



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Método de enseñanza/aprendizaje de los sistemas de energía eléctrica actuales con base en una plataforma experimental

Gabriel Jaime Sánchez Zuluaga

Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín
Facultad de minas, Departamento de Energía Eléctrica y Automática
Medellín, Antioquia, Colombia

2020

***Método de enseñanza/aprendizaje de los sistemas
energía eléctrica actuales con base en una
plataforma experimental***

Gabriel Jaime Sánchez Zuluaga

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de: Magister en Ingeniería Eléctrica

Director:

Profesor Andrés Julián Saavedra Montes PhD

Línea de Investigación:

Educación en ingeniería

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de minas, Departamento de Energía Eléctrica y Automática

Medellín, Colombia

2020

Dedicatoria

Dedicado a todos aquellos que no se conforman y que creen que existe una mejor manera, que con pequeñas acciones cambian el mundo.

A Simón Sánchez Rúa, que podamos dejarle a tu generación un mundo mejor que el que nos legaron.

"El aprendizaje es un cambio perdurable en la conducta o en la capacidad de comportarse de una determinada manera, la cual resulta de la práctica o de alguna otra forma de experiencia".

Thomas J. Shuell

Agradecimientos

Gratitud superlativa al universo, por permitirme culminar con éxito las metas propuestas, así como mostrarme que con dedicación y esfuerzo se logran las metas y que los límites son mentales.

A mi familia, por comprenderme y animarme con todo su amor sin dejarme desistir.

A mis amigos por permanecer en los instantes oscuros, de cansancio y estrés, haciéndome mirar estos momentos con humor.

A mi compañera de camino, por su apoyo incondicional frente a esta tarea de largas horas de ausencia.

A mi hijo, quien, a pesar de sus propias ausencias, me impulsa a seguir constante, creyendo en mí cuando a veces, dejo de hacerlo.

A varios profesores, verdaderos orientadores del proceso.

Al laboratorio de máquinas y medidas eléctricas, lugar que me ofreció conocimientos y me brindó la posibilidad de aplicarlos.

Resumen

La presente tesis *propone* un método de enseñanza/aprendizaje para ser aplicado en Laboratorios físicos de ingeniería eléctrica o afines, que genere en los estudiantes una visión holística de los sistemas de energía eléctrica. Desde el punto de vista teórico, el interés se centra en la indagación y comprensión de diversas teorías de aprendizaje, la clasificación de métodos de enseñanza, pedagogías y didácticas contemporáneas como las formas principales actuales de enseñanza y su respectivo estado del arte. Desde el punto de vista metodológico, la investigación presenta la *selección, diseño y producción* de los recursos técnicos requeridos para la implementación de las etapas del método de enseñanza aprendizaje propuesto e integrado en la plataforma de gestión de aprendizaje Moodle. De igual forma, se logra la consolidación de cada una de las fases del método de enseñanza, consiguiendo la integración de conocimientos de diferentes áreas con varios recursos del laboratorio en las Prácticas Integradoras de Conocimientos y Articulación de Recursos (PICAR) y la validación del método formulado gracias a un instrumento de consulta aplicado a grupos de estudiantes. PICAR se aplica en el laboratorio de máquinas y medidas eléctricas ubicado en la Facultad de Minas.

Como resultado de la investigación, el texto presenta la forma como se diseña e implementa PICAR. Adicionalmente incluye una encuesta aplicada a estudiantes de ingeniería eléctrica y control de la Universidad Nacional de Colombia que identifica la percepción que tienen los estudiantes acerca de algunas etapas de PICAR. Finalmente, la tesis plantea recomendaciones y una perspectiva de trabajo futuro para continuar el proceso de investigación en otras fases.

Palabras clave: Método de Enseñanza/Aprendizaje. Prácticas educativas. Plataforma experimental de laboratorios eléctricos.

Abstract

The present thesis proposes a method of teach/learning to be applied in electrical engineering or related on-site laboratories, that generates in students a holistic vision of electrical energy systems. From theory point of view, the mainly interest is the research and understanding of different learning theories, the classification of learning methods, pedagogies and contemporary didactics like the main actual forms of teaching and his own state of art. Since the methodology point of view, this research presents the selection, design and production of technical resources, required for the implementation of the stages of the proposed teach/learning method and his integration in the Learning content management system Moodle. Therefore, consolidation of all phases of the teaching method is achieve, and achieving the integration of knowledge from different areas with various laboratory resources in the Integrative Practices of Knowledge and Articulation of Resources (PICAR) and the evaluation of the method through a survey instrument applied to student groups. PICAR was applied in the machines and electrical measures laboratory located in the Facultad de Minas.

As a result of the research, the text presents the way of design and implementation of PICAR. Also includes a survey applied to the electrical and control engineering students from the Universidad Nacional de Colombia that identifies the perception that students have about some stages of PICAR. Finally, the thesis proposes recommendations and a future work to continue the research process in other stages.

Teaching/Learning method of current electric power systems based on an experimental platform

Keywords: Teach and learning method. Educational practices. Experimental platform from electrical laboratories

Contenido

Resumen	V
Abstract	VI
Capítulo 1- Introducción	11
1.1 Motivación.....	11
1.2 Revisión de la literatura.....	11
1.3 Planteamiento del problema de investigación	17
1.4 Objetivo general.....	19
1.5 Objetivos específicos	20
Capítulo 2- Marco teórico	22
2.1 Teorías de aprendizaje	22
2.2 Pedagogía y didácticas contemporáneas.....	23
2.2.1 Algunas formas de enseñanza actuales	25
2.3 Herramientas de gestión educativa.....	28
2.3.1 Moodle	29
2.3.2 Google classroom.....	29
2.3.3 SCORM y Tin Can API.....	29
2.3.4 Canvas LMS.....	30
2.4 Síntesis de capítulo.....	30
Capítulo 3- Diseño e implementación de un método de enseñanza/aprendizaje:	
Metodología	32
3.1 Prácticas Integradoras de Conocimientos y Articulación de Recursos.....	32
3.1.1 Momento pedagógico introductorio.....	33
3.1.2 Prelaboratorio.....	33
3.1.3 Laboratorio	35
3.1.4 Poslaboratorio	37
3.2 Diseño del método PICAR.....	39
3.2.1 Búsqueda, clasificación y selección de asignaturas.....	40
3.2.2 Correlación de contenidos	41
3.2.3 Consolidación de las prácticas	41
3.3 Conclusiones del capítulo.....	42
Capítulo 4- Aplicación del método y validación	44
4.1 Plataforma experimental.....	44
4.1.1 Paradigma de transformación	45
4.1.2 Incorporación de equipo industrial	46
4.1.3 Seguridad y ergonomía.....	48
4.1.4 Visualización, monitoreo y registro de variables.....	49
4.1.5 Conectividad, comunicaciones y documentación	51
4.2 Empleo del método en las prácticas.....	53
4.2.1 Búsqueda, clasificación y selección de asignaturas.....	53

4.2.2	Correlación de contenidos y consolidación de las prácticas	55
4.2.3	Momento introductorio.....	56
4.2.4	PICAR 1: Caracterización y arranque de un motor sincrónico	57
4.2.5	PICAR 2: Parametrización, modelado y control de un generador sincrónico .	60
4.2.6	PICAR 3: Desarrollo de un sistema de medición de potencia activa aplicado a un sistema de generación con carga.....	62
4.3	Gestión de contenidos	62
4.4	Validación de los resultados	64
4.5	Validación comparativa.....	68
4.6	Resultados de la PICAR 1	71
4.7	Conclusiones del capítulo	76
Capítulo 5- Conclusiones y recomendaciones		77
5.1	Conclusiones	77
5.2	Recomendaciones	79
Bibliografía		80

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1. Diagrama didácticas contemporáneas usadas en PICAR basada en la gráfica presentada por (De Zubiría Samper, 2004)</i>	28
<i>Figura 2. Diagrama resumen del método PICAR</i>	39
<i>Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de la metodología de diseño, método docente</i>	40
<i>Figura 4. Listado y correlación de contenidos</i>	42
<i>Figura 5. Esquema de los elementos que conforman el paradigma de transformación</i>	46
<i>Figura 6. Estación de trabajo con todos los elementos</i>	47
<i>Figura 7. Algunos componentes de la estación de trabajo</i>	48
<i>Figura 8. Terminales industriales de seguridad, protección del motor, gabinete de protección centralizada e indicadores lumínicos</i>	49
<i>Figura 9. Corrientes de arranque de una máquina sincrónica como motor durante el arranque directo</i>	51
<i>Figura 10. Visualización de las formas de onda trifásicas usando el software freewave</i>	51
<i>Figura 11. Códigos QR para la visualización de los videos tutoriales de los equipos</i>	52
<i>Figura 12. Diagrama de conectividad, comunicaciones y documentación</i>	53
<i>Figura 13. Esquema del procedimiento de obtención de las tres PICAR</i>	56
<i>Figura 14. Imagen de la plataforma en el momento introductorio</i>	57
<i>Figura 15. Imagen de la introducción a las PICAR y el momento introductorio</i>	63
<i>Figura 16. Imagen de la PICAR 1 y la actividad juego didáctico</i>	64
<i>Figura 17. Diagrama de columnas presentando las respuestas de los estudiantes en la PICAR 1</i>	66
<i>Figura 18. Diagrama de columnas presentando las respuestas de los estudiantes en la PICAR 2</i>	67
<i>Figura 19. Diagrama de columnas presentando las respuestas de los estudiantes en la PICAR 3</i>	67
<i>Figura 20. Imagen de la propuesta de montaje de la sección de prelaboratorio</i>	71
<i>Figura 21. Montaje del automatismo correspondiente al circuito de la propuesta de laboratorio</i>	72
<i>Figura 22. Gráfica de la corriente de arranque directo</i>	73
<i>Figura 23. Gráfica de corriente de arranque con automatismo</i>	73
<i>Figura 24. Gráfica tomada con el graficador de gridvis</i>	74
<i>Figura 25. Gráfico de armónicos en el generador al 40% de carga</i>	75
<i>Figura 26. Gráfico del THD_V tomado desde el Gridvis</i>	75
<i>Figura 27. Gráfico del THD_V reconstruido con Excel</i>	76

Lista de tablas

	Pág.
<i>Tabla 1. Artículos investigados en la revisión de literatura</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2. Clasificación de los métodos de enseñanza. (Sánchez, 2014)</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 3. Valores nominales en las placas de las máquinas sincrónicas</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 4. Listado de asignaturas con componente práctico de los programas mencionados</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 5. Listado de recursos del laboratorio</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 6. Videos seleccionados para la PICAR 1</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 7. Preguntas del prelaboratorio en la PICAR 1</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 8. Videos seleccionados para la PICAR 2</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 9. Videos seleccionados para la PICAR 3</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 10. Declaraciones positivas incluidas en la encuesta</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 11. Preguntas y respuestas validación comparativa</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 12. Diagramas de porcentaje de cada pregunta</i>	<i>70</i>

Capítulo 1- Introducción

El desarrollo del hombre depende fundamentalmente de la invención.

Nikola Tesla (...)

El propósito de este capítulo es proporcionar una visión general de la tesis iniciando con la motivación y una revisión de la literatura. Así mismo, se muestra lo que suscitó la investigación y los retos que inspiraron el trabajo; la pertinencia y los objetivos. Finalmente se visualiza la estructura del documento.

1.1 Motivación

En 2016 se asumió el desafío de trabajar como técnico en el Laboratorio de Máquinas y Medidas Eléctricas de la Facultad de Minas en la Universidad Nacional de Colombia. En el marco de las funciones, se presentó la oportunidad de conocer el trabajo desarrollado por los docentes y sus estudiantes en cada una de sus prácticas. Fue en aquel momento cuando surgió la inquietud de regresar a la academia y tomar esta decisión motivado por la línea de investigación en educación en ingeniería ofrecida por la Maestría en Ingeniería Eléctrica. En 2018, al iniciar los seminarios de investigación se discutió con el director de tesis la intención pedagógica de abordar un **Método de enseñanza/aprendizaje de los sistemas energía eléctrica actuales con base en una plataforma experimental.**

1.2 Revisión de la literatura

En el contexto de una economía global, los ingenieros del futuro deben comprobar que sus experiencias son más significativas y obtener la motivación adecuada en los programas de

ingeniería por parte de las instituciones de educación superior, para lograr en el egresado una visión holística de los sistemas de energía eléctrica (SEE). En primera instancia, se considera que el trabajo de laboratorio es un eje integrador de conceptos, llevando al objetivo de lograr una visión global de los SEE. A continuación, se ejemplificarán algunos casos de otras universidades alrededor del mundo que respaldan las anteriores premisas.

Investigadores de la *Colorado State University* con el apoyo de *National Science Foundation*, consiguieron innovaciones pedagógicas con base en la integración del conocimiento para entender el “porqué” de los SEE. Los estudiantes aprenden de actividades llamadas “manos a la obra” (en inglés, *hands on*) y de la integración de componentes que se encontraban segregados en la práctica. Estos investigadores afirman que la problemática sobre las bajas tasas de graduandos y la deserción en ingenierías, específicamente de eléctrica y computación con cifras alrededor del 35% de estudiantes graduados, se deben principalmente a la estructura del currículo mismo y proponen reformar los cursos en *learning studio modules* (LSM) transversales a los cursos y la integración de actividades. Cada LSM es autónomo y aborda un concepto de anclaje y un conjunto de subtemas en un área de competencia central dada (Maciejewski et al., 2017).

Por medio de diseños propios de hardware, en *The college of new jersey*, Estados Unidos, lograron la actualización de un laboratorio, con una propuesta de técnicas que pudiesen ser utilizadas por pequeñas instituciones de pregrado, como ellos lo indican. La implementación de un sistema de potencia inteligente para el estudio de tecnologías emergentes como generación renovable, almacenamiento de energía en redes interconectadas, transmisión DC y sistemas de medición digital, avalaron su investigación, con la premisa de la adaptación de infraestructura existente con tecnologías locales, tomando la experiencia obtenida por otras universidades (Deese, 2015).

Algunas instituciones de enseñanza en ingeniería utilizan simulaciones como única herramienta complementaria a la teoría, dejando de lado lo que aporta la formación con base en la experimentación. En la formación con prácticas se acerca al estudiante al trabajo en campo, lo que mejora sus habilidades para desempeñarse en la industria, donde algunos egresados llegan al terminar sus estudios. Al respecto conviene decir que los conceptos experimentales juegan un papel primordial en el aprendizaje, y es por ello que las metodologías de enseñanza en la ingeniería deben actualizarse, facilitando un

aprendizaje estimulante y global en los bancos de trabajo del laboratorio, que consiga atraer a nuevas generaciones a estudiar los programas (Jadidian et al., 2016).

De lo anterior se evidencia la necesidad de estimular a los estudiantes a tomar cursos de ingeniería que incluyan estrategias innovadoras e interactivas, y que aporten a su formación en un mundo cambiante y globalizado. Se establece una vez más, que los ejercicios de laboratorio han tenido un rol elemental en el progreso de la experiencia del aprendizaje, resultando muy eficaces en la enseñanza de los cursos y posibilitando mantenerlos inspirados, brindándoles a través de la experiencia teórico-práctica la satisfacción de observar el funcionamiento del fenómeno, como se puede evidenciar en el trabajo de (Shahnia et al., 2016), quienes propusieron un método que consta de simulaciones por computador y experimentos prácticos, divididos en 5 sub-tópicos: Prelaboratorio, manual de laboratorio, video-tutoriales, simulaciones por computador y prácticas de laboratorio. El método fue evaluado con base en la satisfacción de los estudiantes y las notas obtenidas en el curso. La incorporación del método hizo más atractivo, motivador y comprensible el curso, optimizando la recordación del conocimiento, lo que lleva a considerar la aplicación de dichas técnicas en el desarrollo de la metodología propuesta en esta tesis.

Hay que mencionar, además que las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) han cambiado la manera de realizar muchos procesos cotidianos, convirtiéndose en una gran herramienta para el desarrollo de plataformas de aprendizaje virtuales. Por dichas razones, varios laboratorios han implementado entornos virtuales que acercan a estudiantes en cualquier parte del mundo a las prácticas y contenidos interactivos proporcionados por el laboratorio. Con la interacción de software como LabView, se posibilita la manipulación de objetos virtuales-VI para el control de sensores y actuadores, obteniendo una aproximación de las variables adquiridas por los instrumentos de manera remota (Yazidi et al., 2011). De manera semejante, se hace con el aprendizaje de la distribución de energía eléctrica y el ingreso de la generación distribuida a la red eléctrica convencional, a través de bancos de pruebas multiplataforma basados en tecnologías IED's (*Intelligent Electronic Devices for Power Systems*), en la enseñanza de redes activas de distribución (Maza-Ortega et al., 2017).

Por otro lado, el desarrollo de un laboratorio reconfigurable donde se estudia el funcionamiento a escala de un sistema de distribución, fue implementado por

investigadores de *Drexel University*, Filadelfia (Yang et al., 2005), obteniendo un cambio en el plan de estudios que incluye nuevas prácticas híbridas entre simulación y “manos a la obra” a través de una interfaz gráfica diseñada por ellos mismos para interactuar con el control de los equipos.

Mientras tanto, los autores de (Chowdhury et al., 2019), presentan un método de tres pasos para resolver algunos de los problemas de la enseñanza práctica en la *Royal Melbourne Institute of Technology (RMIT University)* derivados del recorte de recursos, en el método se destaca el uso de videoclips sobre experimentos realizados en un laboratorio de ingeniería. Las ventajas de esta práctica pueden ser integradas a un nuevo método que busque una formación holística de los estudiantes de programas vinculados a los sistemas de energía eléctrica.

El trabajo elaborado por Herrera y su grupo de trabajo (Herrera et al., 2013), enfrenta el reto de atender a la población de estudiantes que poseen múltiples ocupaciones, (e. g. estudiantes que combinan el estudio con el trabajo) y que cuentan con la aprobación de la comisión europea de educación superior. Estos estudiantes se ven afectados debido a que tradicionalmente las prácticas son atendidas en las instalaciones de los laboratorios, lo que limita su asistencia. Este fue el motivo para la creación de un laboratorio disponible las 24 horas para la realización de prácticas de manera remota, la que consta de un banco de trabajo con una máquina sincrónica acoplada a una DC, y que permite la medición y control de las variables a través de una interfaz amigable sobre la plataforma Moodle desarrollada por ellos mismos.

El método denominado *Blended learning (B-learning)*, es un modo de aprendizaje donde se combina la enseñanza presencial con la no presencial. Esta aproximación llevó a los autores (Perez Pinal et al., 2016) a plantearse el desarrollo de un laboratorio virtual de máquinas eléctricas (prototipo de una estación) apoyado en el uso de *Labview Web Server*, que proporciona la interfaz Máquina-Humano (HMI) por medio de objetos virtuales, con máquinas DC acopladas, módulos de medición de corriente y voltaje, una tarjeta de adquisición de datos y una etapa de control del campo y armadura, conformando un lazo cerrado de control, al que pueden acceder de manera remota los estudiantes. La fundamentación del proyecto es la técnica *B-learning* usada, y que con la debida adaptación podría ser aprovechada en el método enseñanza/aprendizaje en los cursos de

máquinas eléctricas e ingenierías afines aportando al estudiante a la obtención de una visión global del sistema de energía eléctrica.

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta, es la evaluación que realizan las entidades para la comprobación de calidad universitaria. Parte de la comprobación que efectúan en diferentes países, son las destrezas y habilidades aprendidas por los ingenieros en el laboratorio. Por esta razón, se investiga la relación entre los experimentos e instalaciones para determinar la satisfacción de los estudiantes en el laboratorio, y con el fin de mejorar la calidad en la educación impartida a los estudiantes, realizar cálculos constantes es transcendental (Nikolic et al., 2015). La herramienta tipo encuesta es esencial dentro de la investigación objeto de estudio, debido a que puede medir el impacto del método propuesto en los estudiantes.

En la actualidad, la generación de información mundial es tan alta que los educandos se ven abrumados por tal cantidad y los estudiantes actuales, que crecieron con smartphones y conectados a redes sociales y videojuegos, son un poco diferentes a los profesores que los están formando para el futuro lugar de trabajo. Esta es la apreciación de M. Muñoz-Organero y su equipo (Muñoz-Organero et al., 2012), quienes creen que pueden usar esta situación a favor, con la creación de las píldoras de aprendizaje, que son enviadas a los estudiantes durante la clase (una por sesión) a sus celulares, y son creadas por los mismos docentes. Constan de un corto ejercicio que debe ser resuelto por el estudiante individualmente, contemplando los principales conceptos que se ven a través de la clase. Aseguran que con este método se incrementó el interés por los cursos probados en un 58%, medido con diferentes encuestas realizadas a los estudiantes que se inscribieron en el curso con esta modalidad, teniendo la posibilidad de consumir las píldoras o no, lo cual agregó un contraste adicional a los resultados. En este sentido, la metodología que propusieron, alcanza a capturar el interés de los estudiantes al introducir nuevas técnicas de uso del dispositivo que sirve en este presente para mucho más que contestar llamadas y podría contemplarse el uso de estas píldoras interactivas en la presente investigación.

Finalmente, los autores de (Choudhury & Rodriguez, 2017), analizan la cambiante escena donde deberá desenvolverse el ingeniero del futuro, con un mercado globalizado y avances tecnológicos en los que se ven envueltos. El método que proponen reflexiona sobre la naturaleza del programa curricular, el estudiantado, la necesidad de la industria y previas experiencias de enseñanza, con eje en el método mismo. Esto incentivó la reforma del currículo, obteniendo una metodología multimodal de aprendizaje, contemplando prácticas

de laboratorio, asistencia por computadora y resolución de problemas de manera analítica, adquiriendo resultados como el incremento del promedio en las notas obtenidas por los estudiantes después de implementarlo. El resultado que obtuvieron, toma en cuenta los hábitos actuales de aprendizaje en los estudiantes, lo cual es de mucho interés para la implementación en el método propuesto en esta tesis. No obstante, no es un alcance de esta investigación la reforma curricular de ningún curso, pero es interesante como abordan el análisis de las costumbres de los *millennials* para perfeccionar la propuesta.

En conclusión, el uso de varias técnicas pedagógicas y la necesidad de herramientas que permitan la gestión de contenidos está presente en los métodos actualmente utilizados y creados en diferentes instituciones de educación superior por investigadores y profesores que buscan alternativas para transmitir mejor los conocimientos a sus estudiantes. En consecuencia, en el método de enseñanza/aprendizaje propuesto en el capítulo 3 se integran varios de estos enfoques pedagógicos y una herramienta de gestión de aprendizaje y contenidos, como alternativa al problema de investigación planteado.

Artículo	Usa internet	Se implementa en un laboratorio virtual	Integra varias áreas de conocimiento	Tiene evaluación por parte de los estudiantes	Se implementa en un laboratorio físico	Utiliza sistemas de gestión de aprendizaje	Hace énfasis en la visualización de las variables	Utiliza técnicas modernas de pedagogía
(Chowdhury, Alam, & Mustary, 2019)		X	X	X	X	X		X
(Maciejewski et al., 2017)	X	X	X	X	X			X
(Choudhury & Rodriguez, 2017)	X		X	X	X	X		X
(Maza-Ortega et al., 2017)			X		X		X	
(Jadidian et al., 2016)			X	X	X		X	
(Shahnia, Moghbel, & Yengejeh, 2016)	X	X	X	X	X	X	X	X
(Chen et al., 2016)			X			X	X	X
(Perez Pinal et al., 2016)	X	X	X		X	X	X	X
(Deese, 2015)			X		X		X	
(Nikolic, Ritz, Vial, Ros, & Stirling, 2015)	X		X	X	X			
(Serna et al, 2015)			X	X				X
(Herrera, Márquez, Borrero, & Sánchez, 2013)	X	X	X		X	X	X	X
(Muñoz-Organero, Muñoz-Merino, & Kloos, 2012)			X	X	X			X
(Yazidi, Henao, Capolino, Betin, & Filippetti, 2011)	X	X	X		X		X	
(Yang, Carullo, Miu, & Nwankpa, 2005)			X		X		X	
(Gedra et al., 2004)			X	X	X		X	

Tabla 1. Artículos investigados en la revisión de literatura

En concordancia con la Tabla 1, se realiza un análisis de la información condensada, encontrando que el parámetro de integración es común en todos los artículos revisados, así mismo se observa que la implementación en laboratorios físicos es de un 87,5% y tan solo un 37,5% en laboratorios virtuales. En el caso de la visualización de las variables el 62,5% aplica esta herramienta formativa y el uso de internet solo se refleja en un 43,75%, siendo aún menor la implementación de algún sistema de gestión de aprendizaje con un 37,5%. Por otra parte, en la utilización de técnicas modernas de pedagogía se aprecia una buena aceptación, al igual que la evaluación por parte de los estudiantes con un 56,25% concluyendo que son necesarios los esfuerzos realizados en esta parte para aportar al mejoramiento de los cursos y enseñanzas impartidas.

1.3 Planteamiento del problema de investigación

Con base en el análisis de la literatura planteado en la Tabla 1 se observa que, en la actualidad, la industria requiere ingenieros electricistas y profesionales afines que posean una visión holística de los SEE, es decir con conocimientos integrales en diferentes áreas involucradas en los sistemas de energía eléctrica. Sin embargo, la mayoría de los programas de formación que poseen componente práctica, aún enseñan los conceptos del sistema de energía eléctrica desagregados. Esta situación restringe la capacidad de aprendizaje de los estudiantes al no ver la importancia de su profesión en los diferentes campos de acción (Maciejewski et al., 2017), al igual que los egresados de los programas con currículos tradicionales, adquieren una visión limitada del SEE. También se evidencia que la falta de unificación de los conceptos en el laboratorio demuestra una carencia de relación entre los conocimientos del SEE en los programas de ingeniería, limitando las habilidades de los egresados (Gedra et al., 2004).

Como consecuencia, y dado que la formación práctica es un complemento fundamental a la teoría vista en clase, los laboratorios deberían ser componentes integradores de conceptos. No obstante, no se ha logrado agrupar los temas que integran una red eléctrica inteligente al interior de estos, e. g. electrónica de potencia, análisis de sistemas de potencia y máquinas eléctricas (Maza-Ortega et al., 2017).

Así mismo, y como lo demuestran su investigación (Chen et al., 2016) de *Colorado State University*, hay una baja tasa de graduandos en las carreras de ingeniería eléctrica e informática (*ECE* por sus siglas en inglés), y aunque son muchas las posibles causas, debaten una en particular, la relación de esfuerzo requerido en los programas debido a la rigidez en los planes de estudios y el entorno de aprendizaje tipo conferencias que desalienta el aprendizaje activo y basado en la investigación. También muestran las bajas tasas de graduandos en estos programas en los Estados Unidos, lo que ha generado una gran preocupación por parte del gobierno, revelando en el estudio un incremento de graduandos en otras carreras profesionales y a su vez una disminución de un 15% de estudiantes interesados en carreras *ECE*.

Como se ha mencionado anteriormente, son muchas las causas que provocan la deserción de los estudiantes y también diversas las consecuencias. Motivos voluntarios, como cambiar de carrera, por conseguir un trabajo, problemas financieros, problemas personales o circunstancias familiares, por mencionar algunas. Los resultados de estas decisiones, suman a la problemática descrita, generando consecuencias que para la sociedad (en términos socioeconómicos), para la universidad y a nivel personal como endeudamientos, pérdida de tiempo y dinero (Kehm et al., 2020).

Los elementos mencionados anteriormente, varían de acuerdo al contexto de las sociedades, como el caso de la *Colorado State University* mencionado con antelación, donde consideran, que tan solo el 50% que inicia estos programas de ingeniería lo terminan. Por esta razón, el gobierno de los Estados Unidos ha convertido esta problemática en una prioridad nacional.

Por otro lado, en Chile se argumenta la deserción en casi un 40% de los estudiantes universitarios una población donde el 29.9% de habitantes entre los 25-34 años no tiene educación terciaria, evidenciaron específicamente en ingenierías la deserción relacionada con los cursos de alta tasa de reprobación, también conocidos como cursos de barrera (Salazar-Fernandez et al., 2019). En la misma región suramericana, específicamente en Perú, reportan al 2017 un incremento en la deserción del 48% de la población universitaria (Tirado-Mendoza et al., 2019).

Así mismo en Colombia, agremiaciones como la sociedad antioqueña de ingeniería (SAI) y asociación colombiana de facultades de ingeniería (ACOFI) han advertido que el déficit

de ingenieros en el país aumenta cada año (Serna et al, 2015) y las cifras de deserción nacional en los programas técnico y tecnológico, llegan al 62.18% y 59.53% respectivamente, y para la Educación Universitaria se encuentra en un 44,93% en el 10 semestre, en instituciones públicas es superior esta cifra con un 49.21%, sin contar con la deserción temprana, que en algunos casos llega al 75%. También realizaron una revisión sistemática para precisar las características del estrés académico que incide en la salud mental de la población universitaria (Higuera Martinez, 2017).

La Organización Panamericana de Salud, a ubicado a la educación como una variable vital en el desarrollo de un país y el Ministerio de Educación Nacional atribuye el porcentaje de 52% de deserción a condiciones individuales, socioeconómicas, institucionales y financieras, sin tener en cuenta que la segunda causa, después de la económica es el cambio de carrera, lo que puede dar un indicio de los vacíos para que los estudiantes se adapten al sistema educativo (Sánchez-arévalo et al., 2018).

Después de analizar el problema, se evidencia una constante mundial en las ingenierías como las carreras con mayor grado de dificultad para los estudiantes, y en muchos casos, carencia de orientación de los jóvenes que ingresan sin un entrenamiento previo vocacional y sin estímulo, entre otras posibles falencias de cursos anteriores.

Surge entonces la posibilidad de proponer un método que resuelva en parte la carencia de relación entre contenidos de áreas afines al SEE, integrando conocimientos y recursos de laboratorio, motivando a los estudiantes con diferentes técnicas pedagógicas y contribuya a bajar las tasas de deserción en carreras afines al SEE.

1.4 Objetivo general

Proponer un método de enseñanza/aprendizaje para ser aplicado en el Laboratorio de máquinas y medidas eléctricas, que genere en los estudiantes una visión holística de los sistemas de energía eléctrica.

1.5 Objetivos específicos

- Establecer los recursos físicos y sus características interactivas, asociados a una estación de trabajo en el laboratorio de máquinas y medidas eléctricas e identificar las áreas de conocimiento asociadas a los sistemas de energía eléctrica.
- Integrar la operación de los recursos físicos y el software de una estación de trabajo en el laboratorio de máquinas y medidas eléctricas.
- Definir las etapas de un método de enseñanza/aprendizaje que utilice una estación de trabajo del laboratorio de máquinas y medidas eléctricas y las características más destacadas de algunos métodos utilizados en laboratorios de ingeniería.
- Seleccionar, diseñar y producir los recursos necesarios para implementar las etapas de un método de enseñanza aprendizaje propuesto e integrarlos en la plataforma de gestión de aprendizaje moodle.
- Integrar las etapas del método de enseñanza y validar el método propuesto a través de un instrumento de consulta aplicado a grupos de estudiantes.

El resto del documento se encuentra organizado como sigue, en el segundo capítulo se abordó el marco teórico y el estado del arte de las áreas de investigación estudiadas en el trabajo, de acuerdo con lo anterior: teorías de aprendizaje, clasificación de métodos de enseñanza, pedagogía y didácticas contemporáneas, formas principales actuales de enseñanza y estado del arte. En el tercer capítulo se materializó metodológicamente los objetivos específicos de la investigación. En este capítulo se explica, de manera detallada, la forma como se realizó la construcción y desarrolló del método propuesto. En el cuarto capítulo se proponen los resultados de la implementación del método y las herramientas obtenidas a partir del ejercicio en práctica del método. Finalmente, en el quinto capítulo se ofrece no solo las conclusiones y recomendaciones sino una perspectiva de trabajo futuro para continuidad del proceso de investigación en otras fases. Que esta tesis, que fue parte del proceso inicial de formación teórica y metodológica como investigador en el campo de la Ingeniería Eléctrica, contribuya a la generación de nuevos y fértiles espacios de

reflexión, tanto en el entorno académico como en el ámbito práctico, especialmente por parte de estudiantes en formación próximos a desempeñarse como profesionales y docentes que puedan disponer de otros recursos como un *Método de enseñanza/aprendizaje de prácticas integradoras de conocimientos y articulación de recursos PICAR*.

Capítulo 2- Marco teórico

El propósito de este capítulo es proporcionar una visión general del área de estudio, iniciando con una introducción a las teorías de aprendizaje tradicionales, los cimientos psicológicos de las pedagogías contemporáneas y algunos métodos utilizados para conformar técnicas didácticas actuales. Así mismo, se muestra la revisión de la literatura; y la pertinencia de la tesis de maestría. Finalmente se visualizan algunas herramientas de gestión de contenidos de aprendizaje, aportando al cumplimiento de los objetivos uno y tres de la presente tesis.

2.1 Teorías de aprendizaje

La base de cualquier método de enseñanza tiene su origen en las teorías del aprendizaje, y cada teoría tiene su definición marcada por el enfoque psicológico en el que cada autor ha tomado como base. Las didácticas más conocidas y debatidas desde inicios del siglo XX son el conductismo, el cognitivismo y el constructivismo. Estas corrientes las inició John B. Watson con la creación de la escuela conductista publicando en 1913 el artículo titulado: *“La psicología tal como la ve el conductista”* (Watson, 1913). Algunos de los primeros experimentos de esta corriente psicológica tienen su origen en el condicionamiento clásico, como los realizados por Ivan Petrovich Pavlov, conocidos como los perros de pavlov (Clark, 2004). Así mismo, en un estudio contemporáneo a Pavlov, Edward Lee Thorndike (Thorndike, 1936) experimentó con gatos y su forma de aprendizaje proponiendo la llamada ley del efecto, estableciendo que los animales aprendían por ensayo y error. Los experimentos realizados por estos dos pensadores serían posteriormente practicados en humanos.

Más tarde el psicólogo Burrhus Frederic Skinner (Skinner, 1975) propondría el paradigma del conductismo radical. Skinner se convertiría en su mayor expositor introduciendo los conceptos de refuerzo positivo y negativo, creando un ambiente donde el conductismo se

transformó en una influencia directamente a la psiquis de las personas, menos a la fuerza y más a la manipulación del comportamiento. Esta línea de pensamiento entró en declive en los años 50, con el surgimiento de la revolución cognitiva.

Por primera vez, investigaciones fundamentadas en la psicología cognitiva, avanzaron a la comprensión del otro y lo que ocurre en su mente cuando aprende, cuestionando la manera en que se educa, como esa persona se prepara para aprender y el pensamiento intuitivo, bajo la premisa de que la actividad intelectual es igual en cualquier parte (Bruner, 1965). Anteriormente se entendía a los niños como sujetos que debían ser moldeados por el ambiente donde crecían, y sus padres delegaban este rol a cualquier modelo, por ejemplo, la televisión y la creciente programación televisiva de la época. Jean Piaget, por su parte, propone la teoría del desarrollo cognitivo planteando que estos pequeños tratan de interpretar el mundo que los rodea bajo la experimentación y su propia lógica, circunstancia que va trazando patrones a medida que su comprensión madura al punto de volverse predecible. Expone también cuatro postulados (Piaget, 1976):

- El aprendizaje inicia en las necesidades y los intereses del aprendiz.
- El aprendiz debe aprender por sí mismo en un proceso basado en su experiencia.
- Las relaciones afectivas y sociales juegan un papel importante en el proceso de aprendizaje.
- Las experiencias escolares y extraescolares debes ser parte de un todo, no procesos individuales.

Luego, habiendo superado la influencia del conductismo extremo, la comprensión del otro nos lleva a centrar la atención en el estudiante, tal y como lo definió David P. Ausubel en 1963 con su explicación temprana sobre una teoría cognitiva del aprendizaje verbal significativo. Ausubel posteriormente publicó lo que se convertiría en la teoría del aprendizaje significativo, con bases arraigadas en el cognitivismo, pero afrontando todos los factores que aseguran la adquisición, asimilación y retención de los contenidos que tiene para ofrecer una institución de educación (Rodríguez Palmero et al., 2008).

2.2 Pedagogía y didácticas contemporáneas

En la actualidad, el paradigma de la enseñanza moderna plantea muchos desafíos a los diseñadores de instrucción y docentes, quienes para lograr una completa transferencia de conocimientos deben ser innovadores, propositivos y verdaderos motivadores. Por estas

razones, se deben incorporar varios enfoques pedagógicos en la labor de compartir el conocimiento, tales como técnicas de cognición distribuida, aprendizaje basado en problemas, didáctica problémica, didácticas activas, aprendizaje significativo entre otros. Así mismo, como diseñador de instrucción es necesario tener la habilidad para diagnosticar y analizar los problemas prácticos del aprendizaje en la experimentación, para saber aplicar varias de estas técnicas a un método propuesto.

Un método de enseñanza puede definirse como una manera concisa de enseñar a otros con base en alguna herramienta específica. De igual forma existen muchas herramientas metodológicas que han sido categorizadas bajo diferentes enfoques. A continuación, se muestra una clasificación general donde se agrupan algunos métodos de acuerdo a la relación con la acción que deben realizar los estudiantes, ver Tabla 2.

Clasificación de algunos métodos de enseñanza		
Método	Relación con el estudiante	Descripción
En cuanto a la forma de razonamiento	Deductivo	Procede de lo general a lo particular.
	Inductivo	Por medio de casos particulares, se basa en la experiencia y en la participación.
	Analógico o comparativo	El pensamiento va de lo particular a lo particular. El método científico requiere de la analogía para razonar.
En cuanto a la organización del curso	Basado en la lógica de la tradición o de la disciplina científica	Cuando los datos van desde lo menos a lo más complejo o desde el origen hasta la actualidad.
	Basado en la psicología del estudiante	Corresponde a los intereses y experiencias del alumno. va de lo conocido a lo desconocido por él.
En cuanto a su relación con la realidad	Simbólico o verbalista	Cuando el lenguaje oral o escrito es casi el único medio de realización de la clase.
En cuanto a las actividades externas del estudiante	Intuitivo	Parte de actividades experimentales, o de sustitutos.
	Pasivo	Los estudiantes no discuten ni se cuestionan.
	Activo	Participación activa de los estudiantes
En cuanto a sistematización de conocimientos	Globalizado	Aborda los temas de acuerdo a las necesidades. Estrategia transversal a las asignaturas.

	Especializado	Cuando las áreas, temas o asignaturas se tratan independientemente.
En cuanto a la aceptación de lo enseñado	Dogmático	Impositivo. Es aprender antes que comprender.
	Heurístico o de descubrimiento	Comprensión de los temas, no memorización, descubrimiento por parte del estudiante.

Tabla 2. Clasificación de los métodos de enseñanza. (Sánchez, 2014)

La pedagogía es el fin último de la enseñanza de manera profesional, y para estar al día con los estudiantes actuales es necesario conocer, elegir y practicar diferentes métodos didácticos adaptándolos a la metodología personal.

Dentro de este marco ha de considerarse dos corrientes metodológicas: didáctica heteroestructural y la didáctica autoestructural. La primera es aquella que se imparte de manera “tradicional”, es decir, el profesor decide la temática y solo él construye la guía para transmitir el conocimiento a los estudiantes, quienes lo absorben de manera pasiva. La segunda es la autoestructural, denominada así debido a que el profesor es un acompañante que no impone sus ideas y permite que sean ellos los que procesen la información, planteen una solución a un problema o una idea de manera grupal o individual, haciendo que la didáctica sea activa. Con esta mirada, se puede considerar el eje central de toda didáctica contemporánea, la comprensión del otro, donde la suma de las dos anteriores da como resultado la didáctica interestructural (M. de Z. Samper et al., 2004). En esta pedagogía, el docente conduce a los estudiantes a una participación activa planteando una idea principal e invitándolos de manera responsable a hacer indagaciones, explorar, formular hipótesis y realizar revisiones bibliográficas, sin dejar de lado la guía para evitar la anarquía que puede generar una actividad de enseñanza muy participativa.

2.2.1 Algunas formas de enseñanza actuales

Los procesos cognitivos suceden de diferentes maneras en cada persona, es por ello que depende de la interpretación que cada individuo haga de los conceptos nuevos adquiridos, ahora bien, puede afirmarse que el proceso de aprendizaje sucede cuando un individuo atribuye significado a un concepto que le brinda la experimentación de su realidad. Todas estas observaciones llevan a la idea de aprendizaje significativo, que a su vez está enmarcado en un gran componente llamado didáctica cognitiva. Por esa razón, una vez la

persona capta y aprehende los conceptos, sucede la transformación en instrumentos para la comprensión de la realidad y posteriormente en objetos de pensamiento, tarea que se da progresivamente a medida que el individuo logra entenderlos como objetos de su conocimiento (Rodríguez Palmero et al., 2008).

Otro rasgo de la actualidad son las didácticas activas, las cuales se basan en promover la pedagogía del interés y del esfuerzo, así como la pedagogía de lo vivencial. En particular, esta técnica propone al profesor como un orientador que guía a sus estudiantes y los motiva a que realicen trabajos autónomos y socialicen sus experiencias, los estudiantes, por su parte, comprenden que deben esforzarse por sí mismos, por alcanzar las metas propuestas bajo directrices que los impulsan a investigar, consultar, experimentar, manipular, clasificar y socializar compartiendo sus aprendizajes. Las didácticas activas son propuestas pedagógicas que se basan en grandes cambios en los aspectos filosóficos, literarios, políticos y sociales de la era moderna, que han llevado al cambio de dinámicas en la vida de las personas (De Zubiría Samper, 2004).

Para ilustrar mejor, se exponen los comportamientos de las personas con fenómenos como las redes sociales, donde la información puede llegar a intoxicar si no se es cuidadoso y donde se relacionan, se entretienen, se buscan intereses particulares, se hacen negocios, entre otras muchas actividades. Precisamente, este es el potencial que se quiere aprovechar encasillando a los videos con propósitos educativos, como una didáctica activa, ampliamente utilizada en la actualidad. De igual manera, el auto ritmo hace parte de las didácticas activas. En estas el estudiante elige libremente su trabajo y lo ejecuta a su ritmo, lo que puede lograr con los videos y las lecturas, donde puede releer, pausar adelantar y atrasar cuantas veces lo desee y considere necesarias para lograr su objetivo.

La gamificación o ludificación es otro concepto que hace parte de las didácticas modernas y su definición no está unificada, debido a que tiene diferentes orígenes y son muchos los campos en los cuales se está difundiendo, es decir, si es académico o empresarial, en vista de que los enfoques son muy diferentes. Con todas las definiciones que se encuentran podría redefinirse como: el uso de estrategias, modelos, dinámicas, mecanismos y elementos de los juegos en contextos de no-juegos, con el objetivo de transmitir un mensaje o un contenido o cambiar comportamientos a través de una experiencia lúdica que fomente la motivación, el compromiso con el tema y la diversión (Llorens-Largo et al., 2016).

Con el propósito de contextualizar la gamificación en un marco pedagógico, podría decirse que está sujeto a diferentes técnicas, y sigue algunas reglas establecidas por algunos enfoques pedagógicos como la enseñanza para la comprensión, y esta, a su vez está categorizada en las didácticas cognitivo-afectivas. Como se describió anteriormente, no está directamente ligado con ninguna corriente psicológica, pero si lo está con muchas mecánicas usadas en las didácticas contemporáneas y específicamente en la mencionada enseñanza para la comprensión, se observa cómo las personas aprenden con rapidez aquello que les facilita el desarrollo de una tarea que les genera satisfacción. Por ello se incluyen escenarios en los cuales el jugador es recompensado con medallas, monedas, barras de progreso, puntuación, posiciones, entre otras estrategias propias de los juegos sin dejar de lado la estrategia pedagógica de enseñar un concepto, contenido o tema de un curso o un laboratorio.

Ahora se puede decir que los foros de discusión o aprendizaje entre pares, hacen parte de las formas comunicativas para expresar el conocimiento. Al poner en práctica la comprensión ante otros, el estudiante se ve obligado a realizar una síntesis y una interpretación del tema para compartirlo con su igual. Esta técnica hace parte de las didácticas activas y la pedagogía afectiva, debido a que se genera cierta empatía por el otro al que se le quiere explicar o enseñar una lección aprendida.

Lo que se ha descrito hasta el momento se fundamenta en las principales formas actuales de enseñar, y están agrupadas en tres tipos: funcionales, estructurales y existenciales, de los cuales se derivan varios subtipos, especificados según que enseñar, como puede verse en la Figura 1, donde se muestra la raíz de las metodologías utilizadas para lograr conformar el método de enseñanza/aprendizaje propuesto en esta tesis.

En resumen, las didácticas contemporáneas combinan métodos tradicionales con interactivos, donde tanto el estudiante como el profesor participan de manera activa, en busca de una formación para lograr individuos globalizados, íntegros, con competencias adaptables y recursivas. Cabe destacar que estas didácticas, exaltan el recurso metodológico, es decir, las herramientas lúdicas como aprendizaje experimental.

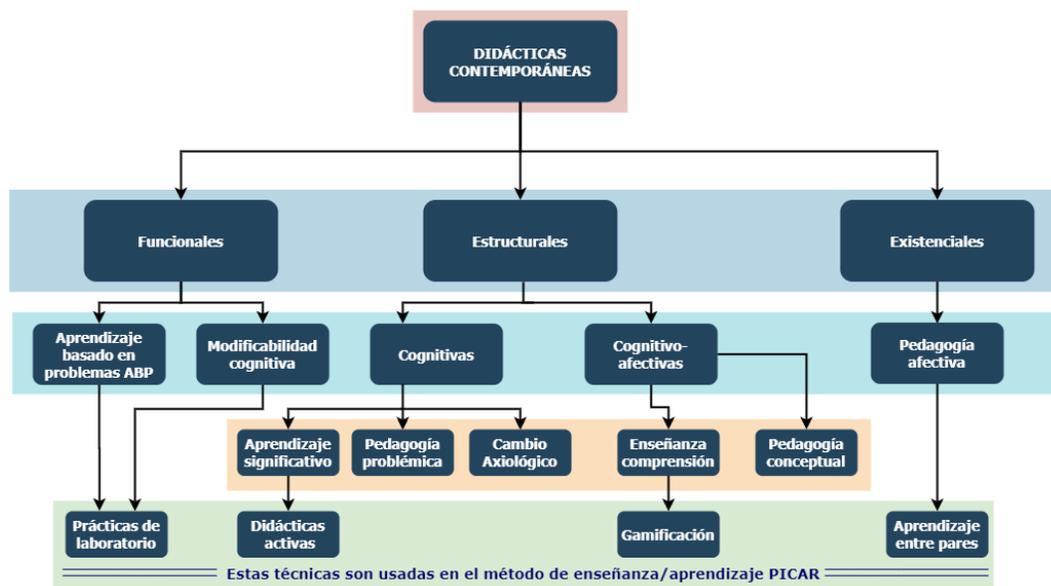


Figura 1. Diagrama didácticas contemporáneas usadas en PICAR basada en la gráfica presentada por (De Zubiría Samper, 2004)

2.3 Herramientas de gestión educativa

El diseño de instrucción es una actividad conectora entre la investigación del aprendizaje básico y la práctica educativa, razón por la cual, el diseñador debe tener la habilidad para diagnosticar y analizar los problemas prácticos del aprendizaje en diversas áreas. Así mismo, comprender las diferentes fuentes potenciales de solución, como las teorías del aprendizaje humano (De Zubiría Samper, 2004). Como resultado, los individuos que se enfrentan a problemas prácticos de aprendizaje no pueden restringirse a una sola posición teórica. Ellos deben examinar cada una de las teorías de la ciencia básica desarrolladas por psicólogos al estudiar el aprendizaje, y seleccionar aquellos principios y concepciones que puedan tener mayor valor para una situación educativa particular (Ertmer, 1993), así mismo, instrumentos para la gestión de contenidos que les permitan compartir las lecciones de manera ágil y realimentar oportunamente a los estudiantes.

Consideremos ahora que, existen diferentes herramientas para la gestión de aprendizaje, de gran ayuda para el diseñador de instrucción. Estas pueden asistirlo en la gestión de contenidos de aprendizaje y la selección de estrategias educativas para lograr con éxito transmitir el conocimiento.

Los sistemas de gestión de aprendizaje o LMS (Learning Management System) son software que facilitan la gestión, entrega y seguimiento de cursos de capacitación y se han convertido en una herramienta accesible y oportuna para los docentes y diseñadores de instrucción.

2.3.1 Moodle

Esta plataforma es un sistema de gestión de aprendizaje *LMS* o *LCMS* (*Learning content management system*) que proporciona a educadores, administradores y estudiantes un sistema integrado robusto y seguro para la creación y gestión de ambientes de aprendizaje. Moodle es gratuito como programa de código abierto, bajo la licencia GNU y puede ser instalado en un servidor externo o propio y puede ser adaptado extendido o modificado de acuerdo a las necesidades propias de cada usuario.

2.3.2 Google classroom

Es un servicio web educativo gratuito incluido en el paquete *G suite* enlazado a los servicios de calendario, *Gmail*, *drive* y *meet* de *Google*. Uno de los muchos productos desarrollados por Google, pretendía en sus inicios el ahorro del papel en las aulas de clase, pero actualmente se desempeña como una herramienta para compartir, simplificar y distribuir tareas con la posibilidad de ser evaluadas, permitiendo la creación de aulas virtuales, facilitando la gestión de grupos o cursos diferentes dentro de un solo lugar.

Lo más interesante de esta plataforma es su integración con los demás servicios de *Google*, que se pueden sincronizar de manera sencilla, soportando contenidos web de manera intuitiva.

2.3.3 SCORM y Tin Can API

El *SCORM* por sus siglas en inglés (*Sharable content object reference model*) es un estándar para la creación de objetos pedagógicos estructurados, diseñado con el objetivo de la portabilidad del aprendizaje, permitiendo que el contenido sea importado, compartido y reutilizado bajo un estándar libre. El *Tin Can API* es, al igual que el *SCORM* y el *moodle* un *LMS* y según lo indica la empresa desarrolladora una nueva generación de *SCORM*, sumando la capacidad de registrar y almacenar los datos de aprendizaje.

Estas herramientas se utilizan mucho en el ámbito empresarial para desarrollar capacitaciones a los colaboradores de las empresas y a sus clientes sobre un producto, bien o servicio, teniendo la capacidad de gestionarlo en línea, con un entorno de aprendizaje de alto desempeño.

2.3.4 Canvas LMS

Al igual que *moodle*, *canvas LMS* es una plataforma de código abierto, ofrece herramientas de creación de contenidos con la visión de crear una experiencia intuitiva y conectada entre profesores y estudiantes.

Aunque es de código abierto vende contratos con las instituciones con el modelo *SaaS* (*Software as a Service*), gestionando los contenidos y ofreciendo el soporte y alojamiento en los servidores propios.

Una de las ventajas que ofrece sobre otros sistemas *LMS* es la inclusión de videoconferencia a través de *Big Blue Button*, una solución *open source*, y herramientas como *canvas analytics* que ofrece información simple de visualizar y de analizar sobre el progreso y éxito de los alumnos, datos sobre programas de enseñanza y de las instituciones.

2.4 Síntesis de capítulo

El aprendizaje es la capacidad de los seres vivientes de entender alguna situación y actuar acorde a la experiencia, dejando una parte en la memoria de manera organizada para poder utilizarla de nuevo para resolver un problema. Puede entenderse como la sinergia de un conjunto de fenómenos: biológico, psicológico y social. La definición de leyes del aprendizaje se ha tratado a través de muchas investigaciones, llegando a postulados interesantes y conocidos ampliamente abriendo paso a las teorías del aprendizaje modernas.

Conviene subrayar que los diferentes enfoques pedagógicos buscan guiar a los educadores a través de ideologías que optimicen y mejoren la capacidad de aprendizaje primero de ellos mismos y luego de sus educandos. No obstante, no existe un solo modelo pedagógico que contenga todo el conocimiento que requiere un educador para lograr su

objetivo. En vista de que existen muchos, y cada uno tiene una concepción propia del individuo que lo planteó, se hace necesario que el educador adapte su propia conclusión para lograr un efecto positivo en sus estudiantes.

La enseñanza práctica lleva la teoría a conceptos tangibles y comprobaciones, lo que ayuda a la comprensión de dicha teoría y a un aprendizaje significativo, por ello la experimentación, acerca al estudiante al trabajo en campo mejorando sus habilidades para desempeñarse como egresado.

De acuerdo a la revisión del marco teórico, se puede concluir que la falta de integración de conocimientos con experiencias de valor o significativas, en muchos casos lleva a los estudiantes a perder el interés por aprender determinada área e incluso a la deserción por considerar muy rigurosos los cursos o no aprender nada.

La elección de una herramienta para la gestión de contenidos y aprendizaje, debe estar basada en la experiencia del diseñador de instrucción, ya que requiere de algunas habilidades que logren dar forma a las lecciones de manera que conforme una guía para lograr el objetivo pedagógico que se haya trazado.

En este capítulo se presentó el marco teórico del área de investigación contenida en esta tesis, es decir, teorías de aprendizaje, métodos de enseñanza y didácticas contemporáneas. Finalmente, en este capítulo, se determinan los recursos interactivos que pueden ser conectados entre sí por medio de *software* y herramientas de gestión educativa, con el propósito de lograr el objetivo uno y dos de esta tesis.

Capítulo 3- Diseño e implementación de un método de enseñanza/aprendizaje: Metodología

El propósito de este capítulo es presentar el método de enseñanza/aprendizaje: Prácticas Integradoras de Conocimientos y Articulación de Recursos (PICAR). El método se propone con base en la revisión de la literatura, las metodologías y técnicas presentadas en el capítulo anterior. Las metodologías contemporáneas están enfocadas en el estudiante, incorporando videos y lecturas cuyo propósito pedagógico está centrado en la forma de aprender del estudiante moderno, y la mediación tecnológica como herramienta para el proceso cognitivo, además del uso de la didáctica afectiva con un juego diseñado para ayudar a la apropiación de contenidos. Por otra parte, en este capítulo se describe la metodología que debe seguir el docente para obtener el material didáctico, y un paso a paso para aplicar PICAR en un laboratorio de ingeniería. Además, la metodología que seguirá el estudiante, definiendo cada momento pedagógico como un instructivo para llevar a cabo su práctica.

Con los resultados de este capítulo se cumplen los objetivos tres y cuatro de la propuesta de tesis y se elaboró el artículo “*Método de enseñanza/aprendizaje aplicado a los sistemas de energía eléctrica*” el cual fue sometido a la revista *Scientia et Technica*, donde se presentan de manera organizada dando cuenta del resultado de investigación.

3.1 Prácticas Integradoras de Conocimientos y Articulación de Recursos

El objetivo del método es articular diferentes áreas de conocimiento con recursos del laboratorio, generando en el estudiante una visión holística. Este consta de tres secciones: Prelaboratorio, Laboratorio y Poslaboratorio, en cada una se definen los momentos pedagógicos que realizará el estudiante y que cumplen con el objetivo trazado para cada

sección. Hay que mencionar, además, la necesidad de un momento introductorio, cuyo objeto es el de preparar al estudiante para el manejo de la instrumentación, equipos y componentes. También se deben presentar las normas de seguridad del laboratorio, el uso de los espacios y la información que el docente considere importante incluir. A continuación, se exponen los momentos pedagógicos por sección precisando su objetivo de aprendizaje y la guía que seguirán los estudiantes.

3.1.1 Momento pedagógico introductorio

Antes de continuar con los detalles de cada momento de PICAR, es importante agregar un momento de introducción, donde se tratan temas propios del curso como la rúbrica de evaluación, las normas de seguridad del laboratorio, la temática del curso y toda aquella información que el docente crea pertinente. También se presenta la plataforma experimental que usarán los estudiantes en la sección de laboratorio y servirá como eje del desarrollo de las prácticas. El momento pedagógico introductorio consta además de una actividad lúdica para descubrir el funcionamiento general de la estación de trabajo por medio de un juego que deberá ejecutar cada estudiante del grupo de trabajo y posteriormente, resolver un cuestionario de 5 preguntas, cuyo objetivo es conocer cada instrumento del banco de trabajo, el modo de uso y la operación.

3.1.2 Prelaboratorio

El objetivo de esta sección es generar en el estudiante una visión holística de la práctica, brindándole las herramientas necesarias para proponer un esquema de montaje que ejecutará en la experimentación física en el laboratorio.

Esta sección cuenta con cinco momentos pedagógicos basados en las siguientes técnicas modernas: aprendizaje activo, auto ritmo, gamificación (volver lúdicas las lecciones), aprendizaje entre pares y realimentación instantánea. Cada momento pedagógico de la sección prelaboratorio es de obligatorio cumplimiento y serán descritos a continuación.

- **Visualización de Videos.** El objetivo que se busca alcanzar con este momento pedagógico es la comprensión mediante un proceso cognitivo autónomo, el cual hace parte de la técnica de aprendizaje activo.

La selección de dos videos por temática tratada con contenidos acorde a lo que pretende explicarse, pueden ser de producción personal o de otro autor que no violen las políticas de derechos de autor. Sin embargo, es importante revisar aspectos de diseño de los videos, tales como, la narración, la duración y la relevancia del tema. Estos factores influyen en la manera en que aprenderá el estudiante y como responden a la técnica utilizada. (Shoufan, 2019)

La duración sugerida es de 7 minutos, y sin que supere los 9, ya que según estudios realizados en cursos tipo *MOOC (Massive open online course)*, la participación de los estudiantes tiende a alcanzar su punto máximo alrededor de los 6 minutos y allí dependerá del contenido si la atención decae (Lagerstrom et al., 2015).

- **Lecturas.** Al igual que los videos, la autonomía brindada al estudiante, lo alienta a investigar, consultar y clasificar la información obtenida, cumpliendo con la técnica del aprendizaje activo. Para ampliar los conocimientos, el docente puede sugerir lecturas como manuales, artículos o capítulos de libros que considere aportantes y disponerlos en la plataforma debidamente citados y que no violen los derechos de autor. Es importante no superar dos lecturas, debe cuidarse el tiempo que deben invertir en cada actividad para cumplir con la meta de la práctica.
- **Juego didáctico.** La gamificación, es un término complejo y diverso que depende mucho del ambiente, si es académico o empresarial, pero fue acuñado para identificar de manera concreta la lúdica como experiencia de aprendizaje. El propósito de un juego didáctico es aprovechar lo que lo que hace atractivo a un juego y ponerle un mensaje, una actividad o una tarea específica para transmitir conocimiento, mediante enseñanzas afectivas relevantes (Llorens-Largo et al., 2016).

La lúdica representa un matrimonio perfecto entre el aprendizaje y el ocio, donde el individuo se recrea mientras aprende, al mismo tiempo que se incentiva su autoestima a través de una experiencia significativa y motivadora. Es decisión del docente si construye un juego o utiliza alguna de las múltiples plataformas existentes sobre ayudas didácticas con estrategias lúdicas, para lograr una buena retención por medio de una didáctica del interés del estudiante, que lo retará como jugador sin dejar de lado la característica de instrucción. El portal educación 3.0, realizó un resumen con diferentes plataformas educativas (EDUCACIÓN 3.0, 2020), que sirven como ejemplo al creador de la instrucción, así como portales de juegos creados por diferentes personas como itch.io (itch group, 2020).

- **Cuestionario.** Al finalizar el juego, se requiere que el estudiante resuelva un cuestionario con preguntas, cuyo objetivo es ayudar a recordar los conceptos adquiridos en las actividades anteriores. Este tendrá una realimentación instantánea mostrando la calificación obtenida, y podrá ser repetido cuantas veces se quiera para obtener el resultado deseado, un refuerzo positivo. Esto cambia los momentos de enseñanza en resultados de aprendizaje.

Para realizar este cuestionario, existen diferentes medios y depende si el docente está utilizando alguna plataforma de gestión educativa, estas ya tienen esta herramienta incorporada. Otra alternativa es con el correo electrónico de *Google*, por medio de la llamada *G suite* y su componente gratuito *forms*.

- **Foro de discusión.** La interacción entre pares es una tendencia a compartir el conocimiento adquirido, como puede observarse en foros de intercambio en temas específicos, logran la solución en conjunto y alcanzan una invitación al trabajo en equipo. El foro puede llevarse a cabo por medio de herramientas disponibles en las plataformas mencionadas en el capítulo anterior o de manera presencial en grupos de discusión.

Una vez finalizado el prelaboratorio, se espera que los estudiantes adquieran una visión general de la práctica, así como una introducción a los dispositivos, equipos y herramientas que utilizará en el montaje en el laboratorio, logrando así una mejor comprensión de los conceptos expuestos, reduciendo los posibles accidentes e incrementar su habilidad para interactuar con los elementos.

Después de realizados los momentos, el grupo de estudiantes plantea una propuesta de montaje que cumpla con los objetivos de la práctica y la sube a la plataforma en el espacio dispuesto para tal fin o se enviará por correo, esto hace parte de la nota final obtenida de acuerdo a los porcentajes dispuestos por el docente, quien debe también realizar una realimentación de éste antes de realizar el montaje en el laboratorio. El tiempo estimado para la culminación de esta sección es de 6 horas y se sugiere una relación de 3 créditos para el curso.

3.1.3 Laboratorio

Esta sección es el núcleo de todo el trabajo propuesto, por ello su propósito es materializar el montaje, comprobar, registrar y recolectar los datos de la práctica propuesta realizando las conexiones y la toma de datos necesarios para el posterior análisis de los resultados

obtenidos, con base en los conocimientos adquiridos en el prelaboratorio llevando la teoría a la práctica. El material generado en este momento hace parte de la entrega de los productos en la sección siguiente. Su fundamento se basa en metodologías activas de aprendizaje, específicamente, manos a la obra (*hands-on*), lo que conlleva a una comprensión superlativa de los conceptos teóricos y un aprendizaje significativo (Maciejewski et al., 2017).

El procedimiento consiste en que el grupo de estudiantes deberá, con base en la propuesta realizada en el prelaboratorio y con la debida realimentación del docente, realizar el montaje con las herramientas dispuestas en el laboratorio y tomarán fotos, videos, producirán gráficas con el software y los equipos dispuestos en la estación de trabajo que se observó en el prelaboratorio, registrando los datos y escribirán 5 hitos ocurridos en la práctica. Esta colección de datos sin analizar, debe ser asentada inmediatamente a la plataforma o medio disponible para ello y será usada para producir los 5 resultados del postlaboratorio, alimentando la plataforma.

- **Fotos.** El grupo de estudiantes tomará fotografías del montaje, lo que servirá como evidencia del mismo y será material para lo que pretende explicar de su montaje y posterior justificación de los productos obtenidos.
- **Videos.** Algunos eventos que suceden en la práctica, no son fácilmente registrados con los datos tomados o las gráficas obtenidas por los equipos. Por esto se requiere de un video corto, máximo 2 minutos, de algún suceso que el equipo de trabajo considere relevante en su práctica.
- **Gráficos tomados de los equipos.** Algunos equipos tienen la posibilidad mediante el software o descargando por USB desde el mismo equipo, de generar gráficas de los procesos que se están midiendo. Este material hace parte de los productos solicitados en el poslaboratorio, agregando valor y calidad al resultado.
- **Anotaciones.** Las notas que el equipo de trabajo considere importantes, tales como mediciones de variables, comportamiento de los equipos y eventos, deben registrarlos en los hitos.
- **Hitos.** Los sucesos que ocurran en la práctica con mayor relevancia, se resumen en 5 hitos que el equipo de estudiantes llenará en la plataforma o en el medio que disponga el docente en un cuestionario de preguntas abiertas generadas previamente por el docente, lo que ayuda a la explicación y justificación del trabajo

realizado. Dispondrán del tiempo que dure la práctica para responder a estas preguntas hito dentro de la plataforma.

- El tiempo dispuesto para la finalización de esta sección dependerá de la complejidad del montaje. Es posible que el laboratorio se tome más de una sesión y es importante tomar en cuenta el tiempo y calendario dispuesto en el laboratorio para concertar el espacio.

3.1.4 Poslaboratorio

La intención de esta sección es reafirmar los conocimientos adquiridos por los estudiantes, finalizando su proceso con la entrega de cinco productos derivados del proceso realizado en las dos secciones anteriores, estableciendo lo que se considera como el informe del laboratorio. Los productos consisten en los resultados obtenidos en el laboratorio que demuestran el trabajo realizado y los resultados obtenidos por el equipo. Cada uno de los materiales, que fue tomado durante la práctica del laboratorio, deberá ser justificado con un párrafo descriptivo. Es posible apoyar el proceso de entrega del material facilitando a los estudiantes, un formato que puede estar albergado en la plataforma escogida por el docente y será calificado posteriormente.

El tiempo estimado para la construcción del material de entrega es de 4 horas y se encuentra estrechamente enlazado a los créditos del curso. A continuación, se hace una descripción de lo que puede ser los cinco resultados obtenidos en la sección de laboratorio y lo que será el entregable del grupo de estudiantes.

- **Fotos.** Las imágenes que tomó el grupo de estudiantes del montaje, deben estar justificadas con un breve párrafo que explique cómo fue y constituye uno de los 5 productos obtenidos.
- **Videos.** Algunos eventos son difícilmente percibidos si no es en el mismo momento de la toma de datos como, por ejemplo, el arranque de la máquina mostrando los decibeles medidos con otro equipo quedando registrados sincrónicamente o en tiempo real. El video corto debe ser de máximo 2 minutos, y también debe tener la explicación por medio de un párrafo breve.
- **Gráficos tomados de los equipos.** Los gráficos entregados por algunos equipos del laboratorio agregan valor y calidad a los productos finales obtenidos, con su

debida justificación, se convierten en una forma muy valiosa de explicar los fenómenos ocurridos durante la práctica.

- **Anotaciones.** Las anotaciones que el equipo de trabajo considere importantes, puede ayudarles a explicar el comportamiento de los equipos y eventos y será materia prima para justificar los productos a entregar en el poslaboratorio.
- **Hitos.** Es un formulario de 5 preguntas abiertas que el equipo de estudiantes llenará en la plataforma o en el medio que disponga el docente previamente a la práctica, lo que ayuda a la explicación y justificación de los otros resultados obtenidos (fotos, gráficos, videos, etc.). Dispondrán del tiempo que dure la práctica para responder a estas preguntas hito dentro de la plataforma.

En la Figura 2, se presenta un resumen del método que seguirá el estudiante y los pasos para aplicarlo, mostrando las tres secciones: prelaboratorio, laboratorio y poslaboratorio, las actividades que debe hacer en cada una y el objetivo que busca cumplir cada sección.

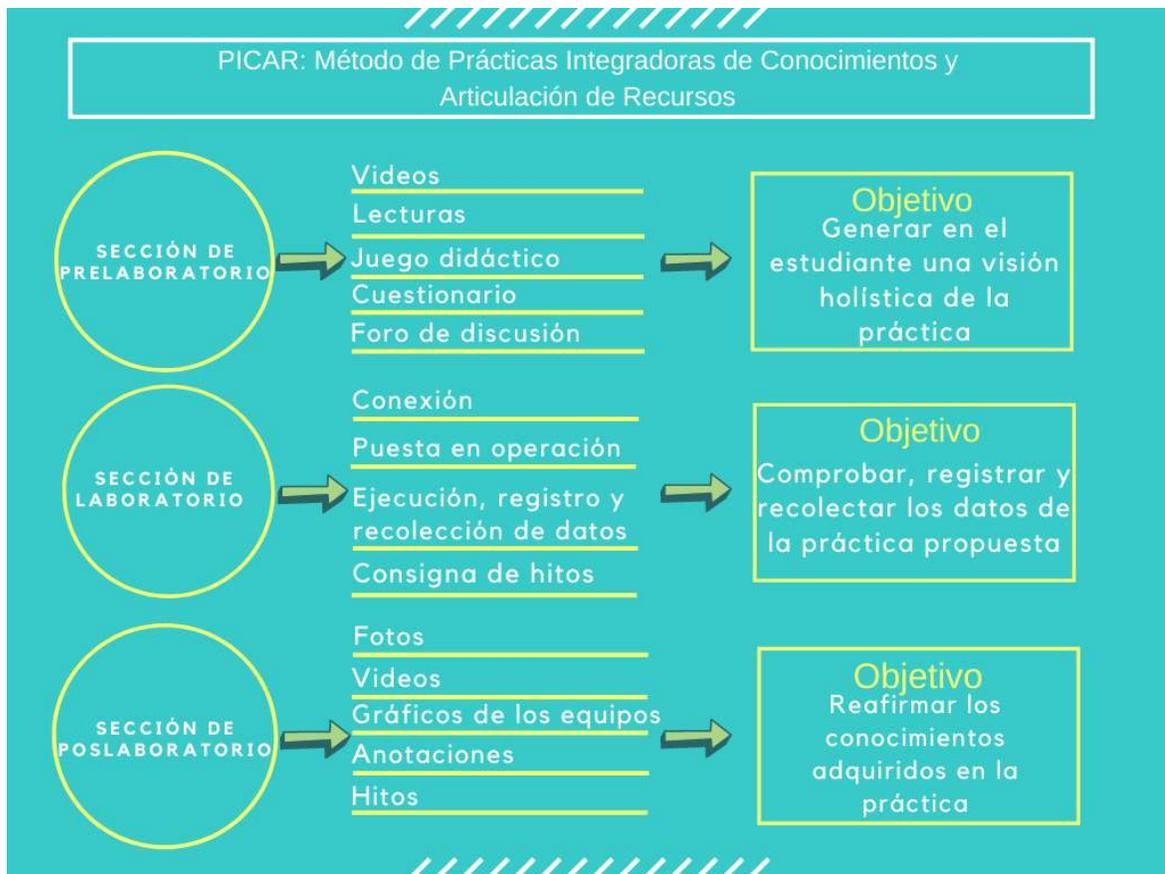


Figura 2. Diagrama resumen del método PICAR

El uso de una plataforma virtual educativa es una herramienta sugerida para la consolidación del método, sin embargo, el docente es libre de utilizar cualquier medio alternativo para este fin. Con respecto a la realimentación, el docente debe realizarla antes del montaje en el laboratorio, una vez el grupo de estudiantes realiza la propuesta. Es un requisito para verificar que cumpla con los lineamientos de seguridad y mínimo de errores.

3.2 Diseño del método PICAR

El docente debe usar su experiencia, capacidad de búsqueda y conocimiento para saber qué áreas pueden ser integradas, ya que hará las veces de planificador e instructor y deberá alimentar la plataforma interactiva o enviar la información de los contenidos y el seguimiento a los estudiantes.

Se delimitan tres etapas de la metodología de diseño para orientar en la construcción del material de instrucción con base en el método propuesto, a saber: la búsqueda, la

correlación de contenidos y la consolidación de las prácticas, lo que dará como resultado la materia prima para las actividades de los estudiantes, como se presenta en la Figura 3, con un diagrama de flujo que agrupa el proceso realizado para la obtención de material didáctico que alimentará la plataforma.

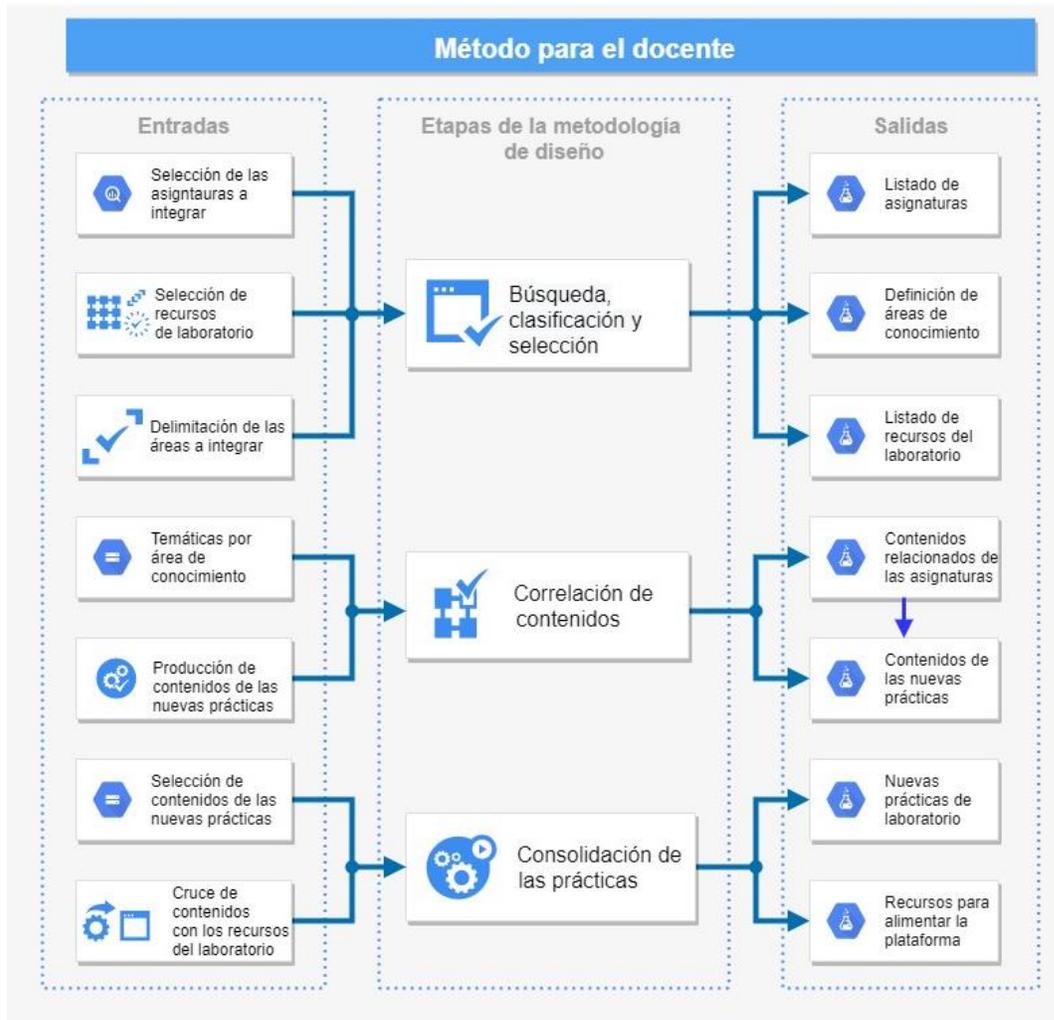


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso de la metodología de diseño, método docente

3.2.1 Búsqueda, clasificación y selección de asignaturas

En esta parte el docente identifica cuales son las áreas que aborda la carrera, utilizando un posible criterio como tratar de emular integraciones que los estudiantes encontrarán en la industria al graduarse, lo que puede ser de gran ayuda en esta etapa. Realizará la búsqueda, clasificación y selección de asignaturas a integrar, determinando los recursos

de laboratorio que requiera para las prácticas de acuerdo a la temática y delimita las áreas de conocimiento que desea relacionar.

Una vez elige cuales, y cuantas áreas de conocimiento quiere integrar, procede a listar las asignaturas de cada una; además, realiza el listado de recursos de laboratorio que requiere para el correcto desarrollo de las futuras prácticas.

3.2.2 Correlación de contenidos

En esta etapa se relacionan los contenidos de las asignaturas seleccionadas listándolos de acuerdo a las que escogió por área el docente en la etapa de búsqueda con el objetivo de cruzar posteriormente los contenidos entre áreas y así lograr relacionarlas en la etapa de consolidación, adicionando los recursos de laboratorio que necesitan.

Como consecuencia, se listan las temáticas por cada área de conocimiento de las asignaturas escogidas y se relacionan los contenidos seleccionados, para obtener los tópicos de las nuevas prácticas integradoras.

3.2.3 Consolidación de las prácticas

Como su nombre lo indica, el fin de esta etapa es consolidar los contenidos de las nuevas prácticas integradoras. Mediante la selección y cruce de contenidos con los recursos necesarios del laboratorio, se llega a las nuevas prácticas del laboratorio y se obtienen las necesidades puntuales de cada momento pedagógico, es decir la selección del material de cada momento con base en la temática consolidada. Con este paso resuelto, el docente puede proceder a la selección y/o construcción de los contenidos que tendrá cada momento pedagógico, como los videos, las lecturas, el juego didáctico, el cuestionario y el foro de discusión. De igual modo, podrá plantear las preguntas hito que ayudarán a la justificación de los productos que entregará el grupo de estudiantes en la sección de poslaboratorio. En la Figura 4 se muestra de manera detallada cómo funcionan estas tres etapas y su puesta en marcha, a modo de ejemplo de cómo pueden correlacionarse los contenidos y llegar al resultado de las PICAR.

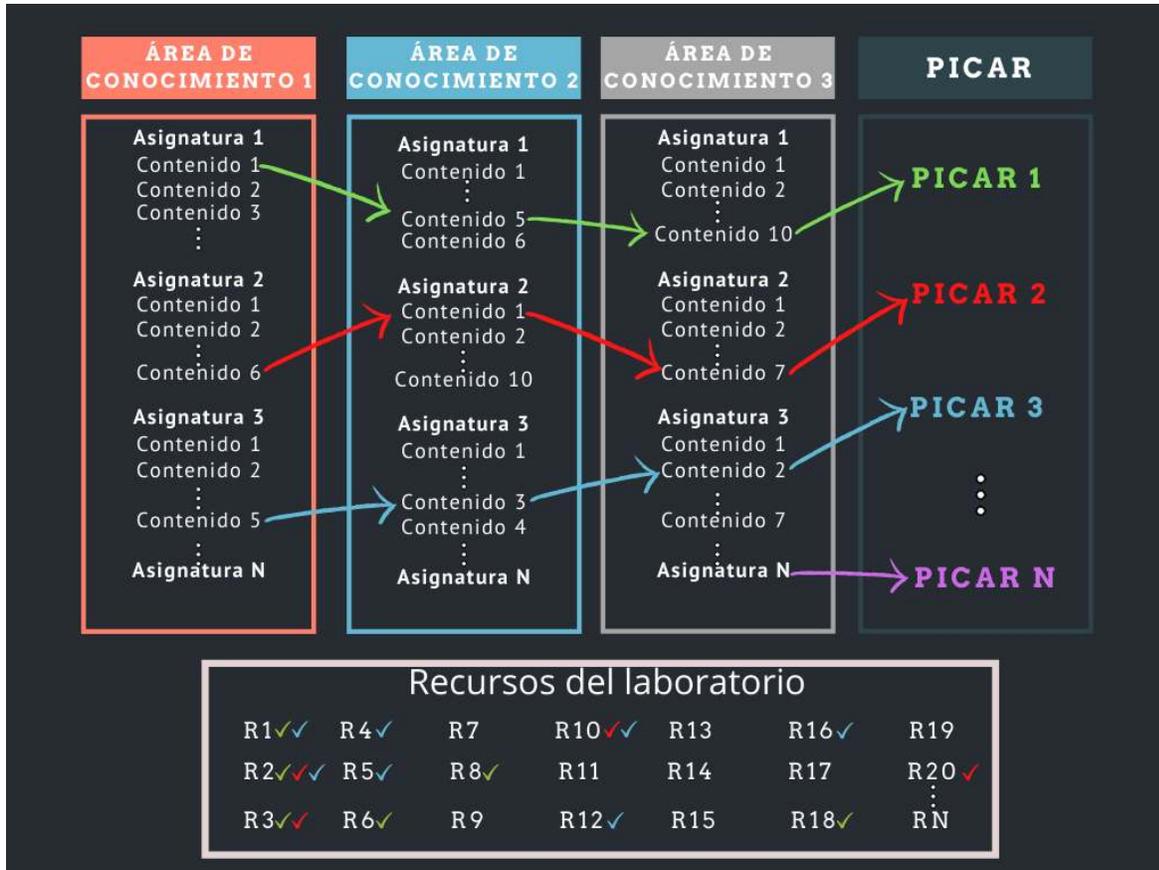


Figura 4. Listado y correlación de contenidos

3.3 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se ha presentado el método de enseñanza/aprendizaje: Prácticas Integradoras de Conocimientos y Articulación de Recursos (PICAR), el cual está conformado por dos partes, el método que sigue el estudiante y el método que sigue el docente.

En el método que sigue el estudiante se introducen los momentos pedagógicos basados en técnicas didácticas descritas en el capítulo anterior, estructurado por tres secciones: prelaboratorio, laboratorio y poslaboratorio. Finalmente se introduce un método evaluativo diferenciador que consta de cinco productos resultado multimedia, justificados con un breve párrafo en lo que constituye la evaluación de la práctica.

La segunda parte, demuestra el método que debe seguir el docente o instructor para construir la temática y el material necesario para las PICAR, con base en su formación y

bajo el criterio de su experiencia para determinar que contenidos puede integrar y articular con los recursos del laboratorio que considere necesarios.

El método propuesto cumple con las especificaciones de planificación de prácticas desde la perspectiva docente hacia la experimentación integral que los estudiantes requieren en su formación como futuros profesionales en campos laborales cada vez más heterogéneos y diversos, es decir, con un conocimiento holístico, usando técnicas de didácticas modernas, permitiendo el cumplimiento de los objetivos específicos tres y cuatro de esta tesis.

Capítulo 4- Aplicación del método y validación

En este capítulo se presenta la aplicación del método a un caso de estudio en la Universidad Nacional de Colombia, usando tres áreas de conocimiento afines a la carrera de ingeniería eléctrica e ingeniería de control, soportadas en una estación de trabajo del laboratorio de máquinas y medidas eléctricas. Para definir las PICAR que serán desarrolladas por estudiantes en el laboratorio, se revisaron los contenidos de asignaturas que tuvieran componentes experimentales como base del nuevo método, y debido a que la teoría fue mostrada en el capítulo anterior, la aplicación que se verá a continuación, será descrita con nombres propios de los cursos desarrollados por dicha institución y específicamente los del área curricular de ingeniería eléctrica y control.

Se plantea inicialmente, la transformación de la estación de trabajo utilizada en esta investigación, reflejado en el artículo "*Intervention of an engineering teaching laboratory transforming a set of electric machines in a workstation with integrated modern technologies*" sometido en la revista *IEEE Transactions on Power Systems*.

El resultado de este capítulo, busca cumplir con el objetivo cinco del presente trabajo y la contribución de esta tesis, a trabajos futuros en el campo de educación en ingeniería.

4.1 Plataforma experimental

Con el trabajo realizado para el artículo "*Intervention of an engineering teaching laboratory...*", se introduce la plataforma experimental denominada *workstation 3*, este par de máquinas sincrónicas hacen parte del laboratorio de máquinas y medidas eléctricas de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, fundado en 1969. La estación ha sido usada para enseñar y aprender sobre la operación de máquinas y generadores sincrónicos, siendo eje del desarrollo de varias prácticas y pruebas experimentales como, por ejemplo, parametrización de las máquinas, construcción de

curvas de regulación del motor, corrección del factor de potencia, generador sincrónico conectado a la red de potencia, etcétera. Las características de cada uno de las máquinas se presenta en la Tabla 3.

Dinamómetro eléctrico (General Electric)		Generador de corriente alterna (General Electric)	
Serial 6673825		Serial 6673823	
Tipo AHI-326		Tipo AHI marco 326	
Clase 6-7.5-1200		Modelo 1G31	
26.3 / 13.2 [A]		Trifásico	1200 [RPM]
110 / 220 [V]		60 ciclos	Excitación 125 [V]
Como generador	Como motor	5 [kVA]	Excitación 3 [A]
Absorbe 7.5 [HP]	Entrega 7.5 [HP]	110 / 220 [V]	4 [kW]
1200 [RPM]	1200 [RPM]	26.3 / 13.1 [A]	Factor de potencia 0.8

Tabla 3. Valores nominales en las placas de las máquinas sincrónicas

4.1.1 Paradigma de transformación

La plataforma experimental donde se desarrollaron las PICAR, tuvo una transformación importante desde la puesta en marcha de las máquinas en el año de fundación el laboratorio. Cómo puede verse en la Figura 5, la intervención del conjunto de máquinas se realizó siguiendo el paradigma compuesto por cuatro características: Incorporación de equipo industrial, visualización de variables, monitoreo y registro, seguridad y ergonomía, conectividad, comunicaciones y documentación.

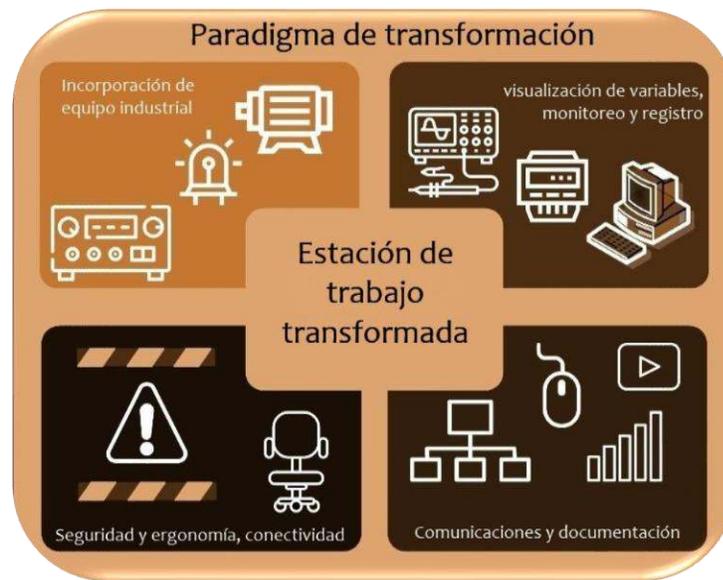


Figura 5. Esquema de los elementos que conforman el paradigma de transformación

4.1.2 Incorporación de equipo industrial

Los estudiantes pueden formarse utilizando equipos industriales actuales, lo que les da contexto y motivación porque se encuentran en un entorno profesional real. Además, cuando los estudiantes trabajan con equipos industriales, adquieren habilidades actualizadas que pueden usarse en la industria, la academia o su propia empresa. El siguiente es el equipo industrial que fue seleccionado e integrado en la estación de trabajo. Aunque aquí se mencionan algunas marcas, hay otros fabricantes que producen equipos similares. No se pretende anunciar ninguna marca de equipo.

Analizadores de potencia: Dos analizadores de potencia fueron instalados en la estación de trabajo, el Janitza UMG 96RM con capacidad de medición de redes trifásicas aterrizadas, voltajes true RMS, análisis de armónicos hasta el componente 40, potencia activa y reactiva de cada línea, entre otras características. El otro equipo es el Janitza UMG508, que realiza las mismas mediciones que el anterior y adicionalmente tiene 7 contadores de potencia real, pantalla gráfica, función de osciloscopio, calidad de la energía, conectividad ethernet, modbus o web-server, entre otras bondades.

Osciloscopio digital de 4 canales: Otro dispositivo industrial introducido en la estación es el *GW Instek GDS-3154*, de cuatro canales, ancho de banda de 150Mhz, 8 bits de resolución y adquisición de señales de *5 Gsample/s*, entre otras características.

Dos fuentes de potencia DC programables: Dos fuentes de DC se dispusieron en la estación con el objetivo de la excitación del campo de cada máquina, pero pueden ser usadas para otras aplicaciones. La fuente marca *Keithley* tiene un voltaje de salida de 0 – 150V y corriente de 0 a 5.6A, potencia de 850W, conectividad a través de RS232, RS485, *Ethernet*, *GPIB*, *AGP* y *USB*, permitiendo control remoto. La fuente *BK Precision* cuenta con las mismas características de conectividad, excepto *AGP* y *Ethernet*, salida de 0 – 150V y 0 – 10A, potencia de 600W.

Computador de escritorio y un switch ethernet: Un computador *Dell Optiplex 7040* se dispuso en la estación de trabajo el cual cuenta con las propiedades de un procesador *Intel Core I7*, *8Gb* de memoria *RAM*, disco duro de *1Tb* y las demás opciones de conectividad de todos los equipos de cómputo.

Instrumentación portable: Para familiarizar a los estudiantes con los equipos industriales portables, se dotó la mesa de trabajo de la estación con una pinza volt-amperimétrica, un termómetro infrarrojo, un tacómetro sin contacto y un multímetro. La integración de todos los elementos que conforman la estación se puede observar en las Figura 6 y Figura 7.

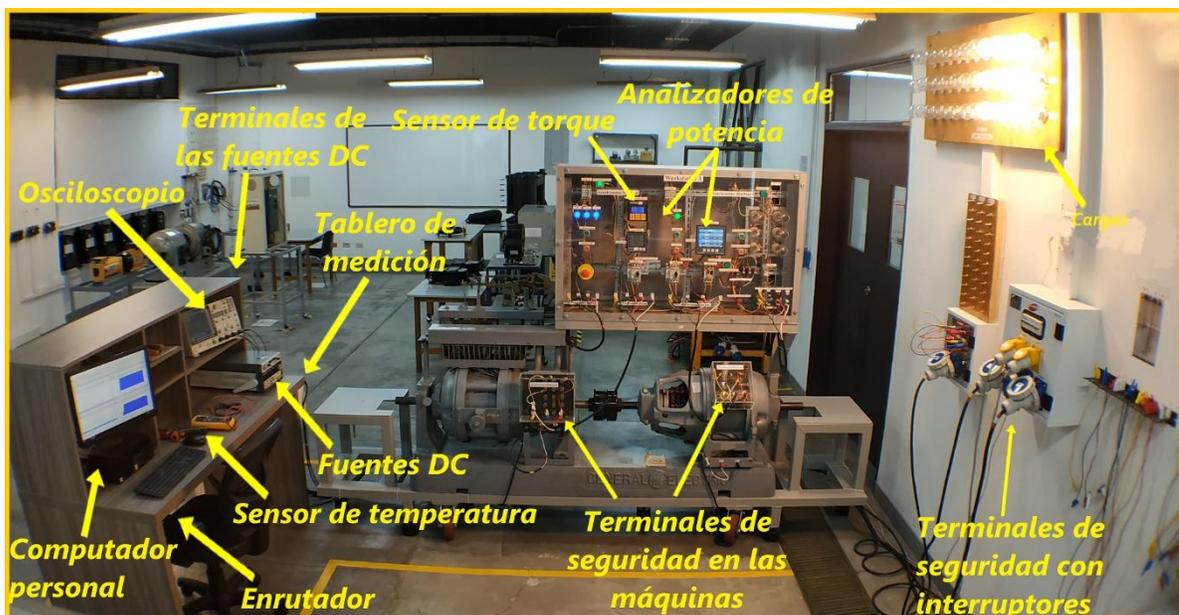


Figura 6. Estación de trabajo con todos los elementos



Figura 7. Algunos componentes de la estación de trabajo

4.1.3 Seguridad y ergonomía

Por muchos años, profesores, laboratoristas y estudiantes no eran conscientes de los diversos riesgos que se pueden producir en el laboratorio. Cuando se reubicó en el año 2004, tampoco se siguió algún criterio de ergonomía, lo que aumenta el riesgo de patologías por mala postura, así como riesgos asociados al movimiento y alimentación eléctrica de las máquinas y equipos.

La transformación de la estación de trabajo fue una oportunidad para introducir una cultura de seguridad y ergonomía en la comunidad. Se inició la cultura de seguridad señalizando el área de trabajo. Adicionalmente, los cables y terminales en el puesto de trabajo, fueron equipados con elementos de seguridad como Jack de 4 [mm] y clavijas banana y conectores industriales (5 polos; 3 fases, 1 neutro y 1 tierra). Asimismo, enchufes monofásicos regulados y normales con conexión a tierra instalados en el escritorio. La estación de trabajo se alimenta desde una caja con protecciones eléctricas y terminales de suministro de seguridad, como se pueden observar en la Figura 8 los resultados de estas acciones.

Se introdujeron nuevos disyuntores en el armario principal del laboratorio y se coordinaron con los dispositivos de protección del edificio. Además, se incluyeron buses de tierra y neutros en el gabinete permitiendo conexiones eléctricas seguras, ver Figura 8. Las eventuales fallas ocurridas recientemente fueron despejadas correctamente y el edificio mantiene la conexión de energía eléctrica. Otros aspectos de la seguridad en la estación de trabajo son la introducción de protecciones de motor, luces indicadoras y la conexión a tierra de todas las partes y dispositivos probablemente energizados.

El escritorio fue diseñado tomando en cuenta criterios de ergonomía y salud en el trabajo, permitiendo a los estudiantes realizar montajes, tomar notas e interactuar con las medidas de los equipos instalados en el puesto de trabajo. Asimismo, la nueva base de máquinas tiene ruedas y una capacidad de 3 [Ton], lo que permite nuevas configuraciones del laboratorio cuando sea necesario. Ver Figura 6.

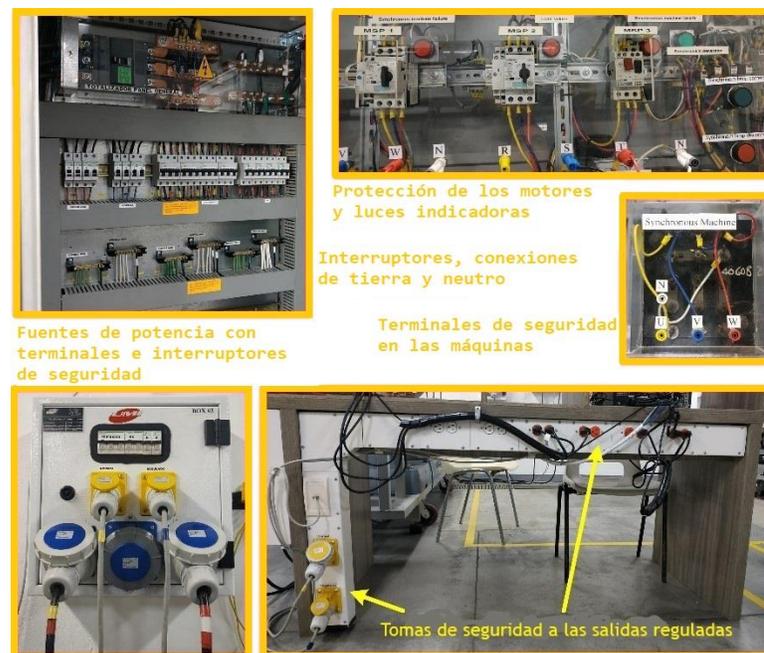


Figura 8. Terminales industriales de seguridad, protección del motor, gabinete de protección centralizada e indicadores lumínicos

4.1.4 Visualización, monitoreo y registro de variables

Este componente del paradigma de transformación es uno de los más importantes desde el punto de vista del aprendizaje significativo. Los estudiantes y profesores solían tener alternativas básicas y pocas para observar las variables en las máquinas, p. Ej. valores

RMS con multímetros. Ahora, existen opciones redundantes de visualización, monitoreo y registro de variables.

Monitoreo y registro de variables: El monitoreo de variables es probablemente la característica más común en el laboratorio de máquinas eléctricas para mantener a salvo a la comunidad y las máquinas, así como para conocer su estado de funcionamiento. Los equipos integrados en el puesto de trabajo aumentan las posibilidades de monitorización de las máquinas por el elevado número de variables y condiciones que se pueden observar, y también, las diferentes formas de visualización. Algunas variables utilizadas para monitorear las máquinas son temperatura, voltaje y corriente CD de excitación, voltaje y corriente CA, factores y potencias trifásicas y monofásicas, secuencia de frecuencia y fase, armónicos de voltaje y corriente, velocidad del rotor, etc.

Las opciones de conexión con la computadora que tienen casi todos los equipos, sirven para registrar y almacenar los datos de las variables entregados a profesores y estudiantes brindando más herramientas para su análisis. Los formatos de datos estándar son producidos por el software del equipo.

Visualización: Este tema se introdujo en varias pantallas. Las pantallas de los dos analizadores de redes permiten observar los valores RMS de todas las variables eléctricas trifásicas desde tensión hasta armónicos de bajo orden. El analizador de potencia más avanzado muestra las formas de onda de voltaje y corriente y el diagrama fasorial de corriente y voltaje trifásicos. Además, con la conexión ethernet y el software Gridvis, es posible visualizar todas las variables medidas desarrolladas en el tiempo en la pantalla del ordenador. El software permite varios tipos de visualización aumentando la importancia de los eventos observados. En la Figura 9, la corriente de arranque de cada fase del motor síncrono se visualiza simultáneamente. Se pueden observar las etapas de la corriente hasta su estado estacionario reactivo. Antes de la implementación de la estación de trabajo, las corrientes de arranque se observaban solo para su registro de valor máximo en la pinza de corriente. En la Figura 10 se muestran los voltajes trifásicos de la máquina medidos con el osciloscopio.

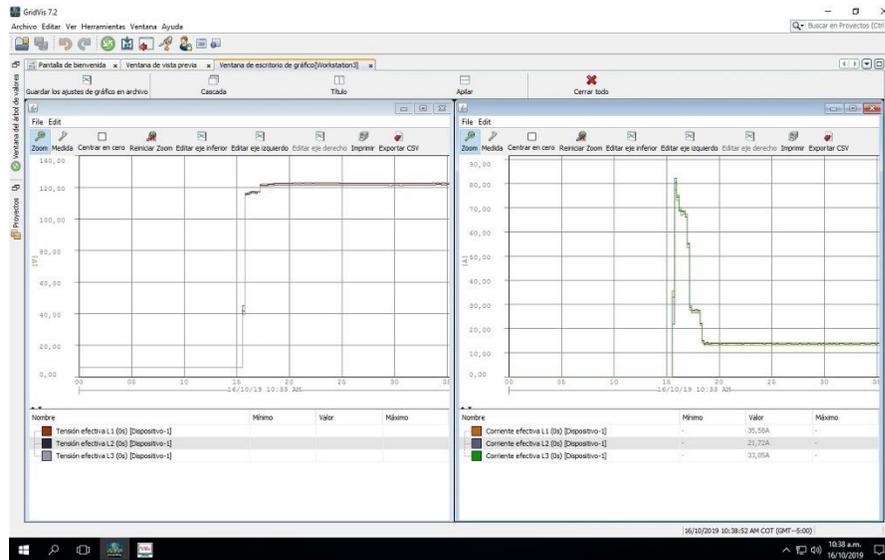


Figura 9. Corrientes de arranque de una máquina sincrónica como motor durante el arranque directo

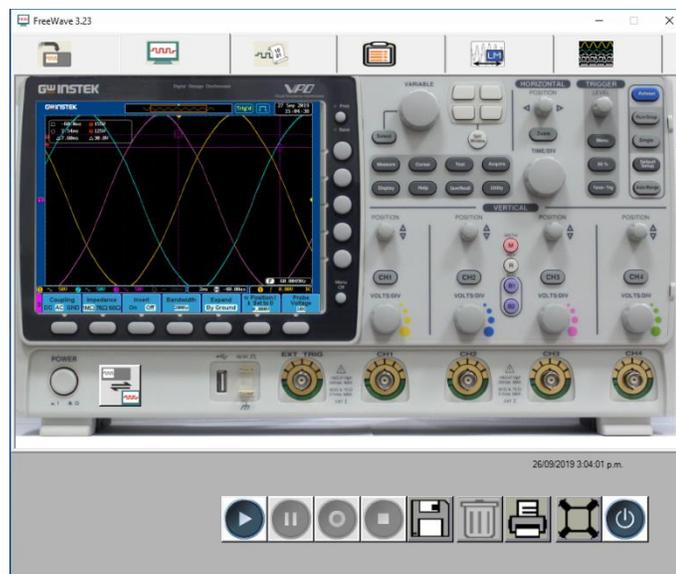


Figura 10. Visualización de las formas de onda trifásicas usando el software freewave

4.1.5 Conectividad, comunicaciones y documentación

El último componente lleva muchos años presente, pero no se ha integrado al laboratorio. Se asignó un punto de Internet a la estación de trabajo dando la posibilidad de conectar la computadora a la red. Además, debido a que casi todos los equipos tienen varias formas de conectarse con la computadora, la estación de trabajo está conectada a Internet.

Actualmente, el osciloscopio está conectado a la computadora por el puerto USB. Esta es también la forma de conectar el sensor de torque. Las fuentes de energía de CC programables y los analizadores de energía están conectados a una red virtual (VPN) con la computadora a través del *switch* de Ethernet.

La conexión a Internet de la computadora permite a los usuarios de la estación de trabajo acceder a Internet en cualquier momento. Específicamente, algunos estudiantes crearon videos instructivos sobre el uso de nuevos equipos en el laboratorio para ayudar y apoyar a sus compañeros. Los videos se destinaron en un canal de YouTube. Además, existe un sitio web del laboratorio donde la comunidad encuentra los manuales de operación del dispositivo, los diagramas eléctricos de la estación de trabajo y guías rápidas diseñadas para algunos estudiantes. Se puede acceder a los videos tutoriales del equipo mediante códigos QR que se adjuntan al equipo, ver Figura 11, o visitando el canal del laboratorio de YouTube:

www.youtube.com/channel/UC6mrH6EVVd0GM1S_XIN6GWg



DC source 1 DC source 2 Power analyzer 1 Power analyzer 2 Oscilloscope

Figura 11. Códigos QR para la visualización de los videos tutoriales de los equipos

La Figura 12 muestra el diagrama de conectividad, las comunicaciones y el concepto de documentación.



Figura 12. Diagrama de conectividad, comunicaciones y documentación

4.2 Empleo del método en las prácticas

El proceso de pruebas del método inicia con la selección de las áreas a integrar, gracias a la experiencia del docente, quien en este caso es el autor con la ayuda del director de tesis, quienes deciden que cursos incorporar para realizar la prueba.

El seguimiento de las tres etapas de la metodología de diseño, como se observó en el capítulo anterior, dará como resultado los componentes para las actividades de los estudiantes.

4.2.1 Búsqueda, clasificación y selección de asignaturas

El término infoxicación se viene usando hace mucho tiempo para representar lo que podemos llamar como ansiedad informativa, sobrecarga de información, sobredosis de información, entre otros (Spertino & Pineda, 2016). El criterio de selección de información presentado en el capítulo anterior, se plantea como una posible solución a esta

problemática de sobrecarga de información, con el fin de orientar al docente que quiera crear una práctica.

Este criterio, se basa en emular situaciones experienciales integradas que los estudiantes encontrarán en la industria al terminar sus estudios, buscando, clasificando y seleccionando las asignaturas, establecidos en las áreas de conocimiento listadas en la Tabla 4 de las asignaturas de ingeniería eléctrica y control, disponibles en el sistema académico de la universidad. En la Tabla 5 se listan los recursos disponibles en el laboratorio.

Electrónica y Telecomunicaciones (Área de conocimiento 1)	Sistemas de energía eléctrica (Área de conocimiento 2)	Automatización, Control e Instrumentación (Área de conocimiento 3)
Electrónica Análoga I	Análisis de Circuitos Eléctricos I	Señales y Sistemas Lineales
Electrónica Análoga II	Análisis de Circuitos Eléctricos II	Control: Entrada-Salida
Electrónica Digital	Laboratorio De Circuitos Eléctricos	Automatización de Sistemas Eléctricos
Telecomunicaciones	Teoría Electromagnética	Instrumentación y Medidas
Procesamiento de Señales	Modelado De Líneas De Transmisión	Automatización de Procesos
Fundamentos de Electrónica de Potencia	Maquinas Eléctricas I	Automatización Integrada
Procesadores	Maquinas Eléctricas II	Redes Teleinformáticas I
Sistemas en Tiempo Real	Laboratorio de Maquinas Eléctricas	Redes Teleinformáticas II
Comunicaciones Digitales	Instalaciones Eléctricas Industriales y Residenciales	Redes Teleinformáticas II
Taller V (Electrónica Digital y Microcontroladores)	Sistemas de Generación de Energía Eléctrica	
Comunicaciones Inalámbricas y Redes de Sensores	Análisis de Sistemas de Potencia	
Fundamentos de Fibras Ópticas	Sistemas de Protecciones Eléctricas	
	Diseño De Redes De Transmisión Y Distribución	

Tabla 4. Listado de asignaturas con componente práctico de los programas mencionados

R1	Analizador de redes eléctricas <i>Janitza UMG96RM</i> , mediciones true RMS, muestreo de corriente y voltaje hasta 25,6Khz, análisis de armónicos hasta el 40, mide energía independiente L1, L2, L3 o sumatoria, conexión Ethernet y gestión con el software <i>Gridvis</i> , rango de frecuencia entre 45-65Hz, CT de relación 1 a 5
R2	<i>Janitza UMG 508</i> además de las características del 96RM, posee pantalla gráfica a color y uso intuitivo, 8 entradas y 5 salidas digitales, medición de calidad de la potencia, corrientes Inrush y desbalances en el sistema, graba periodos completos RMS, exactitud en la medición de voltaje es de 0.1% y corriente 0.2%, lógica integrada con el software de programación <i>Jasic</i> , rango de frecuencia desde 40 hasta 70 Hz, frecuencia de muestreo es de 20kHz por fase.
R3	Osciloscopio <i>GW Instek GDS-3154</i> , 4 canales, ancho de banda 150 MHz, entrada de voltaje máxima de 300V AC/DC pico, procesamiento digital de señales, enventanado de señales, medidas de calidad de la energía, armónicos, rizado y ruido, corriente <i>In-rush</i> primer y segundo pico, interfaces RS232C, 2 puertos USB, Ethernet RJ-45

R4	Fuente de voltaje DC variable <i>Keithley</i> salida de 0 a 150V DC, 0 a 5.6 A 850W, entrada 110/220V AC, conectividad RS232, RS485, GPIB, Ethernet, APG (Programación Analógica) y USB, pantalla LCD con voltímetro, amperímetro y funciones, corrección activa de factor de potencia, protección de cortocircuito y sensor remoto de salida de voltaje, 3 memorias para guardar ajustes.
R5	Fuente de voltaje DC variable <i>BK Precision</i> de 0 a 150V DC y corriente de 0 a 10A 600W, entrada 110/220VAC, conectividad RS232, GPIB y USB, programación con software para control remoto.
R6	Máquinas sincrónicas General Electric 220VAC, 13.2 A, 7.5HP, 1200 RPM y 13.1 A, 5KVA, 1200 RPM, voltaje de excitación: 125 VDC / 3A.
R7	Cargas resistivas 220Vac 150W c/u, 12 lámparas por 3 líneas
R8	Cajas de conexión con fuentes monofásica, trifásica y DC con conectores de seguridad
R9	Caja de medición con borneras de seguridad
R10	Computador con procesador Intel <i>Core I7</i> , 8Gb de RAM y disco duro de 1Tb
R11	Mesa de trabajo ergonómica que complementa la plataforma.
R12	Borneras de conexión <i>Jack</i> y <i>Plug</i> banana de 4mm aisladas.
R13	<i>Software GridVis</i> provisto por el fabricante de los analizadores, permite la visualización y graficación de datos en tiempo real y la exportación en formato csv, para posteriores análisis
R14	El <i>Software freewave</i> permite la visualización en línea de las variables observadas en el osciloscopio.
R15	El Software de ofimática instalado en el computador le permite al usuario redacción y operación de variables para informes u otras necesidades.
R16	<i>Software Matlab</i> con la <i>suite</i> y <i>toolbox</i> completa, permite rápidamente la operación de la FFT del contenido armónico o demás señales adquiridas.
R17	Placa Arduino uno placa de desarrollo embebida para los montajes de control e interfaz con las máquinas.
R18	Diodos semiconductores de potencia
R19	Elementos de maniobra y control: contactores, pulsadores, temporizadores, bloques de contacto
R20	Sensores de voltaje y corriente acoplados al sistema y las máquinas proporcionando una interfaz de rápida conexión.

Tabla 5. Listado de recursos del laboratorio

4.2.2 Correlación de contenidos y consolidación de las prácticas

En estas dos etapas, representadas en la Figura 13, se llega al resultado de las tres PICAR obtenidas realizando la correlación de los contenidos de los cursos basados en la teoría y experimentación aplicadas en esta investigación.

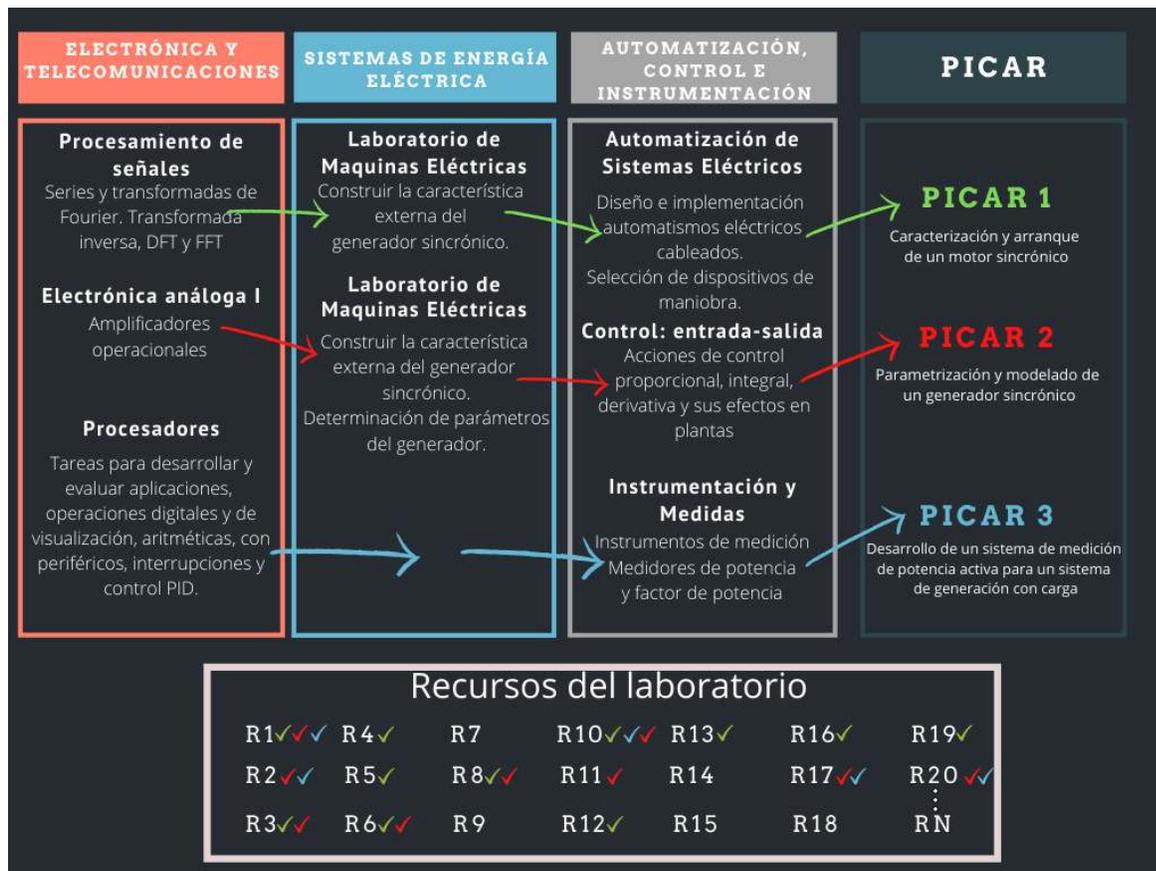


Figura 13. Esquema del procedimiento de obtención de las tres PICAR

4.2.3 Momento introductorio

Para lograr que los estudiantes cumplan con las pautas establecidas por el docente, así como las normas de seguridad del laboratorio, entre otras posibles combinaciones, se diseñó un momento introductorio. Como su nombre lo indica, da una inducción a cada estudiante sobre las generalidades del curso y las disposiciones tanto del laboratorio como del docente. Está compuesta por los objetivos de la práctica, la justificación de la misma, el mapa de contenidos general de los cursos, y una actividad lúdica que busca incorporar mostrar la plataforma experimental sobre la que se realizarán las prácticas terminando con un pequeño cuestionario que ayuda a recordar conceptos, organizado como se muestra en la Figura 14. Así mismo, la actividad lúdica puede accederse en la URL: <https://qjsanchezz.itch.io/workstation-3-game>. Es importante comprender que el juego se

ejecuta desde una plataforma HTML y debe cargar un motor que lo impulse, por tal motivo no carga inmediatamente, se le debe esperar unos segundos.

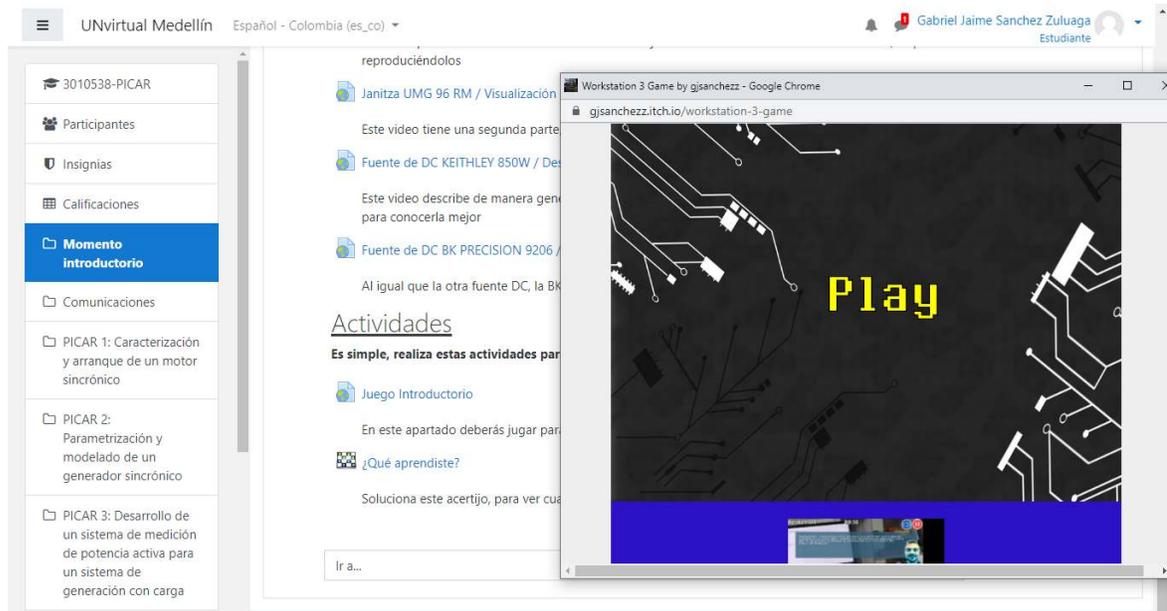


Figura 14. Imagen de la plataforma en el momento introductorio

4.2.4 PICAR 1: Caracterización y arranque de un motor sincrónico

En la primera PICAR diseñada se integraron los componentes de automatización de sistemas eléctricos, laboratorio de máquinas eléctricas y procesamiento de señales, obteniendo el arranque directo de una máquina sincrónica por medio de un automatismo que limita la corriente de campo y se construye la caracterización externa de un generador sincrónico acoplado mecánicamente, excitándolo al valor nominal en sus terminales, y determinando el contenido armónico de los voltajes de fase y de línea en vacío y con el 50% de carga. La obtención del contenido armónico se realizó a través de un procesamiento de señales con la transformada de Fourier medida en sus terminales y procesada con un software para tal fin. En resumen, se intentó emular una parte de la identificación de la calidad de energía entregada a una red eléctrica, mecanismo utilizado por la industria.

En relación con la emergencia sanitaria a nivel mundial causada por el covid-19 en el año 2020, y el decreto 457 del 17 de marzo de 2020 emitido por el gobierno colombiano, fue necesario cambiar la manera de evaluar las secciones del método, por lo tanto, no fue posible valorar el laboratorio y poslaboratorio de manera sistemática y solo se obtuvo resultados concluyentes de la parte que no tenía componente presencial.

Prelaboratorio

Para cumplir con el objetivo de generar en el estudiante una visión holística de la práctica, se seleccionaron las lecturas *Excitation Control of the Synchronous Motor* (Schaefer, 1999) y *The Performance of AC Contactors During Voltage Sags* (Turner & Collins, 2016) y los videos en función de cada componente, como puede verse en la Tabla 6.

Nombre del video	Enlace	Componente
Funcionamiento de contactores	https://youtu.be/tMlg24cHqwE	Automatización de sistemas eléctricos
Arranque directo con contactores de motor	https://youtu.be/zG5aPYf0AZQ	
Funcionamiento de una máquina sincrónica	https://youtu.be/OxoGG9SoVG4	Laboratorio de máquinas eléctricas
Como funciona un generador sincrónico	https://youtu.be/tiKH48EMgKE	
Armónicos generados por campos electromagnéticos	https://youtu.be/qt-3w_dSXjE	Procesamiento de señales
Tutorial de transformada rápida de Fourier	https://youtu.be/zKKGA30bHG0	

Tabla 6. Videos seleccionados para la PICAR 1

Las actividades de esta sección, son el juego correspondiente a la práctica diseñado por el autor y disponible en la url: <https://gjsanchezz.itch.io/practica-integradora-de-conocimiento-1-game>, un cuestionario corto, descrito en la Tabla 7, para evaluar la retención y recordación de los contenidos, terminando con la entrega de la propuesta de montaje a realizar en el laboratorio, y deberá ser revisada por el docente para brindar la debida realimentación antes de realizar la experimentación física en el laboratorio, donde pueden adjuntar esquemas, imágenes y videos.

Pregunta realizada	Posibles respuestas de selección múltiple
Para el arranque de la máquina sincrónica como motor con corriente reducida, ¿Cuáles de los	<ul style="list-style-type: none"> A. Contactor de potencia y auxiliar B. Temporizador C. Reostato D. Guardamotor E. Todas las anteriores (ok)

siguientes elementos se requieren?	
Es claro que la máquina sincrónica puede funcionar como motor o como generador. ¿En ambos casos requiere control del campo por medio de una fuente DC externa?	A. Si (ok) B. No
¿Cuál es la importancia de determinar el contenido armónico en un sistema de generación eléctrica?	A. Para garantizar la calidad de la energía entregada y evitar sobre costos en las tarifas y operación. (ok) B. Para mantener contenta la población consumidora de energía eléctrica C. Por qué se pueden tomar medidas correctivas sobre la generación al saber el contenido armónico en la red eléctrica (ok) D. Por qué es importante para todos acceder a un sistema eléctrico de calidad
¿Consideras que es así como se realizan los análisis de calidad de energía, y toman los equipos de medición la transformada de Fourier para determinar la cantidad de armónicos?	A. Si (ok) B. No
¿Que se requiere para tomar los datos de los armónicos, voltajes y frecuencias del generador sincrónico?	A. El osciloscopio B. El Janitza UMG508 C. Análisis de por medio de la FFT en Matlab D. Todas las anteriores (ok)

Tabla 7. Preguntas del prelaboratorio en la PICAR 1

Laboratorio

La actividad que se realiza en esta sección está determinada por el desarrollo del prelaboratorio el cual se termina con la entrega de la propuesta de montaje en el laboratorio.

Durante la práctica, los estudiantes toman una serie de datos sobre lo ocurrido en la práctica, de manera interactiva con los equipos del laboratorio, cámaras, celulares y cualquier dispositivo del que dispongan para obtener videos, gráficas, imágenes, entre otros posibles resultados. Los eventos que registre el grupo de estudiantes serán soportados con cinco preguntas abiertas denominadas preguntas hito, dispuestas en la sección de laboratorio y descritas a continuación:

- *De todos los eventos ocurridos tales como: el arranque de la máquina sincrónica como motor, puesta en operación de la máquina sincrónica como generador ajustando los valores de salida y toma de los datos requeridos para obtener los armónicos, ¿cuál fue el evento que más te gustó?*
- *¿Cuál suceso te impresionó más y cuál de las variables medidas consideras que te dio más información?, describe que instrumento se utilizó y ¿por qué?*
- *De acuerdo al material que viste en el prelaboratorio, ¿estas satisfecho con los resultados obtenidos en la práctica? ¿Coinciden con las variables obtenidas o crees que lo hiciste mejor?*
- *¿Cuál o cuáles de los eventos ocurridos durante la práctica consideras que son utilizados en la industria?*
- *¡Bien hecho! Terminaste la práctica. ¿Consideras que será útil para tu futuro como ingeniero? Exprésalo basado en la experiencia que tuviste con la práctica.*

Poslaboratorio

Esta sección consiste en la culminación de la práctica, donde los estudiantes entregan los resultados obtenidos en el laboratorio. En cada entrega se solicitan cinco productos multimedia, tales como videos, gráficas, imágenes e incluso audios donde se justifica dicho resultado con la ayuda de las preguntas hito, con un breve párrafo. Esto constituye el informe de laboratorio de manera interactiva en el espacio dispuesto para ello en la plataforma de gestión de contenidos.

4.2.5 PICAR 2: Parametrización, modelado y control de un generador sincrónico

Los elementos prácticos unificados en la segunda PICAR fueron control entrada-salida, laboratorio de máquinas eléctricas y electrónica análoga. Es posible modelar el generador sincrónico con el método de curva de reacción. Este modelo se implementa con amplificadores operacionales, al cual se le diseña un controlador que también se implementa con amplificadores. El controlador puede ser diseñado para regular el voltaje en terminales del generador sincrónico cuando opera aislado de la red eléctrica. Esta

práctica integra todo el proceso que se necesita para controlar el voltaje en terminales de un generador sincrónico que opera aislado de la red eléctrica.

Prelaboratorio

Con el ánimo de que cada estudiante abrace el conocimiento de manera afectiva y motivadora, se desarrollaron los siguientes contenidos en esta sección de prelaboratorio de la PICAR 2. En lecturas se seleccionaron los capítulos 17, 18, 19, 20 y 21 del libro *Principios de electrónica* de Albert Malvino (Bates, David J. Albert, 2007) en la parte de funcionamiento de los amplificadores operacionales, y los videos relacionados en la Tabla 8

Nombre del video	Enlace	Componente
Funcionamiento de los amplificadores operacionales	https://youtu.be/o4ScgRZtNI	Control entrada-salida y Electrónica análoga I
Control proporcional	https://youtu.be/m7R_MjS4I6Y	
Funcionamiento de una máquina sincrónica	https://youtu.be/OxoGG9SoVG4	Laboratorio de máquinas eléctricas
Como funciona un generador sincrónico	https://youtu.be/tiKH48EMgKE	

Tabla 8. Videos seleccionados para la PICAR 2

Las actividades de esta sección, al igual que en la PICAR 1, son el juego correspondiente a la práctica diseñado por el autor y disponible en la url: <https://gjsanchezz.itch.io/picar-2-game>, un cuestionario corto para evaluar la retención y recordación de los contenidos, finalizando con la entrega grupal de la propuesta de montaje en el laboratorio, donde pueden adjuntar contenidos multimedia.

Las secciones de **Laboratorio y Poslaboratorio** se aplican igual en las tres PICAR, con la pretensión de que los estudiantes hayan logrado la comprensión de los contenidos de los cursos que se tratarán de manera integral en la práctica, dispuestos en la sección de prelaboratorio, y terminando con el informe de las actividades realizadas bien justificadas con evidencias multimedia y algunas explicaciones formadas por cada uno de los integrantes del equipo de trabajo.

4.2.6 PICAR 3: Desarrollo de un sistema de medición de potencia activa aplicado a un sistema de generación con carga

En esta práctica se lleva a los estudiantes ante una situación real de diseño, unificando conceptos de instrumentación y medidas, laboratorio de circuitos y procesadores, para diseñar un medidor programado por los estudiantes con una tarjeta electrónica embebida en lenguaje de programación C. El medidor debe registrar la potencia activa del sistema de generación con carga y su resultado se contrasta con un medidor comercial instalado en la instrumentación del banco de trabajo.

Estas prácticas ponen a prueba diferentes áreas de conocimiento y experticia del estudiante, logrando reunirlos para que el conocimiento adquirido de los sistemas de energía eléctrica sea global o holístico.

Prelaboratorio

Como se ha mostrado en las secciones correspondientes en las PICAR anteriormente descritas, se inicia con las lecturas sugeridas de *Caracterización de transformadores de voltaje y de corriente* y *Arduino Libro de proyectos*, y los videos relacionados en la Tabla 9

Nombre del video	Enlace	Componente
Pruebas de transformadores de corriente en fábrica	https://youtu.be/CA3kUw4Qxol	Instrumentación y medidas
Janitza UMG 508 / Visualización de variables	https://youtu.be/Qx12NtC9dEQ	
Analog to digital conversion	https://youtu.be/HIGJ6xxbz8s	Procesadores
Conversión analoga a digital con Arduino	https://youtu.be/SmiCmnPug1Q	

Tabla 9. Videos seleccionados para la PICAR 3

4.3 Gestión de contenidos

La administración del contenido de las prácticas se realizó por medio de un sistema de gestión de aprendizaje y contenidos alojado en los servidores de la Universidad Nacional de Colombia bajo la plataforma *Moodle*, con material diseñado por el autor. La Figura 15 y Figura 16, muestran imágenes de la plataforma *Moodle*, donde se han subido los contenidos de las tres prácticas diseñadas, de acuerdo a los lineamientos definidos para

encontrar una plataforma que cumpliera con todas las necesidades del curso. Como se mencionó anteriormente, se eligió la plataforma *Moodle*, en concordancia con la disponibilidad en la Universidad de la misma y con base en las herramientas que tiene para incluir los diferentes contenidos.

La presentación los temas se definió bajo los criterios de usabilidad y accesibilidad (Prigioniero, 2013), que debe tener todo sitio de contenido web y en especial plataformas de *e-learning*, recordando el objetivo principal de facilitar el aprendizaje mediante información disponible, flexible y de fácil acceso, contado con una revisión exhaustiva de funcionamiento y lo heterogéneo que pueden ser los dispositivos que usan los estudiantes para la revisión de dichos contenidos.

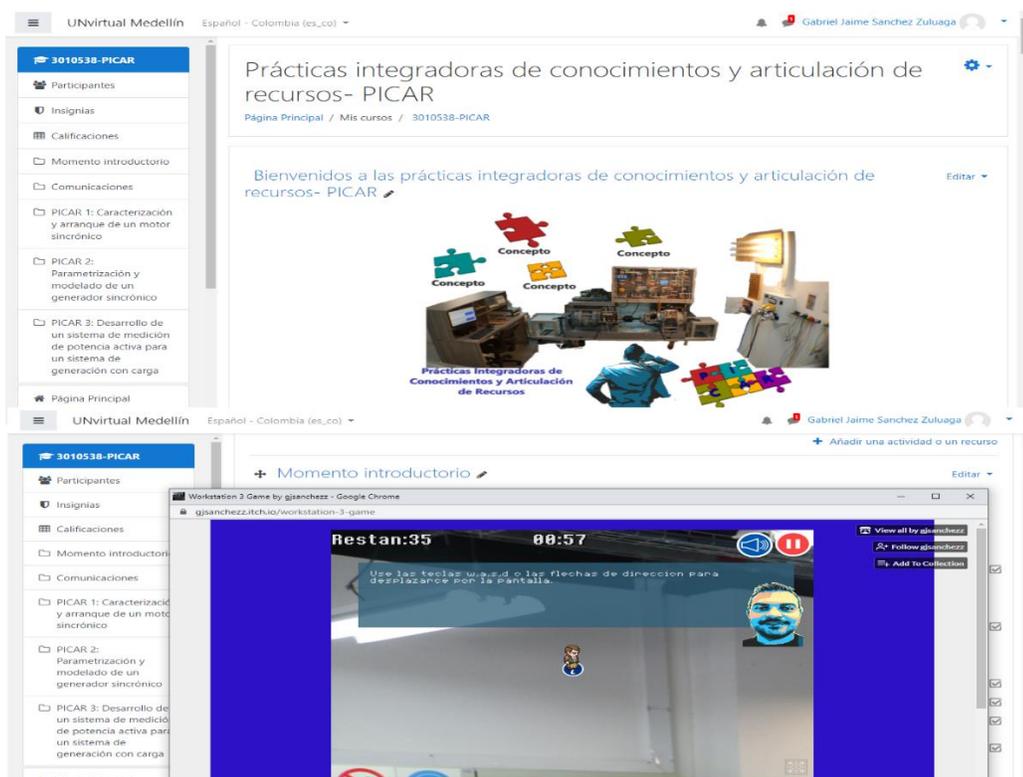


Figura 15. Imagen de la introducción a las PICAR y el momento introductorio

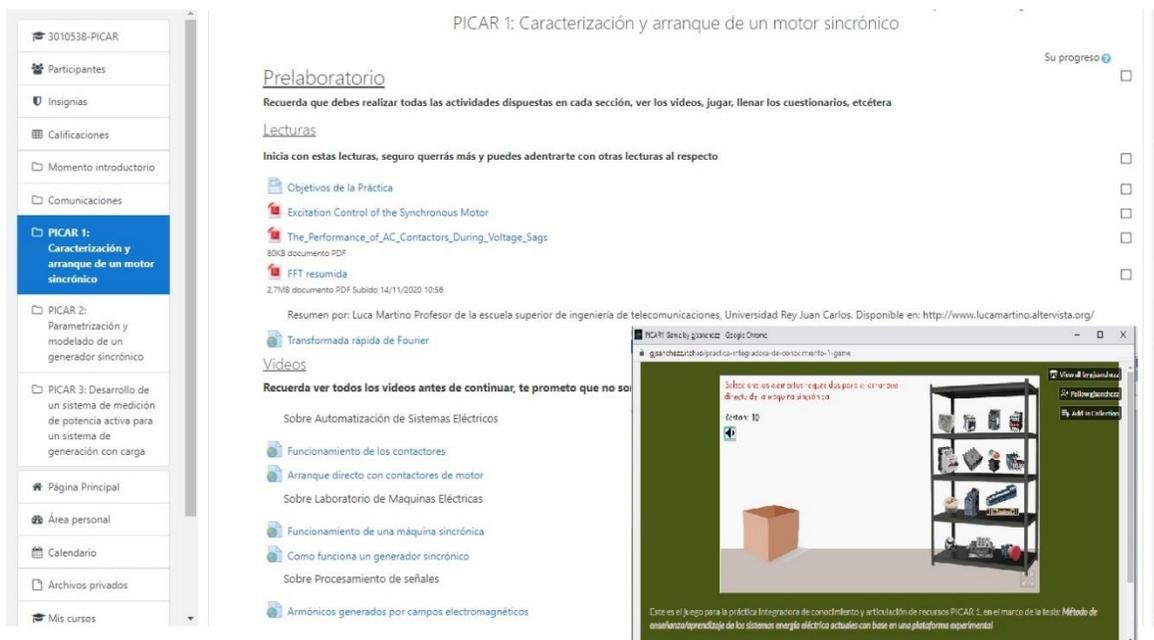


Figura 16. Imagen de la PICAR 1 y la actividad juego didáctico

4.4 Validación de los resultados

Como fue mencionado en la sección de laboratorio de la PICAR 1, la problemática que generó la pandemia, no permitió realizar pruebas con estudiantes en el laboratorio. Por tal motivo, se cambió la manera de evaluación con grupos de estudiantes que valoraron cada una de las prácticas en la plataforma diseñada.

Se realizó una validación del método de manera virtual, y los estudiantes realizaron las actividades, exploraron los contenidos, interactuaron con las actividades didácticas y lúdicas que se presentaron, finalizando con la respuesta a una encuesta diseñada para medir el nivel de satisfacción de la comunidad que usó la plataforma. 25 estudiantes de diferentes carreras respondieron la encuesta. Los criterios de la escala *Leaker* se usaron para evaluar el nivel de satisfacción con 12 declaraciones positivas. Para cada declaración eran posibles cinco opciones: Totalmente de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo, totalmente en desacuerdo. Los 12 enunciados positivos fueron escritos en relación con los elementos de evaluación de la plataforma y se muestran en la Tabla 10.

Elemento de la plataforma a evaluar	Declaraciones positivas redactadas con base a las características más relevantes de la plataforma y las PICAR
Presentación, introducción y accesibilidad	<p>1. Siento que la forma de ingresar y la presentación son comprensibles</p> <p>2. Considero que los recursos audiovisuales propuestos en el curso son dinámicos</p> <p>3. El acceso a las prácticas es ágil y me puedo enfocar en ejecutar las actividades</p>
Prelaboratorio	<p>4. Disfruté los videos y lecturas, los contenidos son pertinentes</p> <p>5. Los videos tienen una duración adecuada y son acordes con las temáticas</p> <p>6. El juego facilita la comprensión de los contenidos del prelaboratorio</p> <p>7. Con los contenidos planteados se llega fácilmente a la elaboración de la propuesta de montaje de laboratorio</p>
Laboratorio	<p>8. Me siento motivad@ a realizar las actividades de laboratorio después de realizar las actividades del prelaboratorio</p> <p>9. Las preguntas hito fueron útiles para apoyar la construcción del poslaboratorio</p> <p>10. La integración de los diferentes contenidos de las asignaturas fue enriquecedora</p>
Poslaboratorio	<p>11. Los productos propuestos para el poslaboratorio son asertivos y novedosos</p> <p>12. Encontré aplicabilidad entre la teoría y la práctica con los contenidos propuestos de la plataforma</p>

Tabla 10. Declaraciones positivas incluidas en la encuesta

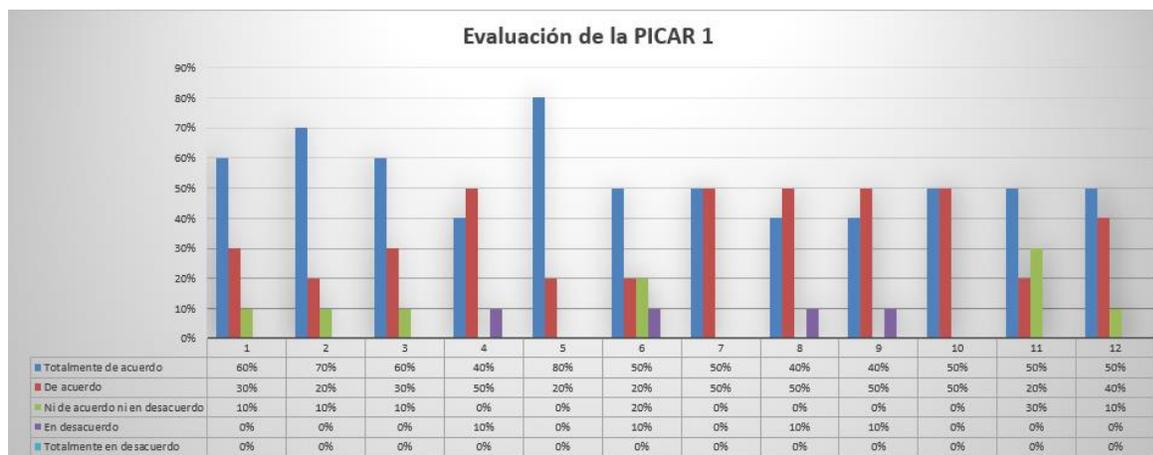


Figura 17. Diagrama de columnas presentando las respuestas de los estudiantes en la PICAR 1

En la Figura 17, Figura 18 y Figura 19, se presenta como diagramas de columnas agrupadas las respuestas de los estudiantes. Un análisis general de la Figura 17, la gráfica de la PICAR 1, muestra que en 10 de las preguntas positivas más del 50% de los estudiantes estuvo de totalmente de acuerdo, lo que demuestra un nivel de satisfacción intermedio de los estudiantes por la plataforma. Las tres primeras preguntas evalúan la presentación, introducción y accesibilidad. El 90% de los estudiantes se siente satisfecho con la manera de presentarse las prácticas y como la introducción le ayuda, por otra parte, el 10% no está seguro de entender completamente.

Las afirmaciones 4,5,6 y 7 valoran el prelaboratorio, donde la tendencia continúa, indicando que los contenidos en un 90% son buenos, un 5% le es indiferente y el 5% restante no está de acuerdo. Las preguntas 8, 9 y 10 se refieren al laboratorio, demostrando que el 93% está motivado a realizarlo con esta estructura y el 7% no lo encuentra atractivo.

Por último, las afirmaciones 11 y 12, apuntan al poslaboratorio sección que, aunque no se probó en su totalidad, debido a que no se realizó entrega de los productos, expone que el 80% se siente entusiasmado por el tipo de informe multimedia que entregaría en el poslaboratorio, y un 20% le es igual que cuando entregaban el informe de laboratorio de manera tradicional.

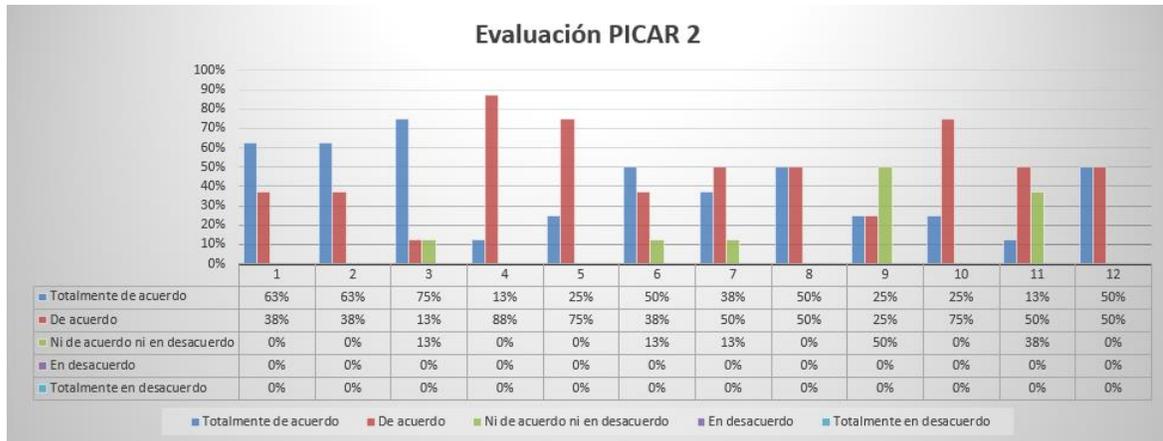


Figura 18. Diagrama de columnas presentando las respuestas de los estudiantes en la PICAR 2

En la Figura 18 se muestra la gráfica de la PICAR 2, donde en un análisis similar al realizado en la anterior sobre la presentación, introducción y accesibilidad, comprueba que el 100% está de acuerdo con el aporte sobre la utilidad de la plataforma, fácil acceso e introducción a las temáticas. El 95% encontró pertinente los contenidos del prelaboratorio, y el 6% no le pareció de mucha relevancia.

Para el 83% de los estudiantes, se siente motivado con la sección de laboratorio y considera enriquecedora la experiencia, por otro lado, el 17% no está seguro de esto. Finalmente, en esta gráfica, se muestra como el 81% encuentra aplicabilidad en los contenidos novedosos de la sección de poslaboratorio y un 19% es neutral al respecto.

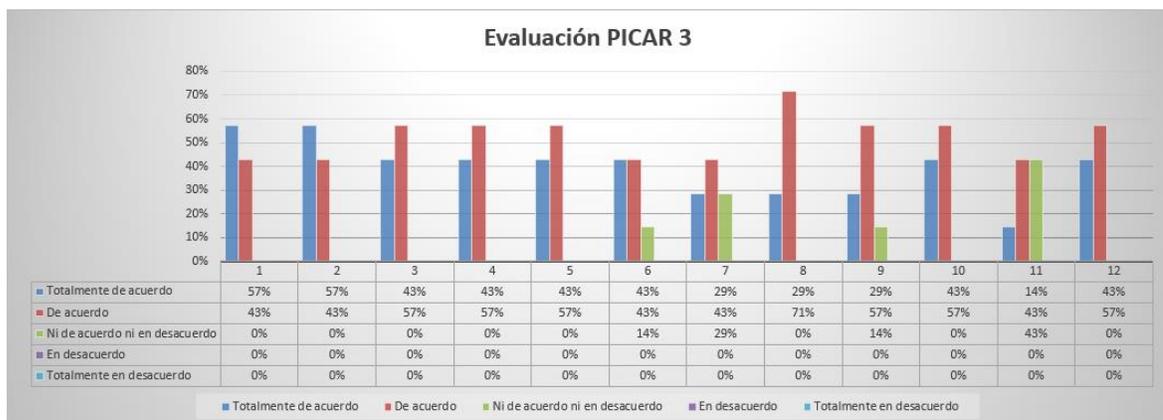


Figura 19. Diagrama de columnas presentando las respuestas de los estudiantes en la PICAR 3

Un análisis general a la Figura 19, muestra una tendencia marcada a la aceptación de la forma de presentar y preparar a los estudiantes ante la plataforma, se demuestra con un 100%. A su vez, el prelaboratorio es visto como pertinente en un 89% de los casos y no muy claro en un 11%. Igualmente, en el laboratorio los estudiantes consideraron en un 95% que la integración de contenidos les resulta provechoso. Al final, se valida que el 79% de los participantes aprueba los productos y los contenidos propuestos, encontrando sinergia entre la teoría y la práctica, así como un 21% se encuentra imparcial.

4.5 Validación comparativa

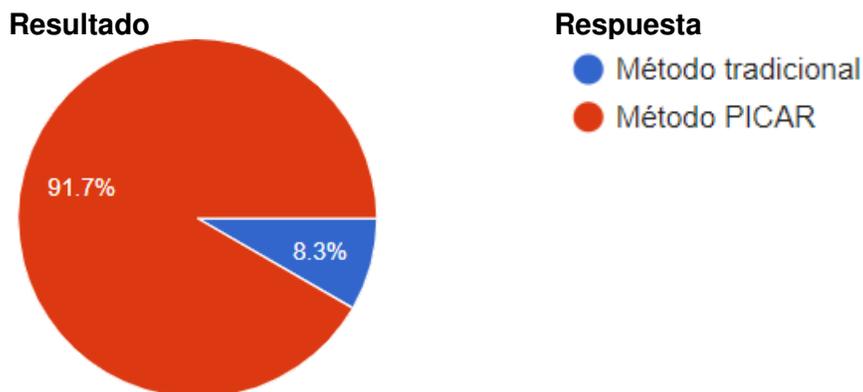
Como se mencionó en el numeral 4.2.4, no fue posible evaluar con una métrica diferente a la satisfacción experimentada por los estudiantes en la sección de prelaboratorio, debido a la falta de aplicación de las demás secciones en su totalidad. Sin embargo, en una consulta realizada posteriormente a un grupo de estudiantes evaluados con la métrica anterior y asegurándose de que hubiese visto laboratorios de forma tradicional, se compara el método PICAR con los métodos tradicionales, con el siguiente encabezado: *“Tú has visto ambas metodologías, la tradicional y el método PICAR en las prácticas de laboratorio. Con eso en mente por favor responde las siguientes preguntas:”* las preguntas realizadas se encuentran relacionadas en la Tabla 11.

Pregunta realizada	Posible respuesta
¿Cuál de los dos métodos te parece mejor en cuanto a la introducción, la presentación y el dinamismo con que se presentan los contenidos?	Método tradicional Método PICAR
Considero que aprendí más con el método PICAR que con el método tradicional	Totalmente de acuerdo De acuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo En desacuerdo Totalmente en desacuerdo
Puedo decir que: el método PICAR me ayudó en la retención de conocimientos en comparación con el método tradicional de las prácticas que he visto	Totalmente de acuerdo De acuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo En desacuerdo Totalmente en desacuerdo
Creo que es clara la propuesta de PICAR y logra acompañar desde la introducción del tema propuesto, con los videos, el juego y las lecturas, a la comprensión y posterior elaboración de mi propuesta de montaje de	Totalmente de acuerdo De acuerdo Ni de acuerdo ni en desacuerdo En desacuerdo Totalmente en desacuerdo

laboratorio, en comparación con las prácticas de laboratorio convencionales	
Si la práctica de laboratorio se llevara a cabo y tuvieras que escoger entre el método PICAR y el método tradicional, ¿Cuál escogerías y cuál consideras que te aporta mayor posibilidad de aprender, profundizar y recordar los conceptos prácticos?	Método tradicional Método PICAR

Tabla 11. Preguntas y respuestas validación comparativa

Los resultados obtenidos mostrados en la Tabla 12, indican una aceptación total del método PICAR por encima del método tradicional en el 71.66%, parcial del 21.66% y un indicativo de indiferencia del 6.66% de la población encuestada. Puede concluirse en un análisis detallado de los mismos que, con una correcta implementación del método completo, pueden lograrse los objetivos propuestos en el método de enseñanza/aprendizaje, logrando motivar a los estudiantes con metodologías contemporáneas enfocadas en el estudiante y su forma de aprender, con la mediación tecnológica como herramienta para el proceso cognitivo y la orientación a una correcta apropiación de contenidos.



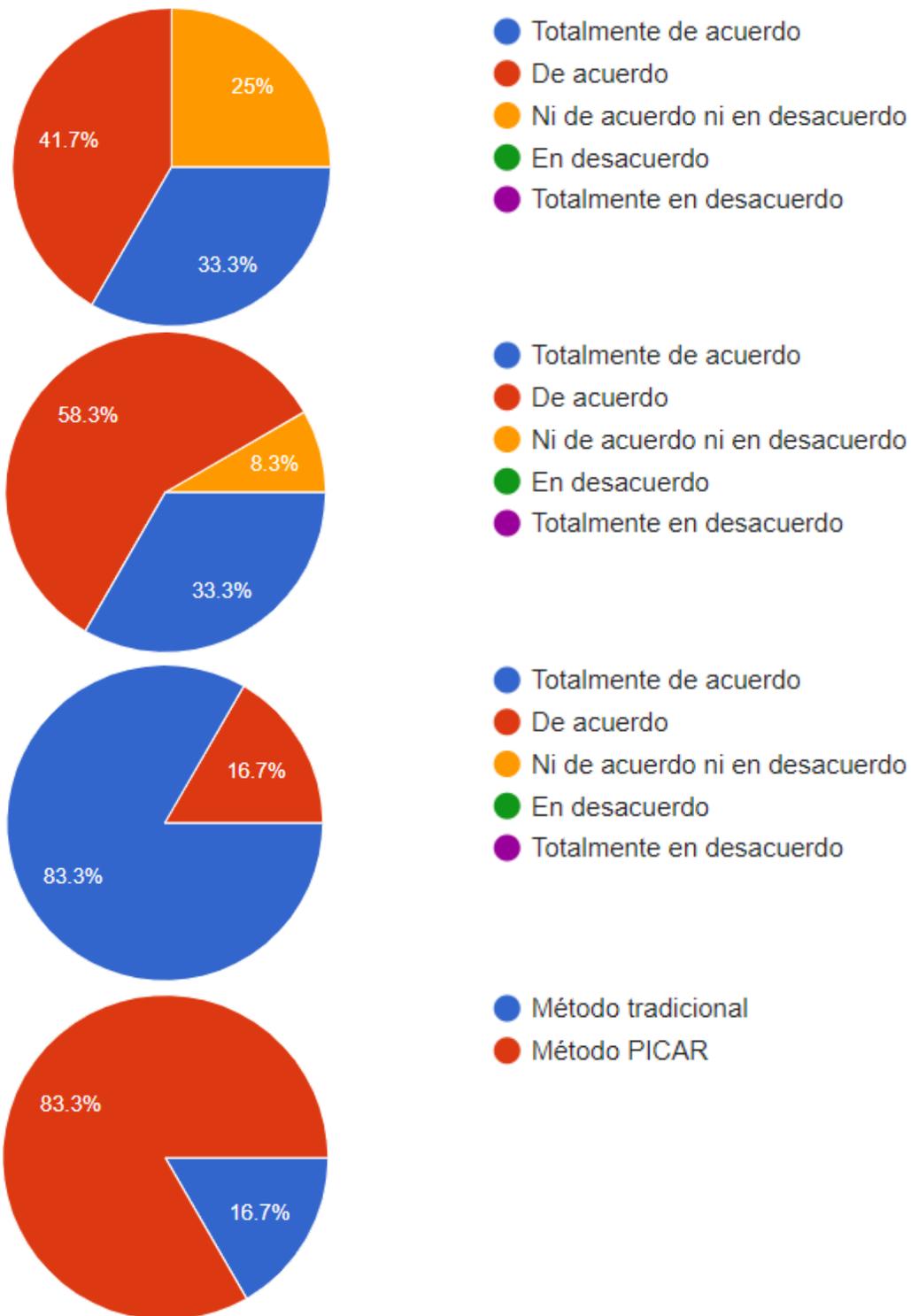


Tabla 12. Diagramas de porcentaje de cada pregunta

4.6 Resultados de la PICAR 1

Con el ánimo de realizar una verificación más a fondo del método propuesto, se llevó a cabo la prueba de la PICAR 1 en el laboratorio y con la plataforma experimental expuesta y descrita anteriormente, correspondiente a la caracterización y arranque de un motor sincrónico, obteniendo los resultados que se mostrarán a continuación.

Prelaboratorio PICAR 1

En el desarrollo de la práctica, después de realizadas las actividades del prelaboratorio, se obtiene la propuesta de montaje en el laboratorio, la cual deberá ser revisada por el docente y brindando una realimentación oportuna, que puede observarse en la Figura 20.

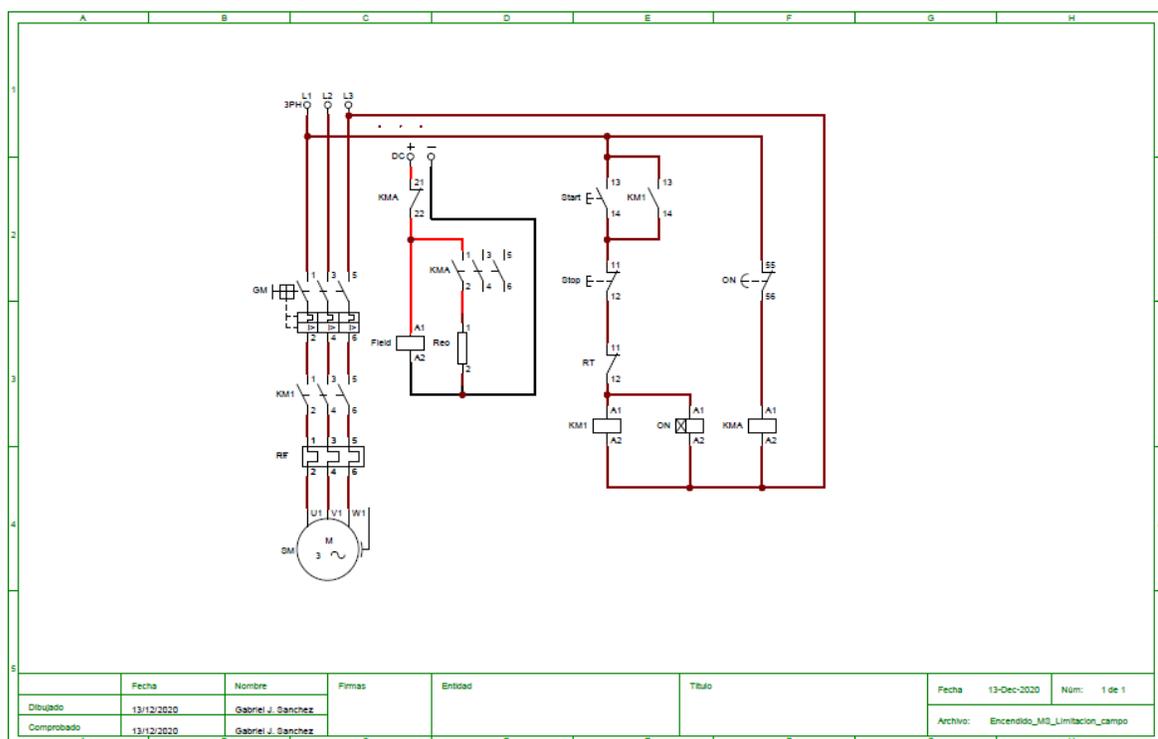


Figura 20. Imagen de la propuesta de montaje de la sección de prelaboratorio

Laboratorio PICAR 1

Antes de realizar la prueba, se determinaron los parámetros de la máquina sincrónica para el uso de la resistencia en el devanado de campo, y así lograr una reducción de la corriente. Primero se arrancó la máquina directamente, con ayuda de los automatismos de la

estación de trabajo, cortocircuitando el devanado de campo y se ubicó un instrumento de medida en cable para determinar el pico de corriente máxima. El máximo alcanzado fue de 4.5 A y la estabilidad se logró a los 4 segundos llegando a 0 A, también se midió la resistencia de dicho devanado sin tensión, obteniendo una medida de 28.5 Ω . con los datos obtenidos se seleccionó el reóstato y la resistencia que debía tener para inducir una baja corriente en el arranque. Posteriormente, se realizó la misma prueba con la resistencia en paralelo en lugar del cortocircuito, obteniendo una reducción de la corriente máxima transitoria a 3.6 A, con una resistencia aplicada de 28.5 Ω .

Además, se ensambló el circuito propuesto con lógica cableada y los contactores, como puede observarse en la Figura 21, logrando un automatismo externo al de la estación, para controlar la máquina.

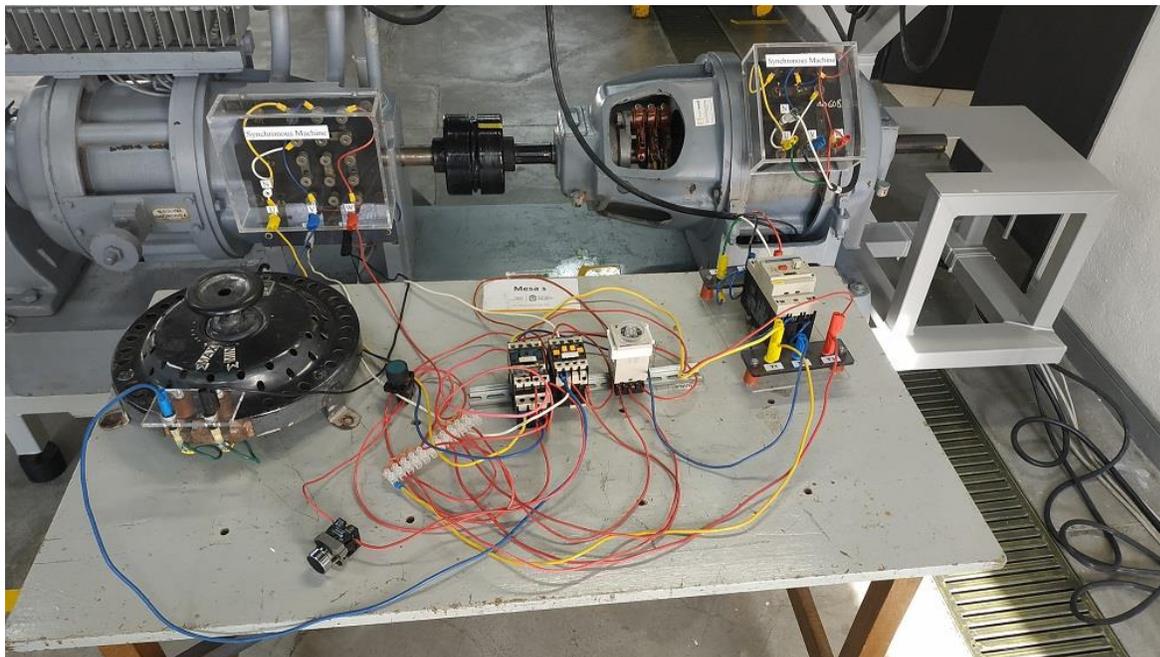


Figura 21. Montaje del automatismo correspondiente al circuito de la propuesta de laboratorio

Las pruebas realizadas se registraron con el equipo Janitza UMG96R en la máquina como motor, y se exportaron con la ayuda del software gridvis, descargándolo a un archivo .csv y se crearon dos gráficas con ayuda del software de ofimática Excel observables en las Figura 22 y Figura 23.



Figura 22. Gráfica de la corriente de arranque directo

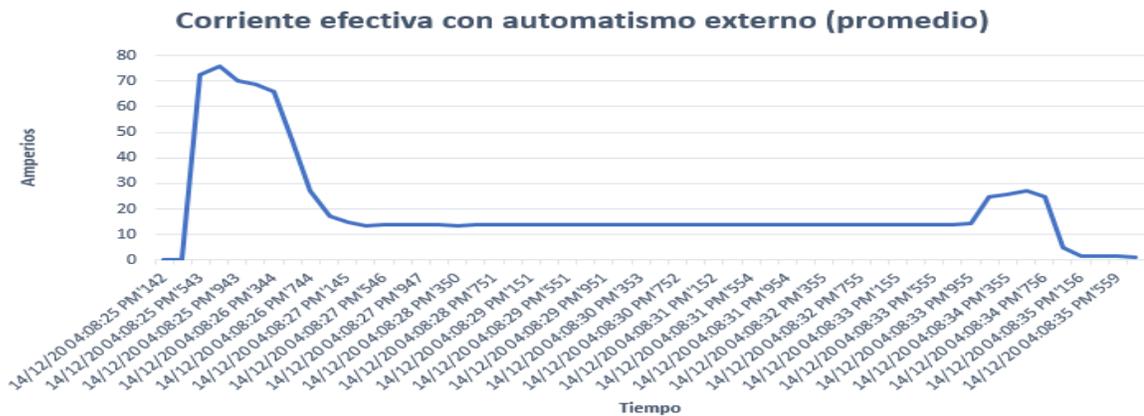


Figura 23. Gráfica de corriente de arranque con automatismo

También se puede realizar una comparación entre las Figura 23 y Figura 24, esta última tomada directamente del graficador del *software Gridvis*.

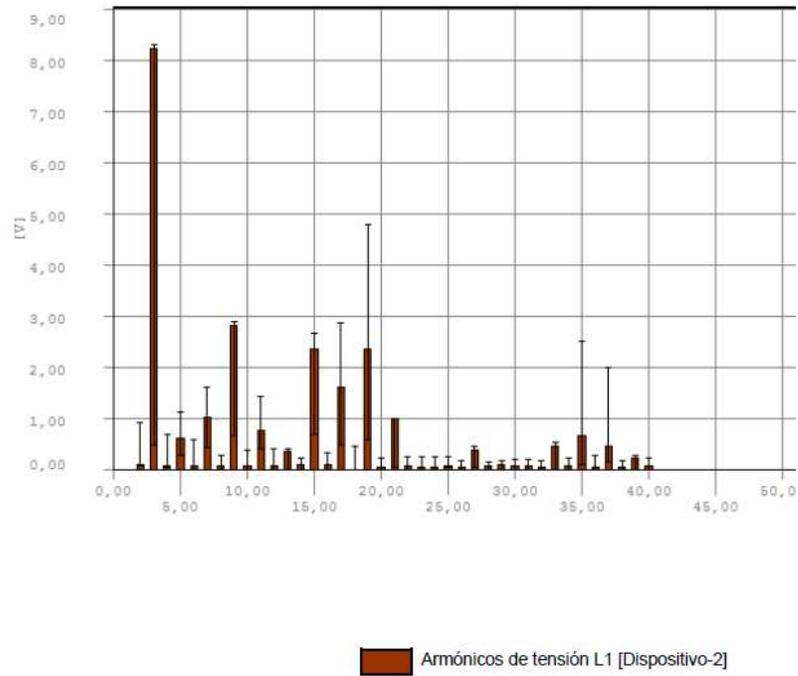


Figura 25. Gráfico de armónicos en el generador al 40% de carga

En la comparación que se observa entre la Figura 26 y Figura 27, se puede evidenciar la capacidad de muestreo que tiene el equipo al momento de exportar los datos. Es posible reconstruir fielmente la forma de onda mostrada por el equipo con otro software como Excel y lograr las figuras similares.

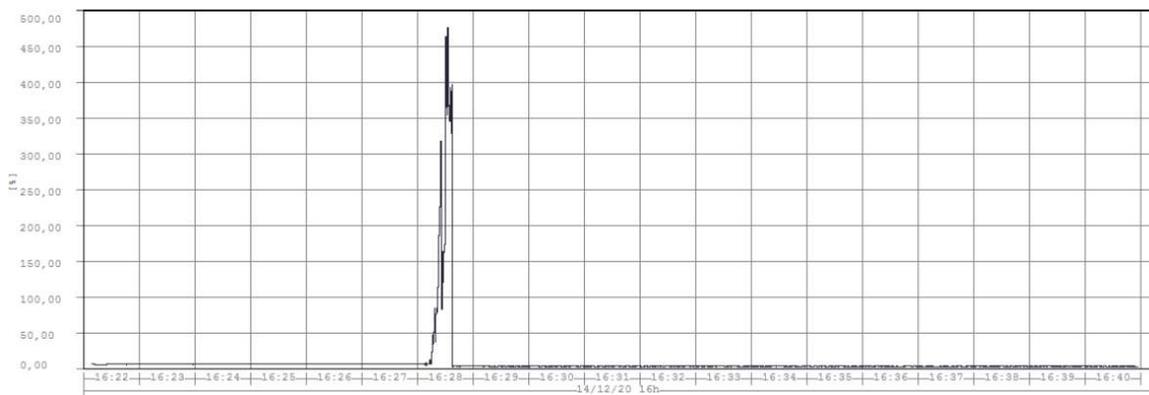


Figura 26. Gráfico del THD_V tomado desde el Gridvis

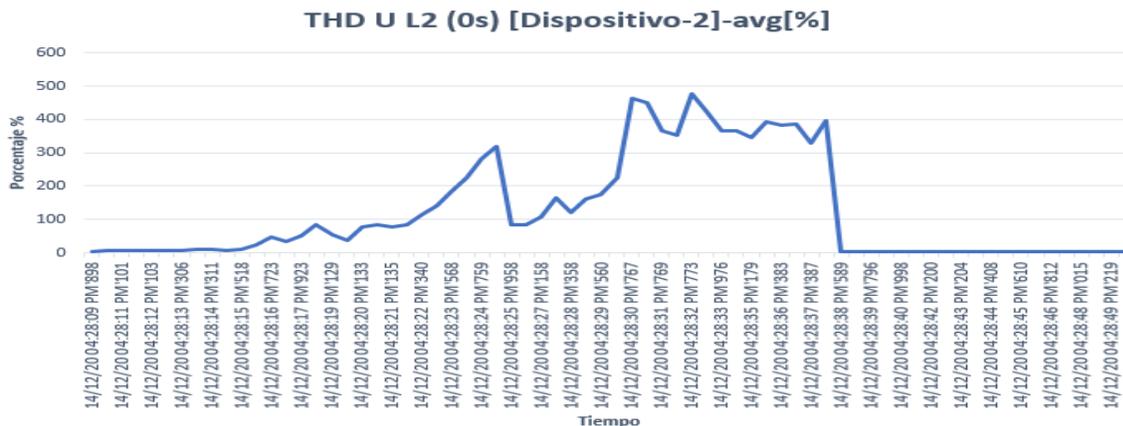


Figura 27. Gráfico del THD_V reconstruido con Excel

4.7 Conclusiones del capítulo

En la primera parte de este capítulo se presentó la plataforma experimental en la que se realizan las prácticas, desde el planteamiento del paradigma de transformación hasta la evolución llevada a cabo en el laboratorio a través de la plataforma *workstation 1*, y se explicó cada uno de los componentes del paradigma a profundidad.

En la segunda parte se presentó el mecanismo del método de enseñanza/aprendizaje empleado en las denominadas PICAR, explicando cómo se emplea en un caso real con temáticas de diferentes cursos de la Universidad Nacional de Colombia, donde se mostró la aplicación del mismo, con cada uno de sus componentes; búsqueda, clasificación y selección de asignaturas, correlación de contenidos y consolidación de las prácticas, y cada una de las prácticas integradoras obtenidas.

Por último, se presentaron las herramientas de evaluación diseñadas para evaluar las prácticas y el análisis de los resultados de satisfacción y comparación obtenidos. Así mismo, las pruebas realizadas en el laboratorio de la PICAR 1, fueron expuestas, aportando al cumplimiento de los objetivos 4 y 5 de la presente tesis.

Capítulo 5- Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

En el primer capítulo se realizó una completa introducción al tema tratado en la investigación, así como la revisión de la literatura, bajo la premisa de que los avances tecnológicos actuales han producido significativos cambios en la forma en que las personas viven y se entretienen, y el modo en que aprenden no es ajeno a dichas transformaciones, obteniendo así la iniciativa de proponer el método descrito en el capítulo 3.

La enseñanza práctica lleva la teoría a conceptos tangibles y comprobaciones, lo que ayuda a la comprensión de dicha teoría y a un aprendizaje significativo, por ello la experimentación, acerca al estudiante al trabajo en campo mejorando sus habilidades para desempeñarse como egresado. De acuerdo a la revisión realizada en el capítulo 2 marco teórico, se puede concluir que la falta de integración de conocimientos con experiencias de valor o significativas, es una posible causa de que los estudiantes pierdan el interés por aprender determinada área e incluso, en casos más extremos, a la deserción por considerar muy rigurosos los cursos o no aprender nada.

El método de enseñanza/aprendizaje propuesto, que se aplicó en el laboratorio de máquinas y medidas eléctricas, integra varios enfoques pedagógicos y una herramienta de gestión de aprendizaje y contenidos, como alternativa al problema de visión sesgada que tienen los estudiantes y futuros egresados de los sistemas de energía eléctrica (SEE).

Lo que se logró con este trabajo de investigación es aportar en el desarrollo de medios de instrucción con el uso de varias técnicas pedagógicas y herramientas, motivando a los estudiantes a adquirir conocimientos de una forma acorde a los tiempos modernos y con

base en teorías didácticas contemporáneas. Las herramientas que ofrece el método, son recursos instruccionales, que usan diferentes enfoques pedagógicos y que buscan guiar a los educadores a través de ideologías que optimicen y mejoren la capacidad de aprendizaje de sus estudiantes, bajo la premisa de integrar la operación de recursos virtuales con los físicos en estaciones de trabajo como la tratada en esta tesis.

La enseñanza práctica lleva la teoría a conceptos tangibles y comprobaciones del mundo que nos rodea, lo que contribuye a la comprensión de las hipótesis planteadas y a un aprendizaje significativo, por ello la experimentación, acerca al estudiante al trabajo en campo mejorando sus habilidades para desempeñarse como futuro ingeniero.

Por esto, el método de enseñanza/aprendizaje: Prácticas Integradoras de Conocimientos y Articulación de Recursos (PICAR) fue diseñado como herramienta utilizada en la estación de trabajo del laboratorio, lo que representa una guía para los docentes o diseñadores de instrucción de cursos o prácticas de laboratorios de ingeniería.

El método propuesto cumplió con las especificaciones de planificación de prácticas desde la perspectiva docente hacia la experimentación integral que los estudiantes requieren en su formación como futuros profesionales en una realidad laboral cada vez más competitiva, globalizada y heterogénea, con un conocimiento holístico de los SEE, usando técnicas de didácticas modernas.

En el marco del desarrollo de la tesis, se vivió un fenómeno mundial pandémico que afectó profundamente a la humanidad, y que dejó en evidencia lo que compone un aporte importante de la presente investigación: el requerimiento de cambios estructurales en la manera en que se interactúa con los contenidos de los cursos y la creación de ideas educativas innovadoras que enriquecen la educación.

Los resultados de la transformación de la plataforma experimental del laboratorio, donde se aplicó el método, indicaron que es imperioso la actualización de los laboratorios y la aceptación casi unánime de los cambios, demuestra la necesidad. Así mismo, la aplicación del método logró aportar en lo que podría ser el mejoramiento de cursos o la innovación de contenidos para los mismos.

Los resultados obtenidos en la herramienta de evaluación incorporada en la plataforma fueron positivos de manera general. Esto indica una aceptación del método, la forma de ejecutar las prácticas, la integración de diferentes temáticas y el uso de herramientas pedagógicas innovadoras. Contando con la posibilidad de llevar a cabo todas las secciones del método, es posible que el interés y la retención de conocimientos aumente, así como la motivación a que continúen con sus estudios hasta el final.

En la aplicación del método ejecutado en el laboratorio, se evidenció la capacidad de análisis que obtienen los estudiantes, y si realizan todas las actividades con el compromiso requerido, se puede lograr un impacto superior en la forma en que adquieren los conocimientos de varias áreas simultáneamente.

5.2 Recomendaciones

El trabajo propuesto representa un punto de partida y apoyo para cualquier persona que quiera optimizar el proceso de enseñanza/aprendizaje en la educación en ingeniería, e incluso en otras áreas del conocimiento.

Ahora bien, el método de las PICAR, puede ser usado como inicio de la construcción de un curso con componente de laboratorio nuevo o fortalecer alguno existente, pudiendo ser incorporado en futuras investigaciones en el campo de la educación en la ingeniería.

En síntesis, la posibilidad de incorporar en programas existentes, componentes pedagógicos con módulos virtuales y presenciales, integrando diferentes áreas de conocimiento es otra posibilidad de trabajo futuro que plantea la presente investigación.

Bibliografía

- Bates, David J. Albert, M. (2007). *Principios de electrónica* (septima). MacGraw-Hill.
- BRUNER, J. S. (2019). The Process of Education. In *The Process of Education*.
<https://doi.org/10.2307/j.ctvk12qst>
- Chen, T., Maciejewski, A. A., Notaros, B. M., Pezeshki, A., & Reese, M. D. (2016). Mastering the core competencies of electrical engineering through knowledge integration. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2016-June*. <https://doi.org/10.18260/p.25683>
- Choudhury, A. A., & Rodriguez, J. (2017). A New Curriculum in Fluid Mechanics for the Millennial Generation. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 12(1), 48–51. <https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2658958>
- Chowdhury, H., Alam, F., & Mustary, I. (2019). Development of an innovative technique for teaching and learning of laboratory experiments for engineering courses. *Energy Procedia*, 160(2018), 806–811. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.02.154>
- Clark, R. E. (2004). The classical origins of Pavlov's conditioning. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, 39(4), 279–294.
<https://doi.org/10.1007/BF02734167>
- De, M., Samper, Z., Pedagógicos, E., Contemporáneas, D., Patiño, G., Diseño, D., Diagramación, J., Valderrama, M., Académica, D., Darío, G., & Coordinación, S. G. (2004). *Enfoques Pedagógicos y Didácticas Contemporáneas*.
- De Zubiría Samper, M. (2004). *Enfoques pedagógicos y didácticas contemporáneas*. Bogotá: FiPC.
- Deese, A. S. (2015). Development of Smart Electric Power System (SEPS) Laboratory for Advanced Research and Undergraduate Education. *IEEE Transactions on Power Systems*, 30(3), 1279–1287. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2014.2343521>
- EDUCACIÓN 3.0. (2020). *Aprender Jugando: Las mejores plataformas educativas*.
<https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/plataformas-para-aprender->

- jugando/
- Ertmer, P. A. (1993). *UNA COMPARACIÓN DE LOS ASPECTOS CRÍTICOS INSTRUCCIÓN*. 6(4), 50–72.
- Gedra, T. W., An, S., Arsalan, Q. H., & Ray, S. (2004). Unified Power Engineering Laboratory for Electromechanical Energy Conversion, Power Electronics, and Power Systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 19(1), 112–119.
<https://doi.org/10.1109/TPWRS.2003.820997>
- Herrera, M. R. S., Márquez, J. M. A., Borrero, A. M., & Sánchez, M. A. M. (2013). Testing bench for remote practical training in electric machines. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*. <https://doi.org/10.3182/20130828-3-UK-2039.00056>
- Higuera Martinez, O. I. (2017). Deserción Estudiantil En Colombia Y Los Programas De Ingeniería De La Uptc Seccional Sogamoso. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 17(1). <https://doi.org/10.19053/1900771x.v17.n1.2017.5593>
- itch group. (2020). *open marketplace for independent digital creators*. Itch.io.
<https://itch.io/>
- Jadidian, J., Mohseni, S., Shayegani Akmal, A. A., Ahmadi Joneidi, I., Jebeli Javan, M., Samimi, M. H., Mohseni, H., Mohammadhossein, M., & Seifi, S. (2016). New laboratories in High Voltage Institute of University of Tehran for teaching power engineering courses. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 10(11), 2810–2816. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2016.0011>
- Kehm, B. M., Larsen, M. R., & Sommersel, H. B. (2020). Student dropout from universities in Europe: A review of empirical literature. *Hungarian Educational Research Journal*, 9(2), 147–164. <https://doi.org/10.1556/063.9.2019.1.18>
- Lagerstrom, L., Johanes, P., & Ponsukcharoen, U. (2015). The myth of the six minute rule: Student engagement with online videos. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 122nd ASEE(122nd ASEE Annual Conference and Exposition: Making Value for Society)*.
- Llorens-Largo, F., Gallego-Duran, F. J., Villagra-Arnedo, C. J., Compan-Rosique, P., Satorre-Cuerda, R., & Molina-Carmona, R. (2016). Gamification of the Learning Process: Lessons Learned. *Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 11(4), 227–234. <https://doi.org/10.1109/RITA.2016.2619138>
- Maciejewski, A. A., Chen, T. W., Byrne, Z. S., De Miranda, M. A., McMeeking, L. B. S., Notaros, B. M., Pezeshki, A., Roy, S., Leland, A. M., Reese, M. D., Rosales, A. H.,

- Siller, T. J., Toftness, R. F., & Notaros, O. (2017). A Holistic Approach to Transforming Undergraduate Electrical Engineering Education. *IEEE Access*, 5(c), 8148–8161. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2690221>
- Maza-Ortega, J. M., Barragan-Villarejo, M., De Paula Garcia-Lopez, F., Jimenez, J., Mauricio, J. M., Alvarado-Barrios, L., & Gomez-Exposito, A. (2017). A Multi-Platform Lab for Teaching and Research in Active Distribution Networks. *IEEE Transactions on Power Systems*, 32(6), 4861–4870. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2017.2681182>
- Muñoz-Organero, M., Muñoz-Merino, P. J., & Kloos, C. D. (2012). Sending learning pills to mobile devices in class to enhance student performance and motivation in network services configuration courses. *IEEE Transactions on Education*, 55(1), 83–87. <https://doi.org/10.1109/TE.2011.2131652>
- Nikolic, S., Ritz, C., Vial, P. J., Ros, M., & Stirling, D. (2015). Decoding Student Satisfaction: How to Manage and Improve the Laboratory Experience. *IEEE Transactions on Education*, 58(3), 151–158. <https://doi.org/10.1109/TE.2014.2346474>
- Perez Pinal, F., Nava, S., Nunez Perez, J., Araujo Vargas, I., Vera Cardenas, E., & Barranco Gutierrez, A. (2016). Experimental B-learning laboratory for an electrical machines undergraduate course. *IEEE Latin America Transactions*, 14(2), 524–529. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7437188>
- Piaget, J. (1976). Piaget's Theory. In *Piaget and His School* (pp. 11–23). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46323-5_2
- Prigioniero, M. (2013). *Recomendaciones para el diseño de cursos para Moodle utilizando criterios de usabilidad y accesibilidad*. 1–11. <http://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC113299.pdf>
- Rodríguez Palmero, M. L., Moreira, M. A., Caballero Sahelices, M. C., & Greca, I. M. (2008). *La teoría del Aprendizaje Significativo En La Perspectiva De La Psicología Cognitiva*.
- Salazar-Fernandez, J. P., Sepúlveda, M., & Munoz-Gama, J. (2019). Influence of Student Diversity on Educational Trajectories in Engineering High-Failure Rate Courses that Lead to Late Dropout. *CEUR Workshop Proceedings*, 2425, 39–48.
- Sánchez-arévalo, M. L., Cruz-hueso, L. F., & Ferro-escobar, R. (2018). Modelo de

- aproximación al comportamiento de la deserción voluntaria universitaria en pregrados de Ingeniería periodo 2015-2018 in Undergraduate Programs in Engineering , Period 2015-2018 Behavior Approach Model of Voluntary University Desertion in. *Revista Ingeniería Solidaria*, 14(26), 1–27.
- Schaefer, R. C. (1999). *Excitation Control of the Synchronous Motor*. 35(3), 694–702.
- Serna, E., & Serna, A. (2015). Crisis de la Ingeniería en Colombia. *Ingeniería y Competitividad*, 17(1), 63–74. <https://doi.org/https://doi.org/10.25100/iyc.v16i1.3706>
- Shahnia, F., Moghbel, M., & Yengejeh, H. H. (2016). Motivating Power System Protection Course Students by Practical and Computer-Based Activities. *IEEE Transactions on Education*, 59(2), 81–90. <https://doi.org/10.1109/TE.2015.2448611>
- Shoufan, A. (2019). Estimating the cognitive value of YouTube’s educational videos: A learning analytics approach. *Computers in Human Behavior*, 92, 450–458. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.03.036>
- Skinner, B. F. (1975). *SOBRE EL CONDUCTISMO Revisión y prólogo RUBÉN ARDILA*.
- Spertino, J., & Pineda, J. (2016). *Aproximación a la infoxicación, ansiedad y sobrecarga informativa: una problemática que atraviesa a nuestros profesionales bibliotecarios y su entorno laboral*.
- Thorndike, E. L. (1936). Edward Lee Thorndike. In C. Murchison (Ed.), *A history of psychology in autobiography volume III*. (pp. 263–270). Clark University Press. <https://doi.org/10.1037/11247-011>
- Tirado-Mendoza, G., Neyra-Lopez, W., Roman-Gonzalez, A., Vargas-Cuentas, N., Llulluy, D., & Lapa-Asto, U. (2019). Work-in-Progress: Application of academic strategies to strengthen intrinsic motivation and reduce the number of students who abandon engineering programs at universities in Lima-North. *EDUNINE 2019 - 3rd IEEE World Engineering Education Conference: Modern Educational Paradigms for Computer and Engineering Career, Proceedings*, 2019–2022. <https://doi.org/10.1109/EDUNINE.2019.8875844>
- Turner, A. E., & Collins, E. R. (2016). *The Performance of AC Contactors During Voltage Sags The Performance of AC Contactors During Voltage Sags Department of Electrical and Computer Engineering. February*.
- Watson, J. B. (1913). *LA PSICOLOGÍA TAL COMO LA VE EL CONDUCTISTA*.
- Yang, X., Carullo, S. P., Miu, K., & Nwankpa, C. O. (2005). Reconfigurable distribution automation and control laboratory: multiphase, radial power flow experiment. *IEEE*

Transactions on Power Systems, 20(3), 1207–1214.

<https://doi.org/10.1109/TPWRS.2005.851988>

Yazidi, A., Henao, H., Capolino, G. A., Betin, F., & Filippetti, F. (2011). A web-based remote laboratory for monitoring and diagnosis of ac electrical machines. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 58(10), 4950–4959.

<https://doi.org/10.1109/TIE.2011.2109331>