

IPP_EI1.0 – PROCEDIMIENTO PARA LA MEJORA EN LAS COMPETENCIAS SOBRE CONVERTORES DEL CURSO ELECTRÓNICA INDUSTRIAL CON ÉNFASIS EN ENERGÍAS RENOVABLES.

Fabio Alfonso González
fagonzalez@correo.uts.edu.co
Docente Unidades Tecnológicas de Santander.
Bucaramanga, Santander. Colombia 2018

0. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	1
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DIAGNÓSTICO INICIAL	2
2.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO	2
2.2 REJILLA DE DIAGNÓSTICO INICIAL	4
3 OBJETIVOS DEL PROCEDIMIENTO	4
3.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.	4
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROCEDIMIENTO	5
4 CONFIGURACIÓN DE SIMULINK	5
5 PROCEDIMIENTOS PROPUESTOS PARA SIMULACIÓN	7
5.1 PRÁCTICA 1	7
5.2 PRÁCTICA 2	8
5.3 PRÁCTICA 3	9
6 ENFOQUE A SISTEMAS CON ENERGÍA RENOVABLES	9
7 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	10
8 REFERENCIAS	11

0. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

En el procedimiento descrito a continuación es producto del trabajo de investigación correspondiente a una innovación pedagógica propuesta para el programa de Ingeniería Eléctrica de las UTS mediante la cual se buscaba fortalecer en el estudiante conceptos relacionados con la implementación de los cuatro tipos de convertidores clásicos que se aplican con gran importancia en el sector energético propios de la Electrónica Industrial (Electrónica de potencia), cual sea el subámbito en el que se dé, y en particular

con el auge de las energías renovables y el cual ha tomado una fuerza inusitada.

Al hablarse de electrónica de potencia, es inaplazable el hecho de incorporar variables de voltaje y corriente, donde cada una en magnitudes de cientos de voltajes y amperios respectivamente, que normalmente en un laboratorio de orientación pedagógica, siempre es inalcanzable, por lo que la simulación se convierte en una herramienta invaluable que permite una rápidas evaluaciones del funcionamiento de algún sistema, conociendo su desempeño y respuesta ante distintas situaciones, el impacto obtenido, producto del cambio de valore en los elementos que la componen, validando o falseando hipótesis iniciales que se hayan propuesto en el análisis.

La mayoría de estudiantes que abordan un curso de Electrónica Industrial por primera vez, poco o nada han abordado este campo y en virtud que la asignatura se proyectó del tipo teórico, la mejor forma de reforzar conceptos, es a través de herramientas de simulación como las que dispone Matlab, y en particular Simulink. Las simulaciones predicen cómo se comportará un dispositivo sin la necesidad de disponer físicamente para validar su comportamiento; establecer valores máximos, sin necesidad de destruir los elementos y hacer cálculos complejos, además de observar detalles que en muchos casos corresponden a aspectos transitorios y que no es fácil verlos con la instrumentación de la cual dispone el equipo.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la misión que se propone la Institución, es claro el enfoque que se busca dar a cada programa académico que se instaura en las UTS. Desde allí el énfasis en lo práctico, es esencial, por lo que cada asignatura así en su estructura intrínseca pretenda ser teórica, se necesita fortalecer el discurso desde una perspectiva basada en la aplicación de los conceptos que allí se impartan. Por lo anterior la simulación es una herramienta decisiva para la consecución de los objetivos propuestos.

La simulación ofrece sinnúmero de ventajas, a saber: Tiene una índole de bajo costo, pues contempla las características de las herramientas digitales, como es el hecho de ser programable y por tanto parametrizable, comparado con el hecho de construir físicamente los sistemas (en este caso los convertidores), sin mencionar la rapidez con la cual se

hace. Facilita encontrar errores, que refuerza lo anteriormente expreso, aporta al hecho de no incurrir en los gastos que se darían si se cometieran fallas en el diseño inicial. Permite estimar y pronosticar valores, que a la vez y ya desde una perspectiva práctica conduce a tener criterios en la toma de decisiones, con bajos retardos[1]. Fortalece el hecho de planear, y validar, pues una vez se haya tenido un primer acercamiento a la realidad, se comprueba que tan cerca o lejos, se encuentra el resultado dado por la simulación.

En la formación de ingenieros, la experimentación con fenómenos físicos, es un aspecto de gran relevancia, pues ayudan a afianzar los conocimientos teóricos adquiridos en el aula de clase y que fortalecen los pasos fundamentales que consienten el método de enseñanza de naturaleza tecnológica: en el primero se suministra un marco fundamental de conocimientos y metodologías. Dicho proceso conlleva al dominio de herramientas de análisis y síntesis que se aplican a la solución de problemas y situaciones de muy diversa naturaleza. El otro tópico es poner a prueba ese marco, buscando preparar al estudiante y futuro profesional a lo imprevisto, enfrentándose a otros problemas y situaciones, ante los cuales no basta con tomar posiciones, opinar ni reflexionar, sino dar soluciones concretas, en lo posible optimizadas de alguna forma.[2]

En lo que respecta a las competencias investigativas, los ejercicios prácticos permiten que se generen nuevos conocimientos y se soporte el proceso formativo en investigación. Es en los laboratorios donde se gestan las investigaciones y se validan las teorías, ayudando a generar soporte para los mismos simuladores de forma tal que estos puedan a través de los modelos tener una “mejor” representación de la realidad. El aprendizaje autónomo es una de las competencias claves para el éxito de los estudiantes universitarios y posteriormente del profesional ejerciendo su labor, y donde muchos estudiosos de este aspecto han conducido a resaltar la necesidad del dominio de habilidades relacionadas con TIC y la investigación.[3]

El objetivo de la presente innovación es suministrar las herramientas al estudiante, que permitan completar la labor realizada en el curso teórico de Electrónica Industrial, mediante la simulación con la herramienta Simulink de Matlab. Se proponen procedimientos a surtir en la elaboración de

modelos que permitan observar el comportamiento de los convertidores AC- DC, Convertidores DC-DC, Convertidores AC- AC, y convertidores DC-AC, ante diferentes tipos de carga, diferentes estructuras y técnicas usadas en su construcción.

2. DIAGNÓSTICO INICIAL

En las Unidades Tecnológicas de Santander, se ofrece el programa de Ingeniería Eléctrica por ciclos propedéuticos, en particular en el ciclo 2, con el nivel tecnológico la denominación es Tecnología en Electricidad Industrial y en el Nivel Universitario con el programa de Ingeniería eléctrica. Este programa identifica su objetivo de estudio en formar Ingenieros que se distinguen por su calidad humana, excelencia académica, responsabilidad, creatividad, liderazgo, mentalidad empresarial, conocimientos técnico-científicos y una sólida formación ética. El objeto de conocimiento del programa es la electricidad, entendida como la aplicación de la física a la generación, transporte, distribución y uso eficiente de la energía eléctrica. Para manejar estos conocimientos, se hace indispensable que el Ingeniero Electricista de las Unidades Tecnológicas de Santander, esté relacionado e inmerso en el proceso ingenieril, permitiéndole comprender, analizar y proponer condiciones de cambio a situaciones identificadas en un entorno desde un saber básico. Se busca que el egresado del programa de respuesta a las necesidades de la región y del país, mediante una estructura formal y particular del conocimiento que le permita desarrollar proyectos, diseñar equipos y usar su conocimiento, integrando aspectos técnicos, sociales y económicos, en concordancia con la legislación nacional y los planes de desarrollo regional, para facilitar el desarrollo de sus comunidades y aportar elementos que procuren el mejoramiento de la calidad de vida.

2.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO

El programa ha iniciado en el I semestre de 2018, con la apertura de dos cursos de aproximadamente 35 estudiantes y en el segundo semestre un segundo curso con aproximadamente 30 estudiantes. De acuerdo a los lineamientos establecidos en la Oficina de Desarrollo Académico, en la Tabla 1 se presentan los saberes propuestos para este curso.

Tabla 1. Saberes del plan de curso

Conceptuales	Procedimentales	Actitudinales
<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de la Electrónica Industrial o de Potencia Principales Interruptores Electrónicos Circuitos RL con diodos Circuitos RC con Diodos Circuitos RLC con diodos Cálculos de potencia. Cálculo de valores eficaces y medios. Potencia aparente y Factor de potencia Diodo de libre paso Circuitos recuperadores de energía Armónicos y series de Fourier Circuitos rectificadores de media onda Circuitos rectificadores de onda completa Circuitos rectificadores controlados Circuitos rectificadores trifásicos controlados 	<ul style="list-style-type: none"> Describe el comportamiento de los interruptores electrónicos. Identifica el comportamiento del diodo de potencia en diversos circuitos Usa las herramientas matemáticas para calcular los diferentes parámetros de un circuito que presente interruptores electrónicos Comprende y analiza la presencia de armónicos producidos por circuitos electrónicos de potencia Reconoce el efecto que presentan los armónicos en un sistema de potencia que incluye cargas no lineales Identifica el comportamiento de los rectificadores y su uso en sistemas electrónicos de potencia 	<ul style="list-style-type: none"> Responsabilidad y cumplimiento de tareas asignadas. Puntualidad en la entrega de proyectos. Capacidad de trabajo en equipo y en proyectos.
<ul style="list-style-type: none"> Reguladores lineales de tensión. Convertidor conmutado básico. Convertidor reductor. Convertidor elevador Convertidor elevador-reductor Convertidor Cuk Efectos no ideales en el funcionamiento de un convertidor Funcionamiento con corriente discontinua 	<ul style="list-style-type: none"> Identifica las características e importancia de los circuitos conversores DC - DC. Evalúa los esquemas básicos para implementar conversores DC-DC Establece las relaciones voltaje- corriente en un convertidor reductor 	<ul style="list-style-type: none"> Responsabilidad y cumplimiento de tareas asignadas. Puntualidad en la entrega de proyectos Capacidad de trabajo en equipo y en proyectos.

Conceptuales	Procedimentales	Actitudinales
	<ul style="list-style-type: none"> Establece las relaciones voltaje- corriente en un convertidor elevador Establece las relaciones voltaje- corriente en un convertidor reductor-elevador Establece las relaciones voltaje- corriente en un convertidor Cuk Estima los efectos no ideales en los conversores DCDC 	
<ul style="list-style-type: none"> Puente convertidor de onda completa El inversor de onda cuadrada Distorsión armónica total Análisis mediante Fourier El inversor en medio puente. Armónicos en la modulación PWM Inversores trifásicos Inversores trifásicos de seis pasos El controlador de tensión alterna monofásico Controlador monofásico con carga R. Controlador monofásico con carga RL Controladores trifásicos de tensión Carga resistiva conectada en estrella. Carga resistiva conectada en triángulo 	<ul style="list-style-type: none"> Describe las características que ofrece el convertidor DC-AC de onda completa Establece el efecto de la conversión DC-AC, en particular en lo que respecta al concepto de calidad de energía Describe las características que ofrece el convertidor DC-AC de medio puente Analiza las características que ofrece el uso del PWM, en la construcción de inversores DC-AC Establece las características de un conversor AC-AC Evalúa el comportamiento de los convertidores AC-AC ante variaciones de carga R a RL 	<ul style="list-style-type: none"> Responsabilidad y cumplimiento de tareas asignadas. Puntualidad en la entrega de proyectos Capacidad de trabajo en equipo y en proyectos.

Fuente: Autor

2.2 REJILLA DE DIAGNÓSTICO INICIAL

Teniendo en cuenta la población estudiantil que tiene la asignatura se diseñó una rejilla de diagnóstico inicial donde se consultan los presaberes de los estudiantes al iniciar el curso.

La rejilla diseñada cuenta con una serie de preguntas en una escala de Likert, la cual es una forma utilizada tradicionalmente para medir en diferentes escalas, la intensidad de una respuesta, evitando la forma dicotómica. Entre las ventajas que esta escala ofrece, se encuentra el hecho de tener una amplia posibilidad de respuestas; evita el recurso de los jueces, utilizado en otras escalas, sin que esto repercuta en la alta correlación que se mantiene con respecto a otros métodos para medir actitudes. [4] En la Tabla 2, se muestra el instrumento utilizado, y donde se plantean tres (3) criterios con los indicadores para cada uno, como se muestra a continuación:

- **Sensibilización:** En este criterio se realizan unas preguntas de entrada, con ello se busca un acercamiento a conceptos básicos de la asignatura.
- **Saberes teóricos:** Este criterio mide la capacidad teórica del estudiante referente conceptos básicos de electrónica de potencia.
- **Saberes experimentales:** Se plantean preguntas de conocimiento referentes a cada uno de los convertidores, propios de la electrónica de potencia y en particular su uso en sistemas de energía renovable.

Tabla 2. Rejilla de diagnóstico inicial

CRITERIOS	INDICADORES	ESCALA
SENSIBILIZACIÓN	Conozco los diferentes tipos de interruptores electrónicos de mayor uso	<input type="radio"/> Muy de acuerdo
		<input type="radio"/> En acuerdo
		<input type="radio"/> Indeciso
		<input type="radio"/> Muy en desacuerdo
	Identifico la diferencia entre valores eficaces y promedio	<input type="radio"/> Muy de acuerdo
		<input type="radio"/> En acuerdo
		<input type="radio"/> Indeciso
		<input type="radio"/> Muy en desacuerdo
	Reconozco el efecto en la red eléctrica la presencia de una carga lineal y el de una no lineal	<input type="radio"/> Muy de acuerdo
		<input type="radio"/> En acuerdo
		<input type="radio"/> Indeciso
		<input type="radio"/> Muy en desacuerdo
Distingo sin dificultad las magnitudes de las cuales se habla en electrónica de potencia	<input type="radio"/> Muy de acuerdo	
	<input type="radio"/> En acuerdo	
	<input type="radio"/> Indeciso	
	<input type="radio"/> Muy en desacuerdo	
SABERES TEÓRICOS	Conozco las características de	<input type="radio"/> Muy de acuerdo <input type="radio"/> En acuerdo

CRITERIOS	INDICADORES	ESCALA
SABERES EXPERIMENTALES	los convertidores AC-DC (Rectificadores)	<input type="radio"/> Indeciso
		<input type="radio"/> En desacuerdo
		<input type="radio"/> Muy en desacuerdo
	Conozco las características de los convertidores AC-AC (Rectificadores)	<input type="radio"/> Muy de acuerdo
		<input type="radio"/> En acuerdo
		<input type="radio"/> Indeciso
	Conozco las características de los convertidores DC-DC (Troceadores)	<input type="radio"/> En desacuerdo
		<input type="radio"/> Muy en desacuerdo
		<input type="radio"/> Indeciso
	Conozco las características de los convertidores DC-AC (Inversores)	<input type="radio"/> Muy de acuerdo
		<input type="radio"/> En acuerdo
		<input type="radio"/> Indeciso
SABERES EXPERIMENTALES	Utilizo la herramienta MATLAB para el desarrollo de ejercicios	<input type="radio"/> En desacuerdo
		<input type="radio"/> Muy en desacuerdo
		<input type="radio"/> Indeciso
		<input type="radio"/> Muy de acuerdo
	Identifico las características de Simulink, y sus propiedades para modelar convertidores	<input type="radio"/> En desacuerdo
		<input type="radio"/> Muy en desacuerdo
		<input type="radio"/> Indeciso
		<input type="radio"/> Muy de acuerdo
	Identifico en un sistema fotovoltaico el uso de MPPT	<input type="radio"/> En desacuerdo
		<input type="radio"/> Muy en desacuerdo
		<input type="radio"/> Indeciso
		<input type="radio"/> Muy de acuerdo
Identifico en un sistema de energía renovable el uso de inversores	<input type="radio"/> En desacuerdo	
	<input type="radio"/> Muy en desacuerdo	
	<input type="radio"/> Indeciso	
	<input type="radio"/> Muy de acuerdo	

Fuente: Autor

En la Figura 1, se presentan los resultados de la aplicación de la rejilla de entrada, en la cual se observa hay desconocimiento de la temático y son muy poco los que reconocen ciertos conceptos.

3 OBJETIVOS DEL PROCEDIMIENTO

Se pretende con este procedimiento ofrecer una innovación pedagógica que promueva una actitud, crítica, ética y creativa en los estudiantes que ingresan al programa de ingeniería Eléctrica, nivel Universitario, que conlleve a consolidar su formación y desempeño como futuro egresado.

3.1 OBJETIVO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.

Implementar un procedimiento para aplicar los conceptos de convertidores AC-DC, convertidores DC-DC, convertidores AC-AC, convertidores DC-AC, a las

energías renovables mediante el uso de herramientas de simulación, Simulink en Matlab, para mejorar el desarrollo de competencias específicas en la asignatura de Electrónica Industrial del programa de Ingeniería Eléctrica nivel universitario de las Unidades Tecnológicas de Santander.

Figura 1. Resultados del diagnóstico



Fuente: Autor

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROCEDIMIENTO

Identificar los parámetros adecuados que permitan usar los modelos disponibles en Simulink, garantizando su convergencia y posterior análisis de los diferentes tipos de convertidores propios de Electrónica de potencia.

Establecer las principales aplicaciones relacionadas con las energías renovables, que puedan ser simuladas en Matlab, para comprender de forma teórica y práctica su funcionamiento.

Diseñar guías básicas que promuevan el uso de las herramientas disponibles en Simulink, para simular convertidores AC-DC, convertidores DC-DC, convertidores AC-AC y convertidores DC-AC

4 CONFIGURACIÓN DE SIMULINK

MATLAB es un intérprete de comandos en lenguaje de alto nivel (lenguajes de script, hoy llamados lenguajes dinámicos) que dispone de un entorno interactivo que le permite al estudiante enfocarse en lo específico de lo que se quiere abordar, en lugar de generar un desgaste de tiempo en tareas administrativas de bajo nivel tales como como la declaración de variables, el tipo de datos y la asignación de memoria. Facilita la solución de problemas en breves intervalos de tiempo, que, si tendría que emplear si se utilizase otra plataforma, tal vez como Java, C, C++ o Fortran. Otra característica de gran relevancia es el análisis y visualización de datos, mediante una poderosa interfaz gráfica, que faculta al usuario a comprender de mejor forma los aspectos que aborda en su solución y análisis.[5]

Simulink® es un entorno de programación gráfica, que funciona en el entorno de Matlab, haciendo uso de todas sus potencialidades; permite construir y simular modelos de sistemas físicos mediante diagramas de bloques. El entorno académico y científico utilizan Simulink® para realizar modelos y sus respectivas simulaciones en dominios múltiples. Sirve para proyectar modelos a gran escala mediante la creación de componentes con bibliotecas y componentes del sistema reutilizables.[6]

Para activar el entorno de desarrollo Simulink se escribe en la ventana de comandos la palabra Simulink o se pulsa sobre el icono, que se muestra en la Figura 2. Allí aparecerá la librería de bloques, la cual está compuesta por un conjunto bastante nutrido de diagramas de bloques para describir sistemas continuos, discretos e híbridos. Cada bloque dispone de un conjunto de relaciones que puede representar un conjunto de ecuaciones simultáneas del tipo ecuaciones diferenciales. En general un modelo Simulink se compone de tres elementos básicos:

- Entradas, “sources” o “inputs”, que pueden ser constantes, generadores de funciones de cualquier naturaleza y hasta funciones creadas desde el entorno Matlab.
- Sistema modelado, representado por el diagrama de bloques
- Salidas, “sinks” u “outputs”, que comúnmente son ventanas que contienen diversos gráficos del tipo de osciloscopios y hasta arreglos en forma de archivos.

En la Figura 3, se muestra la estructura general, de un modelo en Simulink. Una vez se lanza este aplicativo

la interface es la que se muestra en la Figura 4. Desde allí el usuario puede arrancar un nuevo modelo, o cargar un modelo ya existente. El estudiante, debe recurrir a la guía que se le entrega en formato electrónico, para identificar los elementos que se requieren y en dónde se encuentra la mayoría de ellos.

Figura 2. Interface inicial de Matlab para lanzar Simulink



Fuente Autor

Figura 3. Esquema general en Simulink



Fuente Autor

Figura 4. Interface inicial al lanzar Simulink

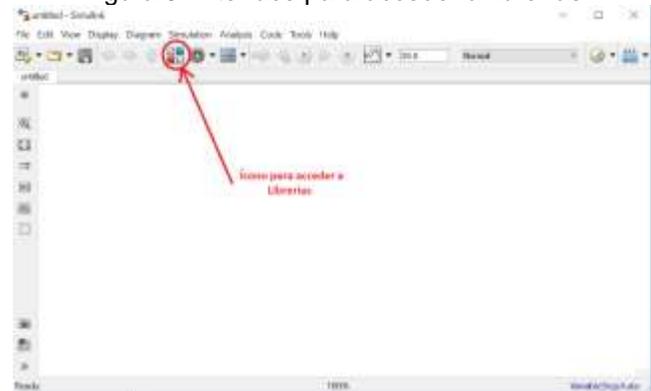


Fuente Autor

Para insertar bloques, se debe acceder a las librerías, en el ícono que se muestra en la Figura 5. Al desplegarse este menú se pueden observar las diferentes librerías en las cuales la de mayor interés es la que lleva por nombre simscape, de donde se puede disponer de diversos elementos para modelar y simular

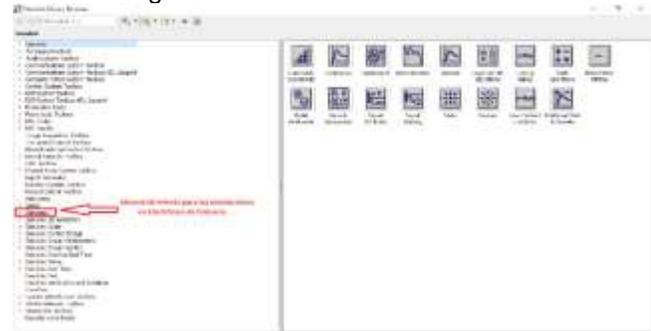
sistemas electrónicos, mecatrónicos y eléctricos. Incorpora modelos de semiconductores y motores, así como componentes para aplicaciones tales como accionamiento electromecánico, Smart grids y otro de los sistemas que tienen interés en el presente como son los relacionados con energía renovable, particularmente sistemas fotovoltaicos y eólicos. Estos componentes se pueden emplear para evaluar circuitos analógicos, desarrollar sistemas mecatrónicos con impulsores eléctricos y analizar la generación, conversión, transmisión y consumo de energía eléctrica en el nivel de la red.[6]

Figura 5. Interface para acceder a librerías



Fuente Autor

Figura 6. Contenido de las librerías

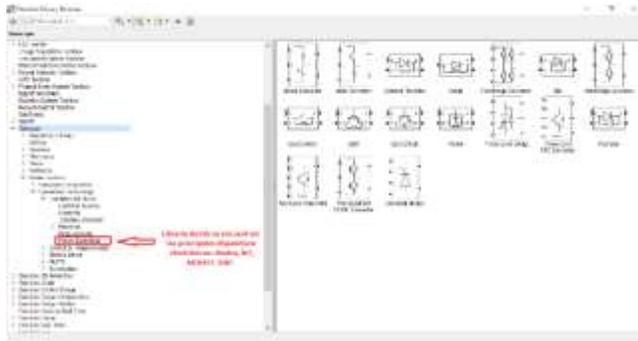


Fuente Autor

Para ilustrar otros aspectos, se presenta un ejemplo con el modelo de un rectificador trifásico, con carga RL, donde se incorporan una buena cantidad de bloques, que comúnmente se usan, en la mayoría de circuitos a estudiar. La Figura 8, presenta los elementos para simular un convertidor AC-DC, desde las fuentes, los sumideros y cada uno de los tiristores, del tipo SCR que se utilizan; el ángulo allí propuesto corresponde a 37° . Es importante aclarar que no basta con dibujar el modelo y guardarlo, sino que es necesario, configurar

el método con el cual se pretende resolver, pues no todos convergen, en parte porque corresponden a elementos no lineales.

Figura 7. Librería SIMSCAPE, y la sublibrería POWER ELECTRONICS



Varios métodos de solución están disponibles para someterse a simulación y obviamente utilizan diferentes técnicas para resolver el sistema dependiendo que los problemas sean “duros” o “no duros”. Entre ellos cuatro se consideran buenos para problemas no duros (ODE45, ODE23, ODE113, ODE23t). El resto son adecuados para resolver problemas duros (ODE15, ODE23s, ODE23tb) [7] Por lo anterior, y en el caso de la mayoría de simulaciones en Electrónica de Potencia, se puede escoger el ODE23tb por presentarse allí problemas de naturaleza dura, teniendo presente que es recomendable seleccionar en la Powergui, que se utilicen interruptores ideales, además de considerar al menos 5 periodos de la señal de voltaje, tal que si es 60 HZ, se tomen 1/12S, como tiempo total de simulación. La Figura 9, muestra el lugar donde se pueden establecer los parámetros del modelo a simular; la Figura 10, presenta los diferentes tipos de métodos disponibles.

5 PROCEDIMIENTOS PROPUESTOS PARA SIMULACIÓN

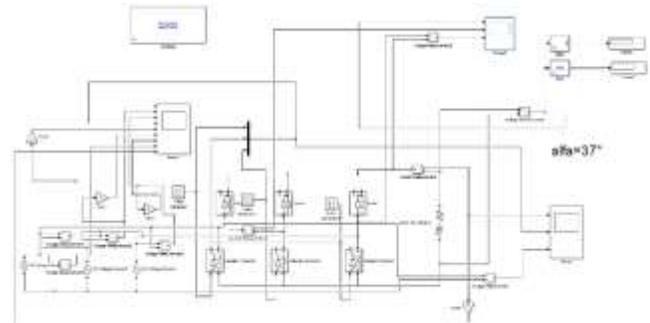
De acuerdo al modelo pedagógico de la institución, y en particular al capítulo de evaluación, se consideran tres cortes, en los cuales se evalúa el desempeño del estudiante, en virtud del plan de curso propuesto, por lo que se diseñaron tres prácticas, que pueden ser consideradas como parte del trabajo independiente del estudiante.

5.1 PRÁCTICA 1

A continuación, se presenta la estructura de la primera práctica, que tendrá como objetivo central los

convertidores AC- DC(rectificadores)

Figura 8. Rectificador trifásico controlado con carga RL



Fuente: Autor

Figura 9. Ubicación de menú para configuración de parámetros

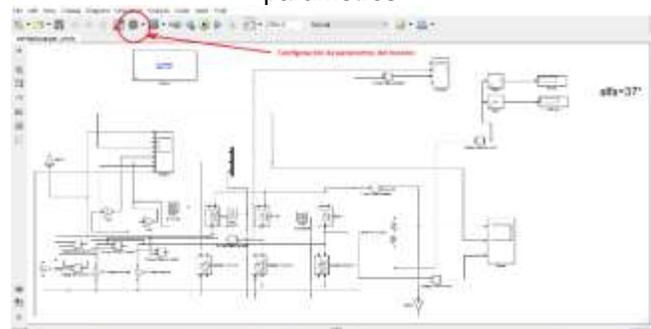
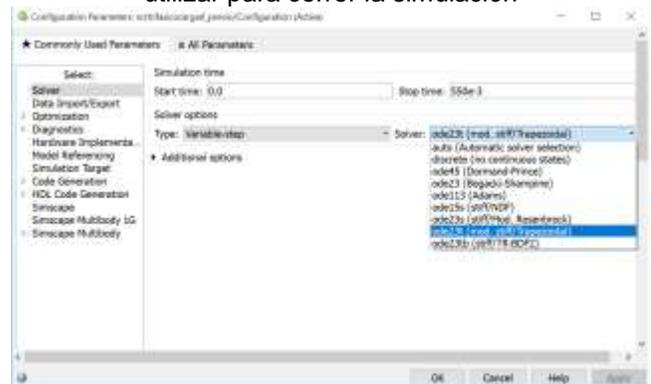


Figura 10. Parámetros relacionados al método a utilizar para correr la simulación



OBJETIVOS.

- Familiarizarse con la herramienta Simulink, presente en el software Matlab, para ser usada como referente y soporte para la comprensión de los circuitos analizados en el curso de Electrónica

Industrial.

- Simular los convertidores AC DC no controlados en media onda y onda completa con los diferentes tipos de carga, mediante el simulink.

MATERIALES Y EQUIPO

- PC
- Matlab
- Simulink

PROCEDIMIENTO

Utilizando la herramienta Simulink y configurando las diversas opciones dibuje los respectivos modelos usando la librería de Simscape y en particular la de Power Systems:

- Rectificador media onda con carga RL
- Rectificador media onda con carga RLC
- Rectificador Media onda con carga relacionada a un motor DC (R, L, fuente DC)
- Rectificador media onda con carga RL con diodo de libre paso (freewheeling)
- Rectificador media onda con carga R y un condensador en paralelo
- Rectificador onda completa de cuatro diodos con carga RL
- Rectificador onda completa de cuatro diodos con carga relacionada a un motor DC (R, L, fuente DC)
- Rectificador onda completa de cuatro diodos con carga R y un condensador en paralelo
- Simúlelos colocando valores relacionados con la realidad o en su defecto relacionándolos a los ejercicios propuestos en clase.
- Obtenga al menos dos variables de voltaje y corriente que ud considere relevantes

INFORME.

- Consigne en un documento de un procesador de texto, cada uno de los circuitos mencionados en el procedimiento.
- Añada una imagen del modelo construido y de las variables” medidas”
- Agregue un párrafo de análisis a cada circuito y el resultado obtenido
- Escriba todas las conclusiones y observaciones que considere pertinentes.
- Agregue una portada y guarde el archivo generado en PDF, para ser enviado al docente.
- Adjunte los archivos generados en simulink.

5.2PRÁCTICA 2

Se presenta la estructura de la segunda práctica, que tendrá como objetivo central una parte complementaria de los conversores AC - DC(rectificadores) y de los conversores AC-AC.

OBJETIVOS.

- Simular los convertidores AC- DC controlados en media onda y onda completa monofásicos y trifásicos con los diferentes tipos de carga, mediante simulink.
- Simular los convertidores AC-AC monofásicos y trifásicos con los diferentes tipos de carga, mediante simulink.

MATERIALES Y EQUIPO

- PC
- Matlab
- Simulink

PROCEDIMIENTO

Utilizando la herramienta simulink y configurando las diversas opciones dibuje los respectivos modelos usando la librería de simscape y en particular la de Power Systems:

- Rectificador media onda monofásico controlado con carga R, RL, RL (predominantemente inductivo) y RLE (E es una fuente DC). Al menos dos valores de ángulo de disparo.
- Rectificador onda completa monofásico controlado con carga R, RL, RL (predominantemente inductivo) y RLE (E es una fuente DC). Al menos dos valores de ángulo de disparo
- Rectificador onda completa trifásico no controlado con carga R, RL, RL (predominantemente inductivo) y RLE (E es una fuente DC)
- Rectificador onda completa trifásico controlado con carga R, RL, RL (predominantemente inductivo) y RLE (E es una fuente DC). Al menos dos valores de ángulo de disparo.
- Dibuje los modelos de convertidores AC AC, monofásicos con cargas RL y R; simúlelos colocando valores que ud considere.
- Dibuje los modelos de convertidores AC AC, trifásicos con cargas RL y R en Δ y Y; simúlelos colocando valores que ud considere.
- Simúlelos colocando valores relacionados con la realidad o en su defecto relacionándolos a los ejercicios propuestos en clase.
- Obtenga al menos dos variables de voltaje y corriente que ud considere relevantes

INFORME.

- Consigne en un documento de un procesador de texto, cada uno de los circuitos mencionados en el procedimiento.
- Añada una imagen del modelo construido y de las variables” medidas”
- Agregue un párrafo de análisis a cada circuito y el resultado obtenido
- Escriba todas las conclusiones y

observaciones que considere pertinentes.

- Agregue una portada y guarde el archivo generado en PDF
- Adjunte los archivos generados en simulink.

5.3 PRÁCTICA 3

Se presenta la estructura de la tercera práctica, que tendrá como objetivo central los convertidores DC-AC (inversores) y de los convertidores DC-DC (choppers).

OBJETIVOS.

- Simular los convertidores DC DC reductores, elevadores, reductores-elevadores y Cuk mediante el simulink, observando aspectos relevantes relacionados al ciclo útil, corriente discontinua y efectos no ideales.
- Simular los convertidores AC DC monofásicos y trifásicos, mediante el simulink, para determinar su comportamiento, en especial el referente a los armónicos.

MATERIALES Y EQUIPO

- PC
- Matlab
- Simulink

PROCEDIMIENTO

Utilizando la herramienta simulink y configurando las diversas opciones dibuje los respectivos modelos usando la librería de Simscape y en particular la de Power Systems:

- Convertidores DC-DC reductor con carga R. Al menos dos valores de ciclo útil.
- Convertidores DC-DC elevador con carga R. Al menos dos valores de ciclo útil.
- Convertidores DC-DC elevador-reductor con carga R. Al menos dos valores de ciclo útil.
- Convertidores DC-DC Cuk con carga R. Al menos dos valores de ciclo útil.
- Convertidores DC-AC, tipo puente monofásico con carga RL
- Convertidores DC-AC, tipo puente trifásico con carga RL
- Simúlelos colocando valores relacionados con la realidad. Tomen como referencia los propuestos en los ejercicios del libro guía
- Obtenga al menos dos variables de voltaje y corriente que ud considere relevantes
- Ubique un esquema para implementar un inversor unipolar SPWM. Dibuje el modelo y analice los resultados.
- Consulte el modelo de un convertidor single-ended primary-inductor converter (SEPIC) y simúlelo.

INFORME.

- Consigne en un documento de un procesador de texto, cada uno de los circuitos mencionados en el procedimiento.
- Añada una imagen del modelo construido y de las variables "medidas"
- Agregue un párrafo de análisis a cada circuito y el resultado obtenido
- Escriba todas las conclusiones y observaciones que considere pertinentes.
- Agregue una portada y guarde el archivo generado en PDF
- Adjunte los archivos generados en simulink.

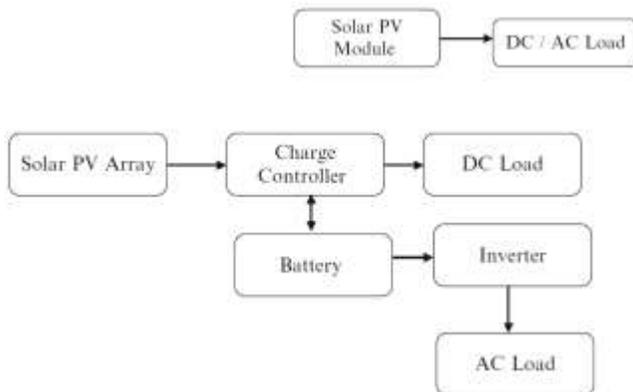
6 ENFOQUE A SISTEMAS CON ENERGÍA RENOVABLES

Con el fin de fortalecer la impronta del aspecto práctico que se esboza en el proyecto educativo de la institución, se proponen desde el segundo corte incorporar el estudio de modelos que incluyan conceptos de energías renovables, y en particular de la energía solar fotovoltaica y eólica, las cuales son las que mayor auge han tomado en esta época. Para diversos autores, se espera que la energía solar juega un papel muy importante hacia el futuro, particularmente en los países en desarrollo, sin dejar de ser una posibilidad en los países desarrollados. En los últimos años, la energía eólica ha mostrado un interesante crecimiento, y su desarrollo se ve fortalecido por las preocupaciones de los responsables de las políticas nacionales sobre el cambio climático, la diversidad energética y la seguridad del suministro. [8]. En la Figura 11, se presenta un diagrama de bloques de lo que consiste un sistema fotovoltaico, el cual se puede construir mediante muchos modelos, considerando diversos aspectos; este esquema se muestra en Figura 12 el cual se construyó con Simulink y contempla entre otros elementos los siguientes: un arreglo fotovoltaico que plantea un máximo de 100 kW a 1000 W/m² de irradiación solar, un convertidor Boost DC-DC, un VSC trifásico de 3 niveles, un transformador de acople trifásico de 100 kVA 260 V / 25 kV y la red de suministro eléctrico.

Para el sistema eólico, se presenta en la Figura 13, un diagrama a bloques de todos los elementos que se considera en una estructura de esta naturaleza, incluyendo todos los elementos de electrónica de potencia. Retomando un modelo ya construido en Simulink, como el que se muestra en la Figura 14 y donde se destacan elementos como un generador síncrono conectado a un rectificador de diodos, un

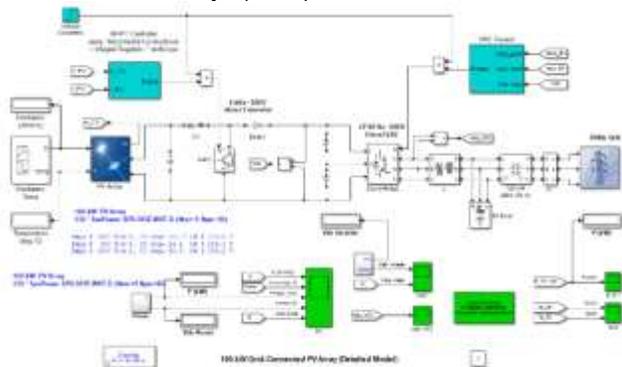
convertidor DC-DC CON técnicas PWM basado en IGBT y un convertidor DC-AC PWM también usando IGBT. La tecnología tipo 4 permite extraer la máxima energía del viento para bajas velocidades del viento al optimizar la velocidad de la turbina, al tiempo que minimiza los esfuerzos mecánicos en la turbina durante ráfagas de viento.

Figura 11. Esquema general de un sistema fotovoltaico



Fuente:[8]

Figura 12. Modelo de un arreglo de 100 kW conectado a una red de 25 kV a través de un convertidor DC-DC elevador y un Convertidor de una fuente de voltaje (VSC) trifásico de tres niveles.



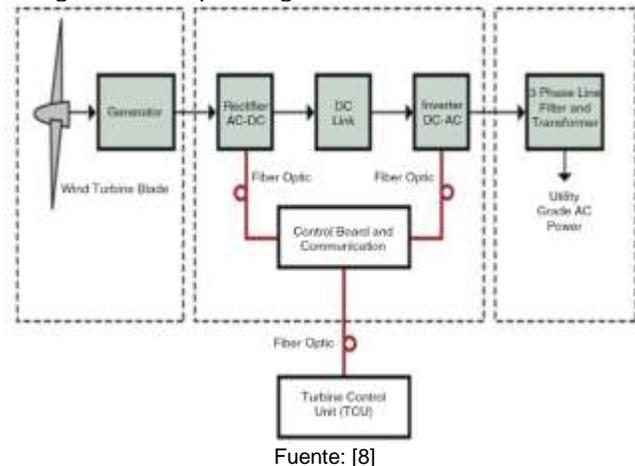
Fuente: [9]

7 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Una vez finalizado cada semestre se aplicó, aunque a una población menor, el instrumento inicial, para determinar la conducta de salida y así validar la eficiencia del procedimiento. La Figura 15, muestra los resultados, donde hay un cambio sustancial, en el

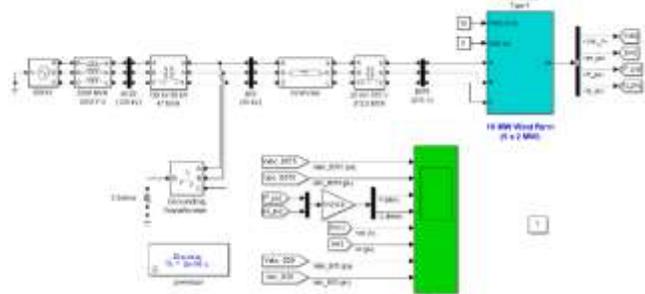
hecho que existe una fuerte tendencia al estado “Muy de acuerdo”, lo que fortalece el hecho de haber cumplido lo propuesto.

Figura 13. Esquema general de un sistema eólico



Fuente: [8]

Figura 14. Parque eólico de 10 MW utilizando un modelo detallado de un aerogenerador Tipo 4



Fuente:[10]

Los estudiantes adquirieron conocimientos teóricos, experimentales y actitudinales que redundan en el ser, en el saber y en el saber hacer de un profesional, en concordancia con lo propuesto en el Proyecto Educativo Institucional y del programa, y en el cual se dicta que El ingeniero electricista de las Unidades Tecnológicas de Santander, deber ser un profesional que desarrolla competencias para enfrentar y resolver problemas de su entorno relacionados con la generación, transmisión, distribución, control, comercialización y mantenimiento de la infraestructura de energía eléctrica de manera activa en el diseño, planeación, producción, administración, ingeniería de detalle, mantenimiento, montaje, control y protección de sistemas, comercialización y mercadeo de servicios.

Figura 15. Resultados de aplicación del instrumento al finalizar el curso de Electrónica Industrial



Fuente: Autor

8 REFERENCIAS

- [1] M. E. Álvarez and R. M. García, "Simulación de los Procesos de Producción en los Ingenios Azucareros," Universidad Técnica del Norte, 2011.
- [2] G. Urrea Quiroga, J. Andrea Niño Navia, J. Iván García Sepúlveda, J. Pablo Alvarado Perilla, G. Alberto Barragán de los Ríos, and O. Hazbón Álvarez, "Del aula a la realidad. La importancia de los laboratorios en la formación del ingeniero. Caso de estudio: ingeniería aeronáutica-universidad pontificia bolivariana," 2013.
- [3] J. L. Llatas Altamirano, "Programa Educativo para el Aprendizaje Autónomo basado en Estrategias Didácticas fundamentadas en el uso de las Tecnologías y Comunicación. La Investigación formativa de los estudiantes del primer ciclo de la USAT," Universidad de Málaga, 2014.
- [4] B. E. Ospina Rave, J. de J. Sandoval, C. A. Aristizábal Botero, and M. C. Ramírez Gómez, "La escala de Likert en la valoración de los conocimientos y las actitudes de los profesionales de enfermería en el cuidado de la salud. Antioquia, 2003," *Investig. y Educ. en Enfermería*, vol. 23, no. 1, pp. 14–29, 2005.
- [5] L. R. Ojeda, "MATLAB. Programación." Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, p. 218, 2014.
- [6] MathWorks, "Simulink - Simulación y diseño basado en modelos - MATLAB & Simulink," 2018. [Online]. Available: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UG71UhwPEUUJ:https://es.mathworks.com/products/simulink.html+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&gl=co>. [Accessed: 27-Nov-2018].
- [7] H. A. Sher, *Simulation of power Electronics Circuits using Smulink*. 2013.
- [8] S. Sumathi, L. Ashok Kumar, and P. Surekha, *Solar PV and Wind Energy Conversion Systems: An Introduction to Theory, Modeling with MATLAB/SIMULINK, and the Role of Soft Computing Techniques*. 2015.
- [9] P. Giroux, G. Sybille, C. Osorio, and S. Chandrachood, "Detailed Model of a 100-kW Grid-Connected PV Array," *Mathworks*, 2018. [Online]. Available: <https://la.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/detailed-model-of-a-100-kw-grid-connected-pv-array.html>. [Accessed: 29-Nov-2018].
- [10] R. Gagnon and J. Brochu, "Wind Farm - Synchronous Generator and Full Scale Converter," *Mathworks*, 2018. [Online]. Available: <https://la.mathworks.com/help/physmod/sps/examples/wind-farm-synchronous-generator-and-full-scale-converter-type-4-detailed-model.html>. [Accessed: 29-Nov-2018].