLC), la configuración de hardware, software, así como la validación del modelo en el dominio del tiempo (**Figura 12a**).

Interpretación de resultados obtenidos. Asuntos abordados. Gráficos de la respuesta real y de simulación de la modelización del circuito eléctrico de segundo orden RLC en el dominio del tiempo ante un escalón unitario de uno lógico (**Figura 12b**).



a) Modelación de la función de transferencia.

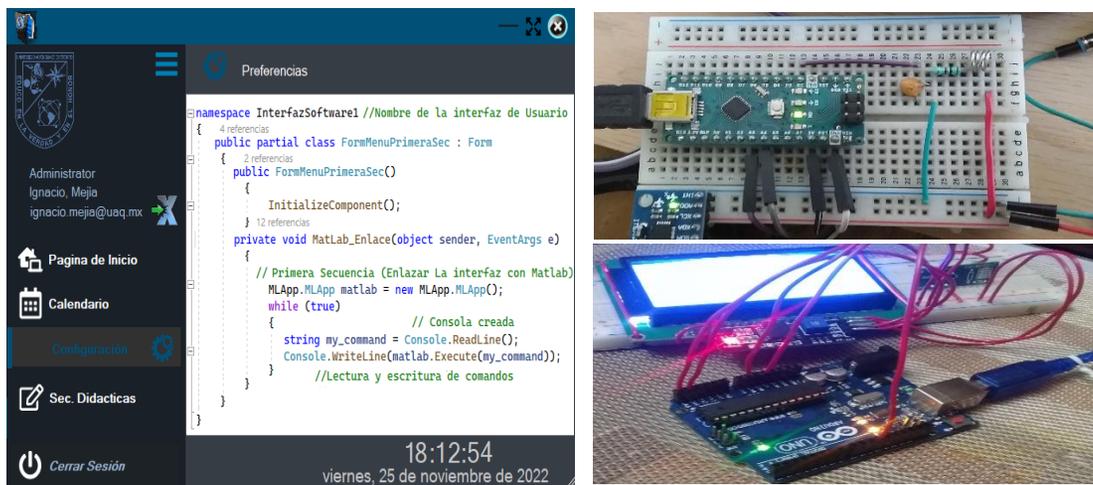


b) Interpretación de la respuesta real y de simulación de la función de transferencia.

Figura 12. Modelación de la función de transferencia y análisis de resultados.

Comunicación de la interfaz de usuario enlazado a Simulink de Matlab en comunicación directa con una tarjeta de control (Arduino Nano o UNO). Asuntos abordados. Realizar la comunicación Interfaz-Simulink-Tarjeta-de-Control (**Figura 13a**).

Conexión directa entre software (Interfaz desarrollada) y hardware (componentes eléctricos y tarjeta de control). Asuntos abordados. Realizar la implementación del diseño y construcción de circuitos eléctricos por los estudiantes de forma física y de forma simulada con la interfaz (**Figura 13b**).



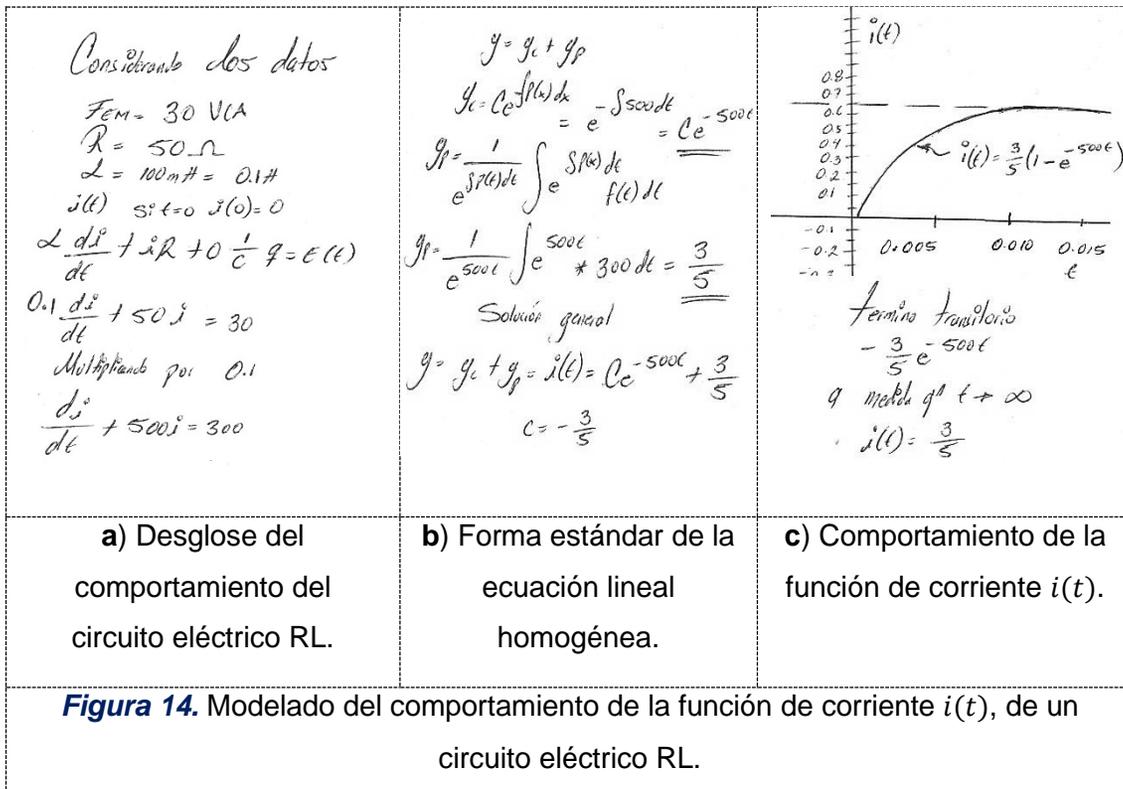
a) Comunicación Interfaz-Simulink-Tarjeta-de-Control.

b) Implementación del diseño y construcción de circuitos eléctricos.

Figura 13. Comunicación bidireccional entre software y hardware (Interfaz-Simulink-Tarjeta-de-Control).

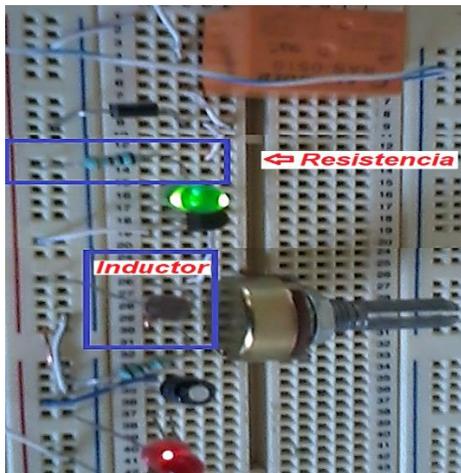
Con una de las propuestas de diseño de circuitos eléctricos RL de primer orden (**Figura 11a**) y con base en los datos proporcionados, los estudiantes pudieron realizar un desglose del comportamiento del circuito (**Figura 14a**). Para la resolución de la ecuación diferencial encontrada en la **Figura 11a**, uno de los estudiantes opta por resolver el sistema aplicando ecuaciones diferenciales a una ecuación lineal homogénea en su forma estándar, considerando que es una buena técnica, el uso de ecuaciones diferenciales para una ecuación lineal homogénea, comparada con la resolución en el dominio de Laplace usada por la plataforma experimental (**Figura 13b**). Al final del modelado, los estudiantes pudieron determinar y encontrar el termino transitorio que rige el comportamiento de la función de corriente $i(t)$, deduciendo que a medida que el tiempo

t tiende a infinito la corriente $i(t) = 3/5$, es decir, en ese punto la armónica se estabiliza (**Figura 14c**).



Posteriormente para el análisis y simulación de circuitos eléctricos RLC, RL y RC, los estudiantes emplearon la plataforma experimental, realizando los modelados matemáticos del circuito eléctrico, incluyendo el comportamiento de las armónicas del voltaje y de la corriente. Para lograr una mayor efectividad en la recolección de datos se optó por imprimir los cuestionarios y que los estudiantes pudieran ir resolviendo las secuencias a manera de un proceso continuo y metodológico en conjunto con la interfaz de usuario (*Anexo 1 y 2. Primera y Segunda Secuencia Didáctica, respectivamente*)

Las practicas fueron desarrolladas de forma mixta, la introducción, manejo y diseño de la plataforma se realizó de forma virtual, el ensamble, las conexiones y la implementación física se llevó a cabo de forma presencial. En las etapas físicas los estudiantes usaron capacitores, resistencias e inductores de diferentes capacidades en el diseño de circuitos de segundo orden, permitiéndoles dar los tres tipos de respuesta (*sistema amortiguado, críticamente amortiguado y sobre amortiguado*), ver **Figura 15 a** y **b**.



a) Implementación física en protoboard de componentes eléctricos de control.



b) Implementación física de componentes eléctricos de potencia.

Figura 15. Diseño de circuitos eléctricos (Interfaz-Simulink-Tarjeta-de-Control).

6.4 Resultados experimentales de la modelización matemática

Por deducción teórica la corriente fluye de un potencial más alto ($g_e(t)$ es el voltaje de entrada) a un potencial más bajo ($g_c(t)$ es el voltaje de salida en el capacitor) (**Figura 16**), por lo tanto, la dirección de la corriente será en el sentido horario para aplicar la ley de Kirchhoff, estableciendo que la corriente en un lazo cerrado, la suma de voltajes alrededor de un lazo cerrado debe ser igual a cero. De esta forma la ecuación del voltaje para el circuito *RLC*, es definido por la **Ec. (1)**:

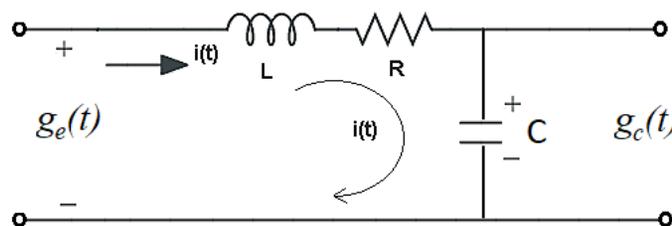


Figura 16. Circuito Eléctrico de segundo orden, tipo *RLC*.

$$g_e(t) - L \frac{d_i(t)}{dt} - i(t)R - \frac{1}{C} \int i(t)dt = 0 \quad (1)$$

$$\frac{d_i(t)}{dt} = \frac{1}{L} \left(g_e(t) - i(t)R - \frac{1}{C} \int i(t)dt \right)$$

Pasando la **Ec. (1)** al dominio de Laplace, con condiciones iniciales cero.

$$G_e(s) - LI(s) - I(s)R - \frac{1}{Cs}I(s) = 0 \quad (2)$$

Despejando la Ec. (2) para la corriente de entrada $I(s)$.

$$I(s) = \frac{G_e(s)}{R+Ls+\frac{1}{Cs}} \quad (3)$$

Consideraremos también el voltaje en el capacitor especificado en la Ec. (1) y visto en la **Figura 16**, que viene dado por la Ec. (4), aplicándole la transformada de Laplace y después despejando la Corriente $I(s)$, obtenemos la Ec. (5).

$$G_c(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt \quad (4)$$

$$I(s) = \frac{G_o(s)}{1/s} \quad (5)$$

Realizando igualación de la Ec. (3) con la (5), tenemos la Ec. (6).

$$\frac{G_e(s)}{R+Ls+\frac{1}{Cs}} = \frac{G_o(s)}{1/s} \quad (6)$$

Haciendo operaciones y reordenando para obtener el voltaje de entrada con respecto al voltaje de salida.

$$\frac{E_o(s)}{G_e(s)} = \frac{\frac{1}{Cs}}{R+Ls+\frac{1}{Cs}} \quad (7)$$

Ahora definiremos la función de transferencia $F(s)$ para el circuito eléctrico en la Ec. (8).

$$F(s) = \frac{\frac{1}{CL}}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{CL}} \quad (8)$$

Para la función de transferencia de la Ec. (8) la asociamos a una ecuación de 2do Orden.

$$F(s) = \frac{f_n^2}{s^2 + 2\delta f_n s + f_n^2} \quad (9)$$

Finalmente podemos decir que de la Ec. (9), obtenemos los parámetros del circuito eléctrico como lo es; la frecuencia natural f_n y el factor de amortiguamiento δ , este último parámetro nos define qué tipo de sistema tenemos, como es el caso de un sistema críticamente amortiguado ($\delta < 1$), amortiguado ($\delta = 1$) o sobre amortiguado ($\delta > 1$), ambos parámetros los podemos definir como las expresiones de la Ec. (10).

$$\delta = \frac{\delta f_n}{\delta f_n} = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}, \quad \delta f_n = \frac{R}{2L}, \quad f_n = \sqrt{\frac{1}{CL}} \quad (10)$$

En la implementación del circuito eléctrico para este proyecto, permitió determinar la respuesta transitoria del circuito RLC (**Figura 17**).

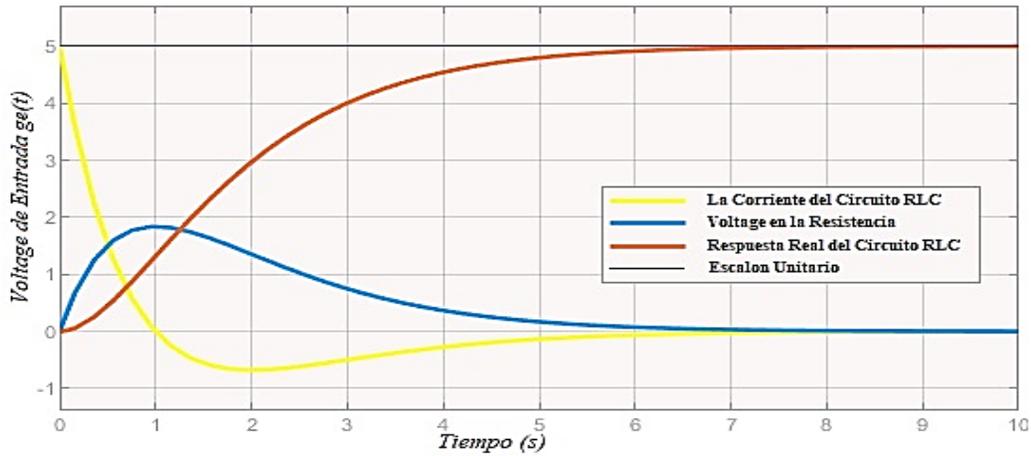


Figura 17. Respuesta de modelización de circuito eléctrico de segundo orden RLC en el dominio del tiempo ante un escalón unitario de uno lógico (5 Vcc).

Los parámetros de amortiguamiento y el de la frecuencia natural, nos define la respuesta transitoria en el dominio del tiempo, que para este experimento y simulación real de circuito RLC, empleamos parámetros de $R = 2\Omega$, $L = 1H$ y $C = 1F$.

Para sistemas eléctricos de segundo orden como es el caso del nuestro, de un circuito eléctrico RLC, el cálculo de los parámetros del circuito como la frecuencia natural f_n y el factor de amortiguamiento δ , vienen desglosados por la Ec. (11).

$$\delta = \frac{2}{2} \sqrt{\frac{1}{5}} = 0.45, \quad \delta f_n = \frac{R}{2L} = \frac{2}{2(1)} = 1, \quad f_n = \sqrt{\frac{1}{CL}} = \sqrt{\frac{1}{(1)(1)}} = 1 \quad (11)$$

De esta forma nos enfocamos en el factor de amortiguamiento del sistema (δ), en este caso $\delta < 1$ y de aquí podemos decir que tenemos un sistema de segundo orden críticamente amortiguado (**Figura 17**), por lo tanto, las armónicas graficadas de la respuesta real con respecto a la simulada del sistema eléctrico son similares, existen variaciones en ambas armónicas, aun así son admisibles debido a los valores reales de simulación del circuito eléctrico RLC (*resistencia, inductancia y capacitancia*). Finalmente podemos decir que la interfaz de usuario desarrollada obtiene y valida la respuesta del circuito eléctrico diseñado mediante el circuito físico, mostrando un buen desempeño en tiempos de muestreo, similar al obtenido con un equipo de laboratorio simulado el circuito RLC.

6.5 Experiencias de enseñanza con la interfaz de usuario (software).

Al término de las prácticas, en la fase de evaluación, los estudiantes presentaron sus experimentos, respondiendo una serie de preguntas, con la finalidad de saber si los objetivos planeados fueron cumplidos en específico:

- a) *Planeación*: se diseña y construye el proyecto con asesoría del docente, esto implica planificar un proceso de intervención, diseño del modelo, así como las actividades a realizar, incluyendo los recursos y cronograma del proyecto.
- b) *Ejecución*: Enfocado en las competencias genéricas y específicas a desarrollar, que son todas las pruebas experimentales del proyecto realizado por parte de los estudiantes con asesoría del docente.
- c) *Evaluación*. Fase final de un proyecto, que consiste en aplicar un juicio de valor en el contexto laboral, profesional, social e investigativo del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar de forma crítica y reflexiva.

Considerando los tiempos de simulación, efectividad y habilidad, para el análisis y resolución de circuitos eléctricos con el método tradicional de forma manual (lápiz y papel) y usando la plataforma, la mayoría de los estudiantes comentaron, que, con la interfaz realizaban el análisis paso a paso de forma metodológica, hasta determinar la ecuación resultante y el comportamiento de las armónicas del voltaje y la corriente de circuitos eléctricos para el modelado dinámico desde una perspectiva de linealización (*MDL*), todo esto, sin la necesidad de tener un osciloscopio y un generador de señales, ya que con el enlace Interfaz-Simulink-Arduino les permitía adquirir señales desde la computadora similar a un laboratorio convencional (*Figura 18a*).

Al finalizar las prácticas en la etapa final de la interfaz antes de cerrar la secuencia didáctica, le pedimos a los estudiantes que evaluaran su grado general de satisfacción con los aspectos teóricos y prácticos brindados durante la práctica, en valores de 0 a 10, los resultados de evaluación los presentamos en la gráfica de la *Figura 18b*.

Primera Secuencia

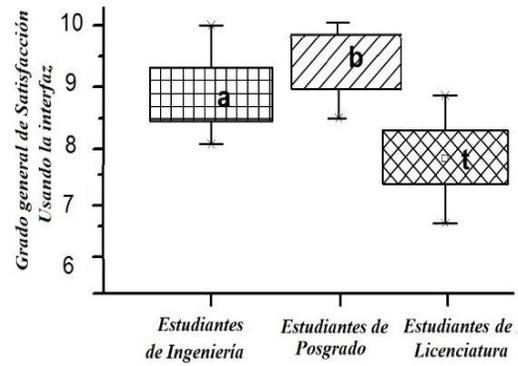
Evidencia de Aprendizaje (Observación)						
Indicador de alcance			Método de evaluación			
%	A	B	C	Instrumento (Guía de Observación)		
100				A	P	C

Guía de Observación

Comentarios: Cuando resolví el problema del circuito eléctrico, al principio se me complicó resolver el sistema para su modelado matemático, a diferencia de cuando emplee la interfaz, en donde venía una secuencia en forma de guía que me indicaba paso a paso de cómo analizar circuitos eléctricos para el modelado matemático y la determinación de las curvas de comportamiento del circuito.

viernes, 24 de noviembre de 2023

a) Testimonio Realizado en la plataforma al término de la secuencia didáctica.



b) Gráficas de evaluación del grado de satisfacción de los aspectos teóricos y prácticos, de cero a diez.

Figura 18. Justificación y pruebas de validación de la plataforma.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con el objetivo principal de esta investigación, que radica en determinar los procesos de cognición que pueden desarrollar estudiantes de Educación Superior e Ingeniería, que sirve de objeto de estudio para definir un proceso de intervención mediante modelizaciones matemáticas desarrolladas en interfaz bajo la teoría HPAL programada en C# y partiendo del planteamiento del problema analizando: (1) las aplicaciones y aportes a la matemática educativa desde la perspectiva de la teoría HPAL, (2) el desarrollo tecnológico producido en el diseño y construcción de la interfaz de usuario (software) empleado para la creación de secuencias didácticas, (3) incluyendo todos los objetivos y las contribuciones al proceso de enseñanza-aprendizaje generados a partir del desarrollo de modelizaciones. Para alcanzar dicho objetivo se diseñó e implementó una interfaz de usuario (software) e infraestructura-experimental (*Interfaz-Simulink-Tarjeta-de-Control*), para la creación de secuencias didácticas con tópicos de la enseñanza de las ciencias exactas.

En relación con las acciones cognitivas y metacognitivas, de acuerdo con lo que se enlistó y analizó en todas las actividades generadas dentro de la interfaz para ser resueltas por los estudiantes generando estrategias de aprendizaje para la realización de un balance con base en la enseñanza-aprendizaje adquirida: que para la organización de datos, a partir de las actividades aplicadas a los estudiantes, tanto para la [Actividad #1](#) de 10 reactivos como en la [Actividad #2](#) de dos procesos, de la primera y segunda secuencia didáctica respectivamente ([Anexo 1 y 2](#)), dentro de tres modalidades registradas que son: Solución del Modelado Propuesto (SMP), Resolución Mediante la Interfaz (RMI), Resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP). La información se vertió en la [Tabla 7.1](#), para la organización de datos. Se puede decir que, en el desglose del comportamiento del modelado para la nomenclatura de vaciado de la información, en la

propuesta de la Resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP) presentan cierta dificultad para concretar sus respuestas y modelado con respecto a la Solución del Modelado Propuesto (SMP).

Tabla 7.1 Modalidades registradas bajo ítems en la organización de datos.

		Estudiante 1			Estudiante 2			Estudiante 3			Estudiante 4			Promedio por Modalidad	
		S M P	R M I	R IL P	S M P	R M I	R IL P	S M P	R M I	R IL P	S M P	R M I	R IL P	Prom. Mod.	
Actividad #1 comportamiento de la función de transferencia.	1	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	RMI:A, RIL:A	
	2	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	RMI:A, RIL:B	
	3	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	RMI:A, RIL:B	
	4	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B	B	RMI:B, RIL:B	
	5	A	B	A	A	B	B	A	B	B	A	B	B	RMI:B, RIL:B	
	6	A	A	B	A	B	B	A	B	B	A	B	A	RMI:B, RIL:B	
	7	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B	B	RMI:B, RIL:B	
	8	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	RMI:A, RIL:A
	9	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B	B	RMI:B, RIL:B	
	10	A	B	B	A	B	B	A	A	B	A	B	B	RMI:B, RIL:B	
Actividad #2 Desglose del comportamiento de la armónica.	1	A	A	B	A	A	B	A	A	B	A	A	B	RMI:A, RIL:B	
	2	A	B	B	A	B	B	A	A	B	A	A	B	RMI:A, RIL:B	
Promedio Total		12 ^a	6A 6B	3A 9B	12A	5A 7B	2A 10B	12 ^a	7A 5B	2A 10B	12 ^a	6A 6B	3A 9B		

Nota: Nomenclatura Vacío de Información: vacío no responde, X responde mal y B solo responde y A analiza, desglosa y modela bien el problema. Modalidades registradas. Solución al Modelado Propuesto (SMP), Resolución Mediante la Interfaz (RMI), Resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP). Y en promedio por modalidad, se registra el valor mayoritario.

Ya en el análisis de datos para nuestro proyecto empleamos el análisis de contenido cualitativo inductivo de los estudios de marcos de codificación y modelado de Lu y Káiser (2022), como base para el desarrollo de la validación de nuestro enfoque de modelado en las habilidades del pensamiento abstracto lógico, incluyendo los objetos, las acciones y los procesos desarrollados. Que, para el análisis de los datos obtenidos, considerando los elementos del marco teórico conceptual incluyendo el descriptivo y el retrospectivo. Con enfoque en la Actividad #1 de 10 reactivos de la primera secuencia (Anexo 2 y 3) se construye la Tabla 7.2 conformada por la categoría actitudinal, cuyos parámetros a evaluar fueron: la construcción y reconstrucción del conocimiento, el pensamiento abstracto y los procesos cognitivos, para una nomenclatura para máximos valores permisibles de 1 para deficiente, 2 para regular y de 3 para eficiente a las tres modalidades de resolución que son: la Solución al Modelado Propuesto (SMP),

Resolución Mediante la Interfaz (RMI) y mediante la resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP).

Tabla 7.2. Categoría Actitudinal (A): Para la Guía de Observación.

Modalidades evaluadas Parámetros a evaluar	Estudiante 1			Estudiante 2			Estudiante 3			Estudiante 4			Promedio por modalidad
	S M P	R M I	R IL P	Prom. Mod.									
(1) Construcción y reconstrucción del conocimiento.	3	3	1	3	2	2	3	3	3	3	3	3	RMI: 2.75 RILP: 2.25
(2) Pensamiento abstracto (enfocado en la velocidad con que se sintetiza e interpreta la información).	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	RMI: 3 RILP: 2
(3) Procesos cognitivos (como: relacionar, evaluar, deducir, identificar e inferir en tareas de aprendizaje).	3	3	2	3	3	2	3	3	1	3	2	2	RMI: 2.75 RILP: 1.75
Promedio Total	3	3	1.7	3	2	2	3	3	2	3	2.7	2.4	

Nota: Nomenclatura para máximos valores permisibles por categoría: 1 deficiente, 2 regular y 3 eficiente. Solución al Modelado Propuesto (SMP), Resolución Mediante la Interfaz (RMI), Resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP).

De acuerdo a la Categoría Actitudinal (A): *Para la Guía de Observación*, en la construcción y reconstrucción del conocimiento, se mantiene un balance en las tres modalidades registradas a diferencia de los procesos cognitivos (como relacionar, evaluar, deducir e identificar en tareas de aprendizaje), que presenta ciertas carencias con los métodos tradicionales de enseñanza aprendizaje (modalidad RILP) y que dentro de esta categoría nos concentramos en el pensamiento abstracto (enfocado en la velocidad con que se sintetiza e interpreta la información) es aquí donde se mantiene un equilibrio en las tres modalidades registradas. Para esta categoría se realiza un promedio total de los parámetros evaluados para las modalidades elegidas incluyendo un promedio por modalidad cuyos resultados se plasman en el gráfico de la **Figura 19**.

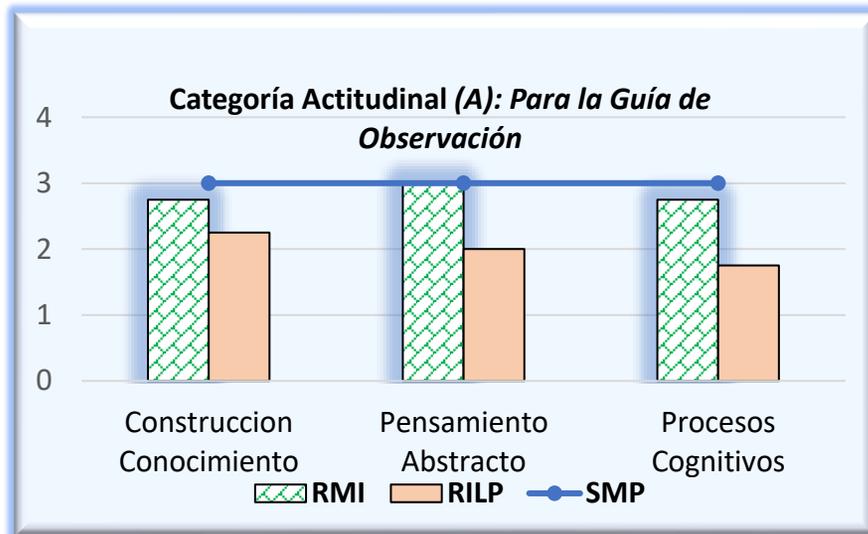


Figura 19. Modalidad RMI y RILP con respecto a la Solución del Modelado Propuesto (SMP) para la categoría Actitudinal.

Continuando con el análisis de datos, de igual forma del Anexo 2, se construye la Tabla 7.3 para la categoría conceptual, que incluye los parámetros a evaluar como las habilidades a modelar, los pensamientos para crear y realizar una modelación matemática, la abstracción desarrollada, la lógica aplicada y que dentro de la interpretación tomada por los estudiantes se encuentran las acciones tomadas, los procesos desarrollados, así como el uso de herramientas y habilidades aplicadas en la resolución de modelizaciones matemáticas.

Tabla 7.3. Categoría Conceptual (C): Para el Cuestionario.

Modalidades evaluadas Parámetros a evaluar	Estudiante 1			Estudiante 2			Estudiante 3			Estudiante 4			Promedio por modalidad
	S M P	R M I	R IL P	Prom. Mod.									
Abstracción del estudiante													
(1) Habilidad al modelar.	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	RMI: 2.75 RILP: 2.5
(2) Pensamiento para recrear y realizar una modelación matemática.	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	RMI: 3 RILP: 2.5
(3) Abstracción: en los procesos de construcción y del modelado del sistema.	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	RMI: 3 RILP: 2.5
(4) Lógica aplicada.	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	RMI: 2.75 RILP: 2.75
Interpretación del estudiante													

(1) Acción (acciones tomadas).	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	RMI: 2.75 RILP: 2.25
(2) Proceso (procesos desarrollados)	3	3	2	3	2	2	3	3	2	3	2	2	RMI: 2.5 RILP: 2
(3) Objeto (uso de herramientas y habilidades certeras)	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3	2	RMI: 3 RILP: 2.25
Promedio Total	3	2.8	2.4	3	2.7	2.3	3	3	2.4	3	2.7	2.4	

Nota: Nomenclatura para máximos valores permisibles por categoría: 1 deficiente, 2 regular y 3 eficiente. Solución al Modelado Propuesto (SMP), Resolución Mediante la Interfaz (RMI), Resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP).

Analizando la Categoría Conceptual (C) para el Cuestionario, las habilidades a evaluar por parte del estudiante de acuerdo con las tres modalidades registradas (SMP, RMI y RILP) las cuales fueron; (1) *para la abstracción*, se manejaron las habilidades del pensamiento para modelar (diseño y ejecución), el pensamiento para recrear y en los procesos de construcción abstracta al modelado del sistema, incluyendo la lógica aplicada, registrando datos del promedio por modalidad evaluada que se muestran en el gráfico de la **Figura 20**.

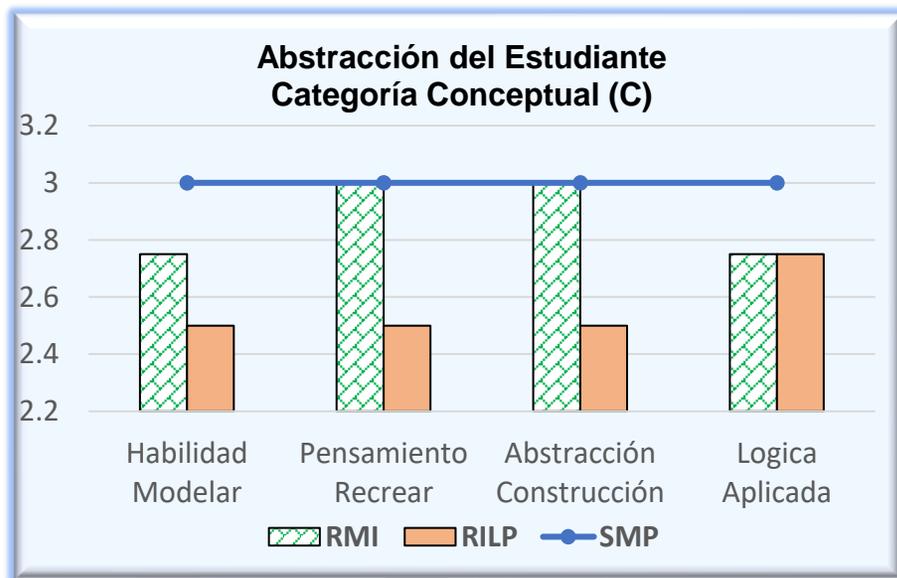


Figura 20. Modalidad RMI y RILP con respecto a la Solución del Modelado Propuesto (SMP) para la categoría Conceptual (C) respecto a la abstracción del estudiante.

Para (2) *la interpretación*, se emplearon tres elementos: La acción (acciones tomadas), el proceso (procesos desarrollados) y el objeto (uso de herramientas y habilidades certeras). Y de aquí es importante señalar que, de acuerdo con los parámetros a evaluar, *la interpretación (acción, proceso y objeto)* está por debajo del estándar con respecto a *la abstracción* (habilidades para diseñar y modelar un sistema

real). Cabe destacar que dentro de las 3 modalidades hay carencia en los métodos de enseñanza aprendizaje tradicional (RILP) de acuerdo con el promedio de los parámetros evaluados para las modalidades elegidas, donde los resultados se plasman en el gráfico de la **Figura 21**.

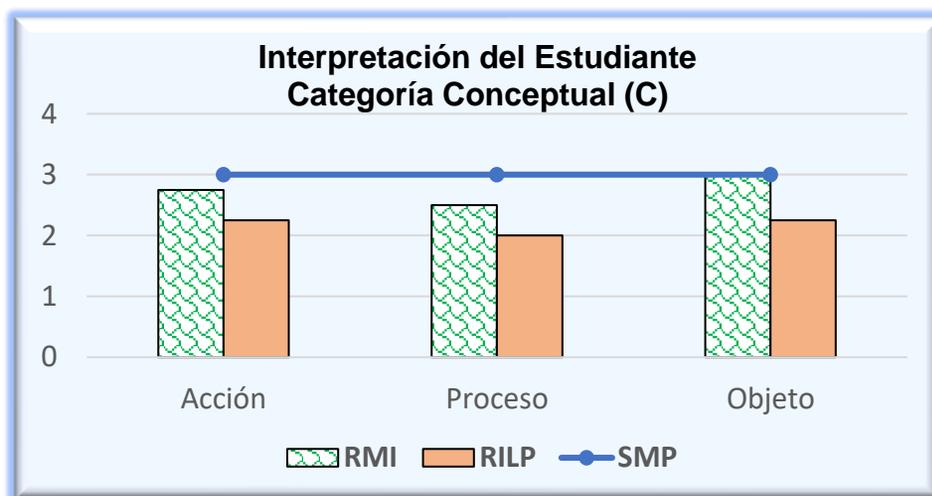


Figura 21. Modalidad RMI y RILP con respecto a la Solución del Modelado Propuesto (SMP) para la categoría Conceptual (C) respecto a la interpretación del estudiante.

Para la Categoría Procedimental (P) contemplando la lista de cotejo y de la **Actividad #2** en la segunda secuencia didáctica (**Anexo 4 y 5**) se construye la **Tabla 7.4**, cuyos parámetros a evaluar fueron: Noción de modelación matemática respecto a la situación-problema y los procesos de cognición desarrollado mediante la modelización matemática. En cuanto a la Categoría Procedimental (P) para la Lista de Cotejo, en esta categoría se consideraron dos parámetros a evaluar: (1) Noción de modelación matemática respecto a la situación-problema y (2) El proceso de cognición desarrollado mediante la modelización matemática. De acuerdo con las modalidades evaluadas, se toman en cuenta la Fase de Diseño (FD) en ambas modalidades, con respecto a la Fase de Implementación (FI) e igual en ambas modalidades, teniendo en cuenta el control que es el Sistema Real Desglosado (SRD). Para el análisis de esta categoría mediante el uso de la Resolución Mediante la Interfaz (RMI) y la Resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP), donde se pudo determinar que para los estudiantes existen grandes dificultades en la fase de diseño para una categoría sin el uso de una interfaz de usuario o software y que una vez mostrándoles la implementación del diseño la dificultad disminuye

potencializando al máximo sus destrezas y habilidades matemáticas por parte de los estudiantes (**Figura 22**).

Tabla 7.4. Categoría Procedimental (P): Para la Lista de Cotejo.

Modalidades evaluadas Parámetros a evaluar	Estudiante 1			Estudiante 2			Estudiante 3			Estudiante 4			Promedio por modalidad
	S R D	F D	FI	Prom. Mod.									
(1) Noción de modelación matemática respecto a la situación-problema.	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	FD: 2 FI: 2.75
(2) Proceso de cognición desarrollado mediante la modelización matemática.	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	FD: 2 FI: 2.75
Promedio	3	2	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	

Nota: Nomenclatura para máximos valores permisibles por categoría: 1 deficiente, 2 regular y 3 eficiente. Sistema Real Desglosado (SRD), Fase de Diseño (FD), Fase de Implementación (FI).

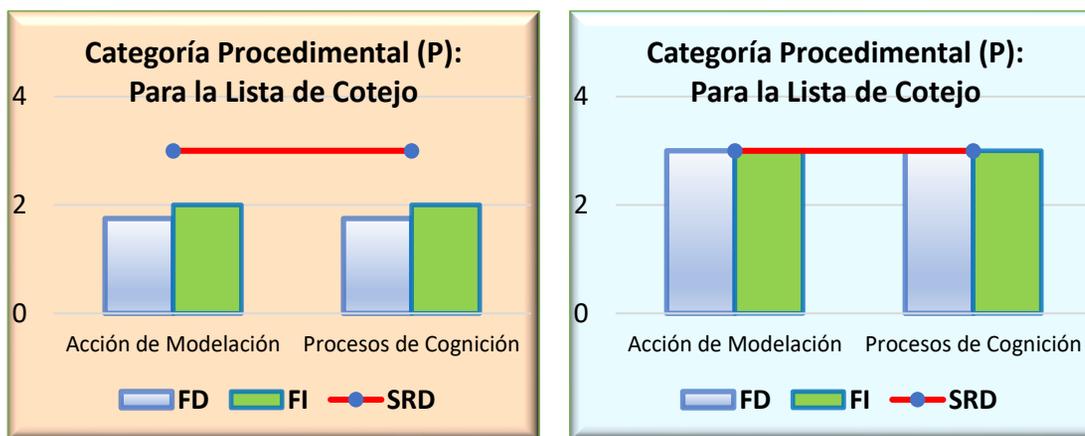


Figura 22. Comparativo de la Fase de Diseño (FD) y la Fase de Implementación (FI) ante un Sistema Real Desglosado (SRD) mediante la Resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP) e Interfaz.

Se parte de un modelo real, realizando un procedimiento y representación matemática del comportamiento del sistema de acuerdo a la situación real del problema a analizar, haciendo hincapié en desarrollar nuevas formas y métodos de simulación matemática que sirva de instrucción a los estudiantes en los procesos de enseñanza-aprendizaje, que de acuerdo con Kaiser y Brand (2015) el formular y solucionar problemas del mundo real, que incluye analizar y comparar expresiones matemáticas desarrolladas del comportamiento de un sistema mecánico o eléctrico a estudiar.

Continuando con el modelo real, el desarrollo del trabajo de investigación se enfocó en potencializar todas las habilidades del pensamiento que puedan desarrollar los estudiantes, de acuerdo con la primera secuencia didáctica en la [Actividad #1](#) de 10 reactivos para la categoría actitudinal y en la segunda secuencia didáctica de la [Actividad #2](#) de dos procesos para la categoría procedimental, que siguiendo con los trabajos de [Lu y Kaiser \(2022\)](#), donde se valora el rendimiento del modelado desde una perspectiva de la creatividad, involucrando diferentes conocimientos matemáticos y experiencias de aprendizaje, aquí en nuestro estudio revisamos la relación entre el modelado y las habilidades desarrolladas, incluyendo componentes como la creatividad y originalidad.

Ya para la validación funcional de las secuencias didácticas mediante la generación del instrumento de análisis y recolección de datos en la interfaz de usuario (*software*), tal como indican [Vesga-Bravo y Losada \(2018\)](#), “se requiere incorporar cambios en los diseños curriculares de los docentes de acuerdo a los fines de la educación matemática”, en nuestro estudio nos basamos en la solución a un modelo propuesto (SMP), con la finalidad de proveer un desarrollo a nivel de competencia en los estudiantes.

Y qué decir de los trabajos de [Mentzer et al. \(2014\)](#), que concluyen que el modelado matemático predictivo es esencial para el diseño de secuencias en estudiantes en formación relacionados en campos de las Ciencias e Ingeniería, en problemas que engloba el diseño para su modelado matemático y por ende de acuerdo con [Lu y Kaiser \(2022\)](#) en sus trabajos realizados acerca del modelado matemático basado en las habilidades que desarrollan los estudiantes en la resolución de problemas. Enfocándose en los procesos cognitivos que pueden desarrollar estudiantes mediante el modelado matemático, como los estudios de [Hidayat et al. \(2018\)](#) que mostraron que los logros en la metacognición, incluyendo la conciencia, la planificación, la estrategia cognitiva y la autoevaluación influyen positivamente en las competencias del análisis, comprensión y entendimiento del modelado matemático por los estudiantes, para nuestro estudio en los procesos cognitivos como: relacionar, evaluar, deducir e identificar en tareas de aprendizaje, se logró identificar ciertas carencias con los métodos tradicionales de

enseñanza aprendizaje (modalidad RILP), de acuerdo con los resultados mediante modelaciones matemáticas.

8. CONCLUSIONES Y PROSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN

En esta sección abordaremos la conclusión del estudio a partir del análisis de los resultados generados sobre la documentación y organización de la información recabada acerca del planteamiento del problema abordando el tema sobre la pregunta de investigación, así como de los logros, alcances y posibles aplicaciones y aportes del proyecto a la matemática educativa en el ámbito de la enseñanza de las ciencias exactas.

8.1 *Conclusiones sobre el planteamiento del problema*

Partiendo del objetivo principal de estudio, que radicó en determinar los procesos de cognición que pueden desarrollar estudiantes de Educación Superior e Ingeniería que sirva de objeto de estudio para definir un proceso de intervención mediante modelizaciones matemáticas, que de acuerdo con la naturaleza del fenómeno estudiado donde, para abordar la pregunta de investigación que inicialmente consistió en investigar si los estudiantes de ingeniería desarrollan una comprensión más robusta de los conceptos de modelados matemáticos mediante el uso de una interfaz de usuario en comparación con una enseñanza tradicional; para esto se diseñó y se aplicó una interfaz de usuario programada en lenguaje C# App-Inventor para web en línea y plataformas x64 en PC, conteniendo modelizaciones matemáticas desarrolladas bajo la teoría HPAL.

A lo largo de esta investigación se ha considerado el aprendizaje del modelado matemático como una herramienta de instrucción importante para la educación en estudiantes de ingeniería y aulas de pregrado, resaltando una infinidad de formatos en las actividades que puedan llevarse a cabo mediante la modelización, evidenciando los roles de la metacognición y de los logros obtenidos mediante el uso de modelaciones matemáticas en el aula. A partir de estos descubrimientos, se pueden generar varias conclusiones que permiten responder a la pregunta y a los objetivos de investigación planteados.

De acuerdo con las preguntas que guían nuestra investigación; (1) ¿Cómo evoluciona el conocimiento a partir de modelizaciones matemáticas en el aprendizaje de circuitos eléctricos desde una perspectiva de linealización a lo largo de una secuencia didáctica en una interfaz de usuario software? y (2) ¿Cuáles son los efectos que tendrá la interfaz de usuario en los procesos de aprendizaje, empleando los métodos constructivos de modelización en sistemas eléctricos no lineales de segundo orden desde una perspectiva de linealización?.

Por un lado y de manera como se fue desarrollando la investigación tras realizar una comparativa mediante el empleo de una infraestructura experimental con estudiantes de educación superior e ingeniería para la modelización de circuitos eléctricos a lo largo de una secuencia didáctica y por otro lado resolviendo secuencias didácticas a lápiz y papel empleando los métodos constructivos de modelización en sistemas eléctricos no lineales de segundo orden desde una perspectiva de linealización. Y de acuerdo con la hipótesis que se considera que los estudiantes de ingeniería desarrollan una comprensión más robusta de los conceptos de modelados matemáticos mediante el uso de una interfaz de usuario en comparación con una enseñanza tradicional.

Se llega a las siguientes conclusiones; el organizar las modelizaciones generadas desde la interpretación inicial a la temática que hicieron los estudiantes hasta llegar a la generalización de lo aprendido a través de toda la investigación donde se pudo observar cómo evoluciona el conocimiento, además también como los estudiantes desarrollan una relación entre las acciones cognitivas y metacognitivas para la generación de estrategias de aprendizaje en el desglose del comportamiento del modelado propuesto. Ya en la propuesta de la Resolución Impresa a Lápiz y Papel (RILP) los estudiantes presentan cierta dificultad para concretar sus respuestas en la modelación con respecto a la Solución del Modelado Propuesto (SMP). Esto se debe a varios factores como lo son la experiencia, el trayecto de su formación académica y al aprendizaje que cada estudiante trae e incluso a las herramientas aportadas durante la realización de su modelación matemática.

Considerando la [Categoría Actitudinal \(A\)](#), Para la [Guía de Observación](#) cuyos parámetros a evaluar fueron: la construcción y reconstrucción del conocimiento, el

pensamiento abstracto y los procesos cognitivos. De los parámetros evaluados se mantiene un balance en las tres modalidades registradas a diferencia de los procesos cognitivos como relacionar, evaluar, deducir e identificar en tareas de aprendizaje, que presenta ciertas carencias con los métodos tradicionales de enseñanza aprendizaje (modalidad RILP) en específico en la velocidad con que se sintetiza e interpreta la información, cabe destacar que en algunos casos cerca del 20% de los estudiantes en la resolución del modelado a lápiz y papel lo resuelven de manera ordenada y congruente respecto al modelado propuesto esto es debido a las habilidades y destrezas en su formación académica.

De acuerdo con la [Categoría Conceptual \(C\)](#) para el [Cuestionario](#), las dos habilidades a evaluar en los estudiantes se enfocaron en: la abstracción del conocimiento como lo es el diseño-ejecución y en la interpretación de la modelación; las habilidades para diseñar y modelar un sistema real, de aquí se pudo concluir que existe carencia en los métodos de enseñanza aprendizaje tradicional (RILP), esto es debido a varios factores como lo es la poca concentración, distracción, despistes por parte del participante o el enfoque sobre la actividad a la hora de responder correctamente una modelación dentro de una secuencia didáctica.

Para la [Categoría Procedimental \(P\)](#) que contempla la [Lista de Cotejo](#) y de acuerdo con los parámetros evaluados como la noción de modelación matemática respecto a la situación-problema-real de acuerdo a las modalidades de evaluación, en este caso se tomaron en cuenta la Fase de Diseño (FD) con respecto a la Fase de Implementación (FI), empleado una interfaz de usuario y mediante el proceso tradicional a lápiz y papel, teniendo en cuenta la base de control para el Sistema Real Desglosado (SRD), a partir del análisis de esta categoría se pudo determinar que, para los estudiantes existen grandes dificultades en la fase de diseño y que una vez mostrándoles el diseño de la implementación la dificultad disminuye, como es el caso del uso de la infraestructura experimental.

Recordando que el objetivo principal de este estudio consistió en determinar los procesos de cognición que pueden desarrollar estudiantes de educación superior mediante modelizaciones matemáticas conforme a la teoría HPAL y tras el análisis de

sus respuestas al modelado matemático propuesto y como se evidencia en los párrafos anteriores, se puede afirmar que se cumplió con el objetivo, ya que se pudieron determinar las habilidades generadas mediante la modelación en las diferentes modalidades mediante el uso de una infraestructura experimental y mediante el método tradicional de enseñanza aprendizaje.

De acuerdo con los objetivos específicos: se tuvo que diseñar los instrumentos para determinar los procesos de cognición desarrollados por estudiantes de educación superior mediante modelizaciones matemáticas que permitieran validar la funcionalidad de las secuencias didácticas a la hora de emplear la interfaz de usuario (*software*), cuyo objetivo se logró realizar de manera satisfactoria mediante una base de datos que sirvió para depurar y eliminar errores conforme se aplicaban las secuencias didácticas. Otro de los objetivos específicos consistió en diseñar una arquitectura en lenguaje C# (C Sharp) bajo el entorno de Visual para una interfaz de usuario (*software*) usada en web móvil y plataformas x64-PC.

Lo cual se logró completar de manera satisfactoria ya que se logró implementar una plataforma experimental conformada por una tarjeta de control (Arduino Nano), un simulador de circuitos (Simulink de Matlab de licencia libre), un ordenador en comunicación directa vía USB a componentes electrónicos, logrando y justificando el empleo de una infraestructura experimental para el uso de modelaciones matemáticas.

Finalmente, otro objetivo específico fue: establecer todas las caracterizaciones de las acciones cognitivas y metacognitivas desarrolladas por los estudiantes, el cual fue eficazmente desarrollado ya que por medio de la implementación de la infraestructura experimental nos permitió registrar e identificar cada habilidad del pensamiento desarrollada para cada modalidad empleada a lo largo de este estudio.

8.2 Conclusiones sobre el estudio y los aportes a la matemática educativa.

De acuerdo con las habilidades del pensamiento abstracto desarrolladas por estudiantes de Educación Superior bajo el dominio de la teoría HPAL al resolver y reformular un problema real mediante una modelización como es el caso de este estudio al implementar una interfaz de usuario (*software*) e infraestructura-experimental (*Interfaz-*

Simulink-Tarjeta-de-Control) programada en lenguaje C-Sharp (C#) App-Inventor recargable vía web en línea o instalable en PC con comunicación bidireccional bus serie universal USB entre hardware a la PC (*ordenador*) y software, permitiendo el ensamble y comunicación de componentes electrónicos de diseño externo (*ProtoBoard, Tarjetas Arduino Nano con Procesador 228P o la tarjeta Raspberry Pi 3 con CPU y Procesador*). Bajo esta modalidad se logró desarrollar y programar secuencias didácticas permitiendo potencializar los procesos de aprendizaje al maximizar los niveles de comprensión de sistemas reales para su modelización matemática.

A través de la investigación sobre la acción en el aula se pudo transformar el escenario del aprendizaje transmitiendo, no solo conocimiento sino también valores e ideas. El análisis, la interpretación, así como la argumentación expuesta por los estudiantes fue de vital importancia para agregar un aporte significativo a la Matemática Educativa. Este trabajo pone en contexto de lo que se vive hoy en día con estudiantes de educación superior e ingenierías donde la rápida mutabilidad del conocimiento, el uso masivo de la tecnología demanda nuevos conocimientos, nuevos métodos de planificar y formas de organizar sesiones en clase, estas nuevas estrategias de enseñanza que finalmente son traducidos en enseñar a los estudiantes a aprender a tomar iniciativas. El actual trabajo realiza un aporte significativo a la investigación en Matemática Educativa en la línea de formación matemática de ingenieros en el área de ciencias de la ingeniería para la generación de estrategias de conocimiento en el ámbito de la cognición y metacognición permitiendo atender las dificultades encontradas y proporcionando rutas formativas a los estudiantes para enriquecer su conocimiento matemático como el caso de la modelación matemática de problemas reales.

Como prospectiva se espera tener una interfaz de usuario de licencia libre, modificable en todo momento para computadora-celular, funcional para plataformas X64 en Windows y web móvil para el diseño, creación y aplicación de modelizaciones matemáticas dentro de secuencias didácticas. Como primera versión de la interfaz de usuario esta contenga temas de interés con respecto a tópicos de enseñanza-aprendizaje, en la cual los docentes de forma metodológica puedan agregar y modificar sus secuencias didácticas haciendo uso de las tecnologías de información, además de

que puedan corroborar, ampliar y potencializar las capacidades, destrezas y habilidades en estudiantes de áreas de Ingeniería. De esta manera los estudiantes podrían estimular un aprendizaje significativo de una manera óptima en la construcción y reconstrucción del conocimiento para resolver dificultades y problemas en la vida real desde la perspectiva de un modelado dinámico. También se espera obtener una mejora de la aplicación, para reforzar, modificar y mejorar la interfaz, incluyendo el crecimiento o inclusión de otras materias, dejando una línea de investigación abierta en el desarrollo de software para la producción de secuencias didácticas mediante la modelización matemática de problemas reales que incluyan profundizar no solo en las habilidades del pensamiento abstracto lógico (HPAL) sino también se puedan reformular en la generación de habilidades cognitivas y metacognitivas bajo la teoría APOE, entre otras.

9. REFERENCIAS

- Abassian, A., Safi, F., Bush, S., & Bostic, J. (2020). Five different perspectives on mathematical modeling in mathematics education. *Investigations in Mathematics Learning*, 12(1), 53-65. <https://doi.org/10.1080/19477503.2019.1595360>
- Akmar, N., Nadhirah, N., Tasneem, A., Sabrina, I., & Nasuha, F. (2021). Design and development EduPocket A+. *Momentum: Physics Education Journal*, 5(1), 94-100. <https://doi.org/10.21067/mpej.v5i1.5700>
- Akpur, U. (2021). The Predictive Level of Cognitive and Meta-Cognitive Strategies on Academic Achievement. *International Journal of Research in Education and Science*, 7(3), 593-607. <https://doi.org/10.46328/ijres.1444>
- Bakar, Z., Salim, F., Zainuddin, N., Noor, N., & Mohamad, R. (2021). Analysis of Web-based Learning Interface Design based on Experts' Verification for Higher Education. *JOIV. International Journal on Informatics Visualization*, 5(2), 134-138. <http://dx.doi.org/10.30630/joiv.5.2.410>
- Bocanegra, S., Montoya, O., & Molina-Cabrera, A. (2020). Parameter estimation in single-phase transformers employing voltage and current measures. *Revista Universidad Industrial de Santander Ingenierías*, 19(4), 63-76. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020006>
- Bravo, J., & Rodríguez, L. (2020). *Formación del concepto de integral doble mediante la modelación matemática en la carrera de ingeniería informática*. En Balda, P., Parra, M. y Sostenes, H. (Eds.), *Revista Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, (1, Vol. 33, pp. 400-409). Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C. Disponible en https://www.clame.org.mx/documentos/alme33_1.pdf
- Bueno-Hernández, R., Naveira-Carreño, W., & González-Hernández, W. (2020). Los conceptos matemáticos y sus definiciones para la formación de los ingenieros informáticos para la sociedad. *Universidad y Sociedad*, 12(4), 147-155. Disponible en <https://cutt.ly/IXPg6dY>
- Cosmin, R. (2017). High output dynamic range exponential function synthesizer. *Microelectronics Journal*, 63, 123-130. <http://dx.doi.org/10.1016/j.mejo.2017.03.013>
- Coughlan, T. (2020). The use of open data as a material for learning. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 383-411. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09706-y>
- Chenjie, G. (2011). A Projection-Based Nonlinear Model Order Reduction Approach Using Quadratic-Linear Representation of Nonlinear Systems. *IEEE transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems*, 30: 9, 1307-1320. <http://dx.doi.org/10.1109/TCAD.2011.2142184>

- Del Río, O. (2011). El proceso de investigación: etapas y planificación de la investigación. En Vilches, L.(coord.). *La investigación en comunicación. Métodos y técnicas en la era digital*, Barcelona, Ed. Gedisa, pp. 67-93
- Dijkstra, T., & Henseler, J. (2021). Consistent Partial Least Squares Path Modeling. *MIS Quarterly*, 39(2), 297-316. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/26628355>
- Ejiyi, C., Deng, J., Ejiyi, T., Salako, A., Ejiyi, M. & Anomihe, C. (2021). Design and Development of Android Application for Educational Institutes. *Journal of Physics: Conference Series*, 1769, 1-8. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1769/1/012066/meta>
- Ergashev, J., Ergasheva, M., & Samatova, G. (2021). Application of Information and Communication Technologies in Solving Geometric Problems. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(3), 4191–4197. <https://www.annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/1909>
- Fiallos, G. (2021). La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), 2491-2509. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.466
- Gómez, J.M.A. (2014). Application of linear regression models to determine the current and voltage harmonics. *Ingeniería Energética*, 35(3), 234-241. <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/408/426>
- Gutiérrez Figueroa, X., & Parraguez, M. (2021). Mecanismo mental de síntesis en el aprendizaje del triángulo de Sierpinski como totalidad. *Enseñanza de las ciencias*, 39(3), 0071-92. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2908>
- Hidayat, R., Zulnaidi, H., & Syed-Zamri, S. (2018). Roles of metacognition and achievement goals in mathematical modeling competency: A structural equation modeling analysis. *PloS one*, 13(11), 1-25. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206211>
- Jaramillo-Naranjo, L., & Puga-Peña, L. (2016). El pensamiento lógico-abstracto como sustento para potenciar los procesos cognitivos en la educación. *Sophía, colección de Filosofía de la Educación*, 21(2), 31-55. <http://dx.doi.org/10.17163/soph.n21.2016.01>
- Kaiser, G., & Brand, S. (2015). Modelling competencies: Past development and further perspectives. In G. A. Stillman, W. Blum, & M. S. Biembengut (Eds.), *Mathematical Modelling in Education Research and Practice. Cultural, Social and Cognitive Influences* (pp. 129–149). http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-18272-8_10
- Kú, D., Trigueros, M., & Oktac, A. (2008). Comprensión del concepto de base de un espacio vectorial desde el punto de vista de la teoría APOE. *Educación Matemática*, 20(2), 65-89. Disponible en <http://www.revista-educacion-matematica.org.mx/revista/vol20-2/>
- Khalid, H. M., Rafique, Z., Muyeen, S. M., Raqeeb, A., Said, Z., Saidur, R., & Sopian, K. (2023). Dust accumulation and aggregation on PV panels: An integrated survey on impacts, mathematical models, cleaning mechanisms, and possible sustainable

- solution. *Solar Energy*, 251(1), 261-285.
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.01.010>
- Lee, K., & Sim, J. (2021). Design and Development for Mobile Adaptive Layer in Mobile Learning Applications. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 11(3), 550-556. Disponible en <https://cutt.ly/5XPhIRY>
- Lu, X., & Kaiser, G. (2022). Can mathematical modelling work as a creativity-demanding activity? An empirical study in China. *ZDM—Mathematics Education*, 54(1), 67-81.
<https://doi.org/10.1007/s11858-021-01316-4>
- Lyon, J., & Magana, A. (2020). A review of mathematical modeling in engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 36(1), 101-116.
https://ijee.ie/1atestissues/Vol36-1A/09_ijee3860.pdf
- Marakana, M., Parmar, A., & Shah, P. (2021). A Smart Android Application with Machine Learning Extension to Operate Computer and IoT Devices. *2nd International Conference for Emerging Technology (INCET)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/INCET51464.2021.9456382>
- Marbouti, F., & Strobel, J. (2013). Prototyping an Interactive Application to Support Collaborative Open-Ended Problem Solving for Precollege Students. *In 2013 ASEE Annual Conference & Exposition*, 1(1), 23-1005.
- Mentzer, N., Huffman, T., & Thayer, H. (2014). High school student modeling in the engineering design process. *International Journal of Technology and Design Education*, 24(3), 293-316. <https://doi.org/10.1007/s10798-013-9260-x>
- Niss, M. (2017). Obstacles Related to Structuring for Mathematization Encountered by Students when Solving Physics Problems. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(8), 1441-1462. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9754-6>
- Niss, M., & Blum, W. (2020). *The teaching and learning of mathematical modelling*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315189314>
- Nueva, S. F. (2023). Experiencias Docentes Metodología para la enseñanza de la modelación matemática de problemas de la profesión, vía ecuaciones diferenciales. *Pensamiento Matemático*, 13(1), 25-37.
- Oliveira, D., Pedro, L., & Santos, C. (2021). The use of mobile applications in higher education classes: a comparative pilot study of the students' perceptions and real usage. *Smart Learning Environments*, 8(14), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00159-6>
- Ren, Y., Allenmark, F., Müller, H. J., & Shi, Z. (2021). Variation in the “coefficient of variation”: Rethinking the violation of the scalar property in time-duration judgments. *Acta Psychologica*, 214, 103263.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103263>
- Sánchez, M., Fernández, M., & Díaz, J. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Revista científica UISRAEL*, 8(1), 107-121.
<https://doi.org/10.35290/rcui.v8n1.2021.400>

- Sansolis, E. B., & Leonoras, C. S. (2021). Viability of a technology-based education afterschool program. *Technium Social Sciences Journal*, 19(1), 76–100. <https://techniumscience.com/index.php/socialsciences/article/view/3170>
- Stošić, L., Dermendzhieva, S., & Tomczyk, L. (2020). Information and communication technologies as a source of education. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 12(2), 128-135. <https://doi.org/10.18844/wjet.v12i2.4815>
- Sukmawati, S. (2023). Development of quality instruments and data collection techniques. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran Guru Sekolah Dasar (JPPGuseda)*, 6(1), 119-124. <https://10.55215/jppguseda.v6i1.7527>
- Sulakono, B., Sarkum, S., Munandar, M., Masrizal, M., & Irmayani, D. (2020). The Diversity of Labuhanbatu Community Culture in Android-Based Applications. *International Journal of Advances in Data and Information Systems*, 1(2), 60-68. <https://doi.org/10.25008/ijadis.v1i2.182>
- Tolan, S., Pesole, A., Martínez-Plumed, F., Fernández-Macías, E., Hernández-Orallo, J., & Gómez, E. (2021). Measuring the occupational impact of AI: tasks, cognitive abilities and AI benchmarks. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 71, 191-236. <https://doi.org/10.1613/jair.1.12647>
- Torres-Corrales, D. D. C., & Hinojos-Ramos, J. E. (2023). La formación matemática de ingenieros desde la Matemática Educativa. Estado del arte. *Revista electrónica de investigación educativa*, 1(25). <https://doi.org/10.24320/redie.2023.25.e21.4804>
- UNESCO (2022). *Educación superior para todas las personas*. Recuperado de: <https://www.iesalc.unesco.org/2020/04/02/el-coronavirus-covid-19-y-la-educacion-superior-impacto-y-recomendaciones/>. Consultado: agosto de 2022.
- Vélez, J. L. B., Santa Ramírez, Z. M., & López, C. M. J. (2023). Un análisis sobre las barreras de la modelación matemática en la práctica educativa del profesor de básica primaria. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 1(68), 255-285.
- Vesga, G. y De Losada, M. (2018). Creencias epistemológicas de docentes de matemáticas en formación y en ejercicio sobre las matemáticas, su enseñanza y aprendizaje. *Revista Colombiana de Educación*, 74, 243-267. <https://doi.org/10.17227/rce.num74-6909>
- Widiharih, T. (2021). Determination parameter of exponential function based positive number. *Journal of Physics: Conference Series*, 1943(1), 1-11. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1943/1/012152>
- Xu, Q., Wang, N., Tian, B., Xing, L., & Bai, W. (2020). Challenges and Countermeasures of Education in the Era of Big Data. *In Proceedings of the 2020 9th International Conference on Educational and Information Technology*, 215-218. <https://doi.org/10.1145/3383923.3383964>

10. APÉNDICE

Las abreviaturas usadas en la presente tesis (Tabla 10.1).

Tabla 10.1 Abreviaturas empleadas.

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
°C	Grados Celsius	A	Amperio
°F	Grados Fahrenheit	etc.	Etcétera
A.C.	Corriente Alterna	F	Faradio
LCD	Cristal de líquido	f.e.m.	fuerza electromotriz
V	Volts	EV	Electronvoltio
VCD	Voltaje de Corriente Directa	ADC	Convertidor Analógico a Digital
DAC	Convertidor Digital a Analógico		

Código empleado en Matlab para la comunicación serial (USB), sistema de control-PC.

```
delete(instrfind({'Port'},{'COM3'})); %Desactivar puerto conectado
USB_Puerto_Serial = serial('COM3');
tiempo=200;
i=1;
while(i<tiempo)

fopen(USB_Puerto_Serial)
fprintf(USB_Puerto_Serial, 'Localización del puerto serial')
out = fscanf(USB_Puerto_Serial)

Temp(i)=str2num(out(1:4));
subplot(211);
plot(Temp, 'g', 'LineWidth', 2.5);

axis([0, tiempo, 15, 35]);
title('Variable: Temperatura');
xlabel('Tiempo de entrada en segundos (s)');
ylabel('Temperatura (°C)');
grid on

Humi(i)=str2num(out(5:9));
subplot(212);
plot(Humi, 'm', 'LineWidth', 2.5);
axis([0, tiempo, 25, 100]);
title('Variable: Humedad Relativa');
```

```

xlabel('Tiempo de entrada en segundos (s)');
ylabel('Humedad Relativa (%)');
grid on

fclose(USB_Puerto_Serial)
i=i+1;
drawnow;
end
delete(USB_Puerto_Serial)
clear USB_Puerto_Serial

```

Código empleado en Matlab para las reglas difusas en la programación del micro-controlador comunicación serial (USB), sistema de control-PC.

```

clc, clear all,close all,
paso = 0.01;
% Proceso de la semántica del error de posición
e=-100:paso:100;
MB=trapmf(e,[-100 -100 -50 -25]);
B=trimf(e,[-50 -25 0]);
N=trimf(e,[-25 0 25]);
A=trimf(e,[0 25 50]);
MA=trapmf(e,[25 50 100 100]);
subplot (3,1,1), plot(e,MB,e,B,e,N,e,A,e,MA,'LineWidth',3)
set(gca, 'FontSize',12), legend ('MB','B','N','A','MA')
xlabel ('Temperatura'), ylabel ('Temperatura')
% Proceso acción de control
v=-12:paso:12;
B75=trapmf(v,[-12 -12 -6 -3]);
B50=trimf(v,[-6 -3 0]);
M=trimf(v,[-3 0 3]);
S50=trimf(v,[0 3 6]);
S75=trapmf(v,[3 6 12 12]);
subplot (3,1,2), plot(v,B75,v,B50,v,M,v,S50,v,S75,'LineWidth',3)
set(gca, 'FontSize',12), legend ('B75','B50','M','S50','S75')
xlabel ('Temperatura-Humedad'), ylabel ('Temp.-Hum.')
axis([-12 12 0 1]);
%lectura del error
e0=9; %error leído
n=find(e==e0);
subplot (3,1,1), hold on, plot (e0,MB(n),'*',e0,B(n),'*', e0,N(n),...
    '* ',e0,A(n),'*',e0,MA(n),'*', 'LineWidth',5), hold off
% Fusificación a leer
B1=min (B75, MB(n));
B2=min (B50, B(n));
B3=min (M, N(n));
B4=min (S50, A(n));
B5=min (S75, MA(n));
B=max (B1,max (B2,max (B3,max (B4,B5)))));
subplot (3,1,3), plot(v,B,'LineWidth',5)
set (gca, 'FontSize',12), legend ('V')
axis ([-12 12 0 1])
% Defusificación

```

```
vo=defuzz(v, B, 'Centroid')
hold on, plot(vo*ones(1,3),[0 0.5 1], 'r', 'LineWidth', 5)
```

Comunicación serial (USB), sistema de control-PC, recepción de dos señales (Humedad relativa y temperatura).

```
clear all;
USB_Puerto_Serial = serial('COM14');
%tiempo=43200;
tiempo=400;
i=1;
while(i<tiempo)
clc
fopen(USB_Puerto_Serial)
fprintf(USB_Puerto_Serial, 'Localización del puerto serial')
out = fscanf(USB_Puerto_Serial)

Temp(i)=str2num(out(1:4));
Humi(i)=str2num(out(5:9));
plot(Temp, 'g', 'LineWidth', 1.0 );
hold on;
plot (Humi, 'm', 'LineWidth', 1.0);

axis([0,tiempo,15,40]);
legend ('Temperatura', 'Humedad relativa', 'location', 'northwest')
title('Variables: Humedad/Temperatura');
xlabel('Tiempo de entrada 12 horas(8:00am 11:00am 02:00pm 05:00pm 8:00pm)');
ylabel('Humedad/Temperatura (% vs °C)');
grid on

fclose(USB_Puerto_Serial)
i=i+1;
drawnow;
end
delete(USB_Puerto_Serial)
clear USB_Puerto_Serial
```

11. ANEXOS

11.1 Anexo 1. Primera Secuencia Didáctica

Actividad #1: Estudiar el comportamiento de la función de transferencia de salida y de las armónicas de circuitos eléctricos en el dominio del tiempo, en procesos transitorios de circuitos eléctricos RLC (*Resistor, Inductor y Capacitor*) de segundo orden.

Figura 23. Realizar la implementación de manera experimental de un circuito eléctrico de segundo orden formado por una resistencia (R), un inductor (L) y un capacitor (C) conectado en serie resistencia e inductor, y en paralelo el capacitor (ver Fig. 1).

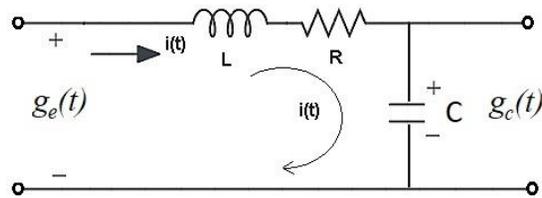


Figura 23. Circuito Eléctrico de Segundo Orden, tipo RLC.

Modelado: Realizar la modelización del circuito eléctrico de segundo orden (RLC) mediante la aplicación de ecuaciones diferenciales empleando la ley de voltajes de Kirchoff en la modelización de un circuito de segundo orden.

Variables: R es la resistencia del resistor, L es la inductancia del inductor, C es la capacitancia del capacitor, $g_e(t)$ es el voltaje de entrada y $g_c(t)$ es el voltaje de salida en el capacitor.

Resuelto por Alumnos:

Pregunta 1: Determinar la caída de voltaje para el circuito eléctrico de segundo orden RLC.

Pregunta 2: A la ecuación encontrada pasarla al dominio de Laplace.

Pregunta 3: Determinar la corriente de entrada.

Pregunta 4: Determinar el voltaje en la salida del capacitor.

Resuelto mediante la Interfaz:

Paso 1: La caída de voltajes alrededor de un lazo cerrado debe ser igual a cero.

$$g_e(t) - L \frac{di(t)}{dt} - i(t)R - \frac{1}{C} \int i(t) dt = 0 \quad (1)$$

Paso 2: Pasando la ecuación (1) al dominio de Laplace.

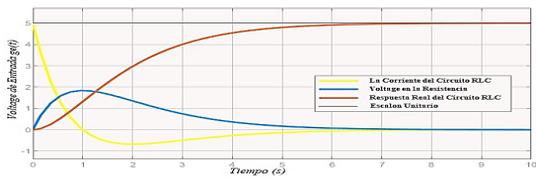
$$G_e(s) - LI(s) - I(s)R - \frac{1}{Cs} I(s) = 0 \quad (2)$$

Paso 3: Despejando de la Ec. (2) la corriente de entrada

$$I(s) = \frac{G_e(s)}{R + Ls + \frac{1}{Cs}} \quad (3)$$

Paso 4: El voltaje de salida del capacitor.

$$G_c(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt \quad (4)$$

<p>Pregunta 5: Al voltaje de salida en el capacitor aplicarle la transformada de Laplace.</p> <p>Pregunta 6: Encontrar la razón del voltaje de entrada con respecto al voltaje de salida en dominio de Laplace.</p> <p>Pregunta 7: Definir la función de transferencia F(s).</p> <p>Pregunta 8: Determinar la función de transferencia que incluye los parámetros de frecuencia natural (f_n) y el factor de amortiguamiento (δ) del circuito eléctrico.</p> <p>Pregunta 9: Calcular los parámetros del circuito eléctrico de acuerdo con las siguientes expresiones.</p> $\delta = \frac{\delta f_n}{f_n} = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}, \delta f_n = \frac{R}{2L}, f_n = \sqrt{\frac{1}{CL}}$ <p>Pregunta 10: Determinar la respuesta de modelización del circuito eléctrico de segundo orden (RLC) en el dominio del tiempo ante un escalón unitario de uno lógico (5 Vcc).</p>	<p>Paso 5: Aplicándole la transformada de Laplace y después despejando la Corriente I(s).</p> $I(s) = \frac{G_o(s)}{1/s} \quad (5)$ <p>Paso 6: La razón del voltaje de entrada con respecto al voltaje de salida.</p> $\frac{E_o(s)}{G_e(s)} = \frac{\frac{1}{Cs}}{R+Ls+\frac{1}{Cs}} \quad (6)$ <p>Paso 7: Para la función de transferencia F(s).</p> $F(s) = \frac{\frac{1}{CL}}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{CL}} \quad (7)$ <p>Paso 8: La función de transferencia que incluye los parámetros de frecuencia natural (f_n) y el factor de amortiguamiento (δ) del circuito eléctrico viene dado por.</p> $F(s) = \frac{f_n^2}{s^2 + 2\delta f_n s + f_n^2} \quad (8)$ <p>Paso 9: Para calcular los parámetros del circuito eléctrico, se usará las siguientes expresiones.</p> $\delta = \frac{\delta f_n}{f_n} = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}, \delta f_n = \frac{R}{2L}, f_n = \sqrt{\frac{1}{CL}}$ <p>Paso 10: La respuesta de modelización de circuito eléctrico de segundo orden RLC en el dominio del tiempo ante un escalón unitario de uno lógico (5 Vcc), viene dada por la gráfica siguiente:</p> 
--	---

11.2 Anexo 2. Segunda Secuencia Didáctica

Actividad #2: Analizar el comportamiento de la corriente encontrada en función del tiempo $i(t)$, formado por una resistencia (R) y un inductor (L) conectado en serie.

Figura 24. A partir de la armónica generada por el circuito eléctrico de primer orden, analizar el comportamiento para el termino transitorio en la función $i(t)$, generada por la armónica de la corriente del circuito eléctrico e identificar los valores de la resistencia e inductor (ver Fig. 2).

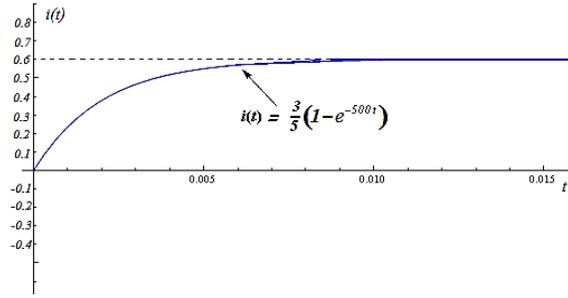


Figura 24. Circuito Eléctrico de Primer Orden, tipo RL.

Modelado: Realizar la modelización de parámetros a partir de la armónica encontrada del circuito eléctrico de primer orden (RL) mediante la aplicación de ecuaciones diferenciales.

Variables: R es la resistencia del resistor, L es la inductancia del inductor, $E(t)$ es el voltaje de entrada y $g_l(t)$ es el voltaje de salida en el inductor.

Resuelto por Alumnos:

Propuesta 1: Desglosar el comportamiento de la armónica, de la función de la corriente $i(t) = \frac{3}{5}(1 - e^{-500t})$

Proceso 1: Fase de diseño. Proceso de modelación matemática, así como el contenido matemático.

Proceso 2: Fase de implementación y análisis de resultados. Lo conforma la implementación del diseño, resolución

Resuelto mediante la Interfaz:

Propuesta 1: Desglosar el comportamiento de la armónica, de la función de la corriente $i(t) = \frac{3}{5}(1 - e^{-500t})$

Proceso 1: Para la Fase de diseño, partimos de la armónica mostrada en la figura 2 su función general se compone de dos soluciones $y = y_c + y_p = i(t) = Ce^{-500t} + \frac{3}{5}$, y también de la hipótesis que es un circuito eléctrico de primer orden con una resistencia y un inductor conectado en serie, es decir de la forma $L \frac{di}{dt} + iR + 0 \frac{1}{C} q = E(t)$.

Proceso 2: Fase de implementación y análisis de resultados. Esto nos lleva a deducir dos coordenadas en el dominio del tiempo $(t, i(t))$, t para el eje horizontal y $i(t)$ en el eje vertical y estas serán: la de $(0,0)$ y la de

<p>de la situación-problema y la noción de modelación matemática en formación.</p>	<p>$(\infty, i(t))$. Donde, podemos decir que $i(t) = -\frac{3}{5}e^{-500t} + \frac{3}{5}$, cuando $t \rightarrow \infty$, $i(t) = \frac{3}{5}$, para esta armónica de corriente en función del tiempo el termino $-\frac{3}{5}e^{-500t}$ le llamaremos termino transitorio, ya que a medida que el tiempo tiende a infinito ($t \rightarrow \infty$), la forma de onda se estabiliza en una constante de corriente $i(t) = \frac{3}{5}$.</p>
--	--

Anexo A

Querétaro, Qro, septiembre de 2023

Comité de Ética Aplicada para la Investigación de la
Facultad de Ingeniería.
Universidad Autónoma de Querétaro
P r e s e n t e.

Mediante el presente documento se da a conocer el Consentimiento Informado de Estudios en Humanos y Tratamiento de Datos, para el proyecto de investigación: **Procesos de cognición en modelizaciones matemáticas desarrolladas bajo interfaz programada en lenguaje C# App-Inventor para web en línea y plataformas x64 en PC.**

Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones para la aplicación de instrumentos:

El estudio por realizar será dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro para el periodo de agosto a septiembre del 2023 para el diseño de Instrumentos y de actividades. Y que, para la aplicación de las secuencias didácticas y el tratamiento de datos, está planeado en el periodo noviembre a diciembre del 2023 y de diciembre del 2023 a enero del 2024, respectivamente.

La investigación por realizar estará enfocada en el modelo de enseñanza-aprendizaje para la determinación de las habilidades del pensamiento abstracto lógico (HPAL) desarrolladas por estudiantes de Ingeniería, mediante la realización de secuencias didácticas mediante modelizaciones matemáticas.

Las consideraciones del tratamiento de los datos, respecto a observar, analizar, registrar y crear el informe de los datos.

En todo momento considerar la ética de investigación respecto de los datos, a aquello que se permita registrar en papel, fotografía, audio y/o video, con la finalidad de respaldar los datos, omitiendo aquellos datos que se considere no deban divulgarse, como el caso de los nombres de los estudiantes para el uso de pseudo nombres; en todo momento se pretende respetar las respuestas de los estudiantes, así como si se decide no responder alguna pregunta; sí en el transcurso de la investigación, se identifica algún dato que no debe registrarse o reportarse en el análisis, para qué se pueda modificar o quitar de la investigación.

Por este medio declaro mi compromiso de llevar a cabo mi investigación de tal manera que

- No exista objeción legal evidente a la naturaleza o al método de investigación.
- La investigación no comprometa inadecuadamente a la comunidad académica, estudiantil o institucional universitaria.
- Se alcanzarán los objetivos planteados, y los resultados tendrán un alto grado de validez.
- A través de la investigación, serán consideradas las limitaciones e interpretaciones alternativas.
- Los resultados podrán estar sujetos a revisión de pares y a su publicación.
- Respetaré aspectos relacionados con derechos de autor y evitaré cualquier práctica que constituya plagio.

Bajo protesta declaro decir verdad en lo expuesto.

Firmas de registro, revisión y aprobación:

Ing. Ignacio Mejía Ugalde	 "EL INGENIO PARA CREAR, NO PARA DESTRUIR" IGNACIO MEJÍA UGALDE Firma	septiembre (2023)
<i>Investigador Responsable</i>		Fecha

Esta solicitud de registro ha sido revisado y aprobado por:

Dr. Jesús Eduardo Hinojos Ramos	 Firma	septiembre (2023)
<i>Asesor responsable de la investigación</i>		Fecha
MDM. Cecilia Hernández Garcíadiego	 Firma	septiembre (2023)
<i>Coordinadora del Programa Educativo</i>		Fecha

Anexo B

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PROYECTUAL

Estimado estudiante, la presente es para invitarle a participar en la investigación titulada "Procesos de cognición en modelizaciones matemáticas desarrolladas bajo interfaz programada en lenguaje C# App-Inventor para web en línea y plataformas x64 en PC". Esta investigación es realizada por Ignacio Mejía Ugalde, estudiante de la Maestría en Didáctica de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Querétaro.

El presente estudio tiene fines educativos, busca aportar de manera significativa a los procesos de enseñanza-aprendizaje en la determinación de los procesos de cognición que pueden desarrollar estudiantes de educación superior e Ingeniería en el desarrollo de nuevos métodos de simulación de circuitos eléctricos que sirva de instrucción a los estudiantes en los procesos de aprendizaje.

Su participación es voluntaria y consistirá en la aplicación de un instrumento didáctico que tiene como objetivo la recolección de sus conocimientos didácticos y matemáticos respecto a los procesos de cognición con fundamento con las Habilidades del Pensamiento Abstracto Lógico (HPAL) que pueden desarrollarse mediante el modelado dinámico de circuitos eléctricos de primer y segundo orden desde una perspectiva de linealización (MDL), estableciendo el análisis del comportamiento de las armónicas del voltaje y de la corriente.

Su participación es totalmente confidencial, ni su nombre, ni ningún tipo de información que pueda identificarlo aparecerá en los registros del estudio, ya que se utilizarán códigos. El almacenamiento de los códigos estará a cargo del investigador responsable. El participar en este estudio no tiene costo y no recibirá ningún pago por estar en este estudio.

Una vez finalizada la investigación y si usted así lo desea, se le entregará un informe con los resultados obtenidos, con copia electrónica, donde podrá conocer los resultados; mismos que serán divulgados en revistas científicas con apego a las normas que exige esta actividad académica de publicación. La información quedará bajo el resguardo del investigador responsable. Si tiene dudas o consultas respecto a su participación en el estudio puede contactar al investigador responsable de este estudio, Ignacio Mejía Ugalde, estudiante de la Maestría en Didáctica de las Ciencias (Matemáticas) en la Universidad Autónoma de Querétaro.

Sin otro particular, se le envía un cordial saludo atentamente y:

Bajo protesta declaro decir verdad en lo expuesto

ATENTAMENTE
"EL INGENIO PARA CREAR, NO PARA DESTRUIR"


Ignacio Mejía Ugalde
Investigador Responsable

AUTORIZACIÓN

Datos generales: Yo _____, estudiante de la facultad de Ingeniería en: _____ Semestre que cursas: _____

Sexo	Mujer	Hombre	Prefiero no decirlo	Omitir
Edad	18 a 20 años	21 a 23 años	24 a 26 años	Más de 26 años
Campus	Amealco	San Juan del Rio	Tequisquiapan	Querétaro

Permiso para estudiantes

Declaro libre y voluntariamente que acepto participar en el estudio titulado: **Procesos de cognición en modelizaciones matemáticas desarrolladas bajo interfaz programada en C# App-Inventor para web y plataformas x64-Android en el lugar, ubicado en; Amealco de Bonfil, San Juan del Rio, Tequisquiapan o Centro universitario Querétaro,** de la Facultad de Ingeniería, en la Universidad Autónoma de Querétaro, después de haber conocido y comprendido en su totalidad la información sobre dicho proyecto, riesgos si los hubiera y beneficios directos e indirectos de mi participación en el estudio.

Firma del estudiante: _____

Permiso de Control

Soy **Ignacio Mejía Ugalde**, estudiante de **Maestría**, de la Facultad de Ingeniería. Estoy realizando una investigación para conocer los procesos de cognición que pueden **desarrollar estudiantes de Educación Superior e Ingeniería mediante modelizaciones matemáticas desarrolladas bajo una interfaz programada en C# App-Inventor para web en línea y plataformas x64 en PC, y con ello potencializar los procesos de aprendizaje mediante modelaciones matemáticas dentro de una secuencia didáctica.** Le agradezco de antemano la atención y el tiempo que dedique para responderlo y quedo a su disposición.

Anexo C

CARTA DE CONFIDENCIALIDAD

Por medio de la presente, el que suscribe: Ignacio Mejía Ugalde, en mi carácter de: Estudiante de la Maestría en Didáctica de las Ciencias, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Querétaro, documento que es mi obligación será respetar la privacidad del participante y mantener la confidencialidad de la información que se derive en consecuencia de la investigación para la elaboración de la tesis: "Procesos de cognición en modelizaciones matemáticas desarrolladas bajo interfaz programada en lenguaje C# App-Inventor para web en línea y plataformas x64 en PC".

Me comprometo indefinidamente a:

1. Mantener la reserva y confidencialidad de dicha información.
2. No divulgar a terceras personas físicas o morales el contenido de la información.
3. No usar la información directa o indirectamente en beneficio propio o de terceros, excepto para cumplir a cabalidad la investigación relacionada al trabajo de tesis.
4. No revelar total ni parcialmente a ningún tercero la información obtenida como consecuencia directa o indirecta de las conversaciones a que haya habido lugar.
5. No enviar a terceros, archivos que contengan la información de los participantes a través de correo electrónico u otros medios a los que tenga acceso, sin la autorización respectiva.
6. En general, guardar reserva y confidencialidad de los asuntos que lleguen a mi conocimiento con motivo del trabajo de investigación que desempeño y en específico a la información precisada.

ATENTAMENTE
"EL INGENIO PARA CREAR, NO PARA DESTRUIR"



Ignacio Mejía Ugalde

Nombre y firma