

Diseño de Objetos de Aprendizaje para el Uso de PyPSA como Herramienta Software en el
Análisis de Sistemas de Potencia

Christian Duván Lizcano Argüello, Jorge Luis Patiño Gualdrón

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Electricista

Director

Iván David Serna Suárez

Doctor en Ingeniería

Codirector

Juan Manuel Rey López

Doctor en Ingeniería Electrónica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Ingeniería Eléctrica

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Con todo mi corazón, a mi abuela Matilde, a quien debo todo lo que soy y seré en la vida. Y a la señora Carmen Lilia Sierra, por su constante apoyo y ser un ejemplo de perseverancia y constancia.

Christian Duván Lizcano Arguello

Dedico este trabajo de grado a mi familia, por su amor incondicional y constante apoyo a lo largo de mi educación. A mis amigos, por su comprensión y aliento en los momentos más desafiantes. A mis docentes de universidad, cuya guía y sabiduría fueron fundamentales en la realización de este trabajo. A todos aquellos que creyeron en mí y me inspiraron a alcanzar mis metas académicas.

Jorge Luis Patiño Gualdrón

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mis padres, quienes han sido mi fuente inagotable de apoyo, motivación y esfuerzo a lo largo de cada etapa de este trayecto académico. Su invaluable orientación y sabios consejos han sido fundamentales en la toma de decisiones que, en ocasiones, no eran evidentes ni claras. Agradezco profundamente por compartir su invaluable experiencia conmigo y por su inquebrantable deseo de siempre buscar lo mejor para mí.

También expreso mi gratitud a la Universidad Industrial de Santander y a su distinguido cuerpo docente, destacando en especial a nuestros directores de proyecto, Iván Serna y Juan Manuel Rey. Su generosa contribución al compartir su vasto conocimiento con nosotros ha sido fundamental para nuestra formación como futuros profesionales en el campo de la ingeniería.

Y a mi compañero, Jorge Luis Patiño, cuya colaboración ha sido invaluable a lo largo de toda esta travesía académica. Desde el inicio de nuestra carrera, hemos trabajado codo a codo, y me siento afortunado de contar con su constante apoyo y amistad. Su dedicación y trabajo conjunto han enriquecido significativamente esta experiencia educativa. Este logro también es suyo.

Christian Duván Lizcano Argüello

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa a la realización de esta tesis. Sus apoyos y contribuciones han sido fundamentales para llegar a este punto, y estoy sinceramente agradecido por su generosidad y apoyo.

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres, Jorge Patiño, María Gualdrón por su amor incondicional, constante apoyo y sacrificios que han hecho posible mi educación. Su aliento y comprensión han sido mi fuente de fortaleza a lo largo de este viaje académico.

A mi hermana Aura María, gracias por ser mi compañera incondicional, brindándome aliento y perspectivas valiosas. Tu apoyo ha sido inestimable y ha hecho que este viaje sea más significativo.

A mis amigos cercanos Danilo, Christian, Angie, quienes han estado a mi lado en los buenos y malos momentos. Gracias por ser mi red de apoyo, por comprender las ausencias y por celebrar cada logro conmigo.

También quiero expresar mi gratitud a mis mentores, Iván Serna, Juan Rey, cuya orientación experta y paciencia han sido esenciales en la realización de esta investigación. Sus conocimientos y dirección han sido inspiradores y formativos.

A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a este proyecto, ya sea con valiosas conversaciones, recursos o ánimos, les estoy agradecido. Este logro no habría sido posible sin su ayuda.

Finalmente, dedico este logro a todos aquellos que creyeron en mí cuando dudé de mis propias capacidades. Sus palabras de aliento y confianza han sido un motor constante para superar los desafíos.

Gracias a cada persona que ha formado parte de este viaje. Este logro no solo es mío, sino también de todos ustedes.

Jorge Luis Patiño Gualdrón

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	13
1.1. Objetivo General	13
1.2. Objetivos Específicos	13
2. Estándares para el diseño de los objetos de aprendizaje	14
3. Metodología para el diseño de los objetos de aprendizaje	16
3.1. Revisión bibliográfica	16
3.2. Selección de entorno de trabajo	17
3.3. Herramientas usadas en el desarrollo de los objetos de aprendizaje	17
4. Diseño de los objetos de aprendizaje	20
4.1. Alcance	20
4.2. Presentación	21
4.2.1. Inicio	22
4.2.2. Equipo	22
4.2.3. Herramientas	22
4.2.4. Modelos PyPSA	23
4.2.5. Recursos	23
4.3. Unidad 1: Componentes y modelado de un sistema de potencia básico	23
4.3.1. Instalación y descripción de componentes	23
4.3.2. Sistema de potencia sencillo	24

4.3.3.	Actividades	25
4.4.	Unidad 2. Transformadores	26
4.4.1.	Transformador y sus actividades evaluativas	27
4.4.2.	Transformador tridevanado y sus actividades evaluativas.....	27
4.5.	Unidad 3. Recopilación de lo aprendido.....	27
4.5.1.	Sistema de potencia compuesto	27
4.5.2.	Actividades	28
4.6.	Opiniones	30
5.	Evaluación de la herramienta de aprendizaje.....	31
5.1.	Resultados de la evaluación por parte de los estudiantes	32
6.	Conclusiones.....	38
	Referencias.....	40
	Apéndices.....	41

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Esquema del modelo ADDIE.</i>	14
Figura 2 <i>Visualización de la ventana presentación.</i>	21
Figura 3 <i>Pestañas referentes a la Unidad 1.</i>	24
Figura 4 <i>Ejercicio Interactivo de la Unidad 1.</i>	25
Figura 5 <i>Ventana referente a la unidad 2 con sus pestañas asociadas.</i>	26
Figura 6 <i>Vista general de la unidad 3.</i>	28
Figura 7 <i>Ejercicio interactivo unidad 3.</i>	29
Figura 8 <i>Vista de la ventana Opiniones.</i>	30
Figura 9 <i>Opinión general del curso.</i>	33
Figura 10 <i>Opinión respecto a las explicaciones en los objetos de aprendizaje.</i>	33
Figura 11 <i>Opinión referente a las imágenes y gráficos.</i>	34
Figura 12 <i>Opinión respecto al concepto de PyPSA.</i>	34
Figura 13 <i>Opinión sobre la estructura del curso en la plataforma Moodle.</i>	35
Figura 14 <i>Opinión respecto a los ejercicios y actividades.</i>	35
Figura 15 <i>Posibilidad de recomendar la herramienta PyPSA.</i>	36
Figura 16 <i>Entregas primera tarea vs ultima tarea.</i>	36
Figura 17 <i>Sugerencias de mejora de la herramienta.</i>	37
Figura 18 <i>Temas complementarios sugeridos.</i>	38

Glosario

Objeto de aprendizaje: recurso educativo digital diseñado y estructurado para que facilite la adquisición de conocimientos, habilidades o competencias.

PyPSA: por sus iniciales en inglés “Python for Power System Analysis”, diseñada en la Universidad Técnica de Berlín por el Departamento de Transformación Digital en Sistemas Energéticos, es una biblioteca compuesta por un conjunto de herramientas que permiten el estudio y análisis de sistemas de energía a través de entorno de código abierto en Python.

Python: lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y de propósito general. Caracterizado por su sintaxis clara y legible, es ampliamente utilizado en desarrollo de software, ciencia de datos, inteligencia artificial y diversas aplicaciones.

Sistema de potencia: conjunto interconectado de componentes eléctricos que trabajan de manera coordinada para generar, transmitir y distribuir energía eléctrica de manera eficiente y confiable.

Resumen

Título: Diseño de Objetos de Aprendizaje para el Uso de PyPSA como Herramienta Software en el Análisis de Sistemas de Potencia*

Autor: Christian Duván Lizcano Argüello y Jorge Luis Patiño**

Palabras Clave: Sistema de potencia, código abierto, componentes eléctricos, PyPSA, recurso educativo.

Descripción: Hoy en día existe una gran variedad de alternativas tecnológicas a través de las cuales es posible analizar la operación y funcionamiento de los sistemas de potencia. Sin embargo, muchas de estas no son de libre acceso por su licenciamiento o por su alto costo. Con base en esto, se propone el uso de PyPSA para el análisis y estudio de sistemas de potencia mediante la implementación de software libre, práctico y fácil de usar asociado a un entorno ampliamente conocido como es Python.

PyPSA, por sus iniciales en inglés “Python for Power System Analysis”, es una herramienta de última generación con la capacidad de modelar sistemas de energía, que ha permitido incluso modelar por completo el sistema energético europeo de redes de alta tensión iguales o superiores a 230 kV (Technical University of Berlin, 2018). A pesar de las potencialidades de esta herramienta, aún no es lo suficientemente conocida por lo que es escaso el material de apoyo para aprender a utilizarla, requiriendo una inversión considerable de tiempo y esfuerzo. Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo pretende desarrollar una serie de objetos de aprendizaje, que facilitarán el proceso de enseñanza de PyPSA a los estudiantes de la E3T, con el fin de aprovechar sus características para el análisis de sistemas de potencia.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Ingeniería Eléctrica. Director: Iván David Serna Suarez. Doctor en Ingeniería. Codirector: Juan Manuel Rey López. Doctor en Ingeniería Electrónica.

Abstract

Title: Design of Learning Objects for the Use of PyPSA as a Software Tool in the Analysis of Power Systems*

Author(s): Christian Duvan Lizcano Argüello & Jorge Luis Patiño**

Key Words: power system, open source, electrical components, PyPSA, educational resource.

Description: Nowadays, there is a great variety of technological alternatives through which it is possible to analyze the operation and functioning of power systems. However, many of these are not freely available due to their licensing or their high cost. Based on this, the use of PyPSA is proposed for the analysis and study of power systems by implementing free, practical and easy-to-use software associated with a widely known environment such as Python.

PyPSA, which means "Python for Power System Analysis", is a state-of-the-art tool with the ability to model power systems, which has even been used to model the European power system of high voltage equal or higher than 230 kV (Technical University of Berlin, 2018). Despite the potential of this tool, it is still not sufficiently known so there is scarce support material to learn how to use it, requiring a considerable investment of time and effort. Taking into account the above, this work aims to develop a series of learning objects, which will facilitate the teaching process of PyPSA to students of the E3T, in order to take advantage of its features for the analysis of power systems.

* Degree Work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Electrical, Electronics and Telecommunications Engineering. Electrical Engineering. Director: Ivan David Serna Suarez. PhD in Engineering. Co-director: Juan Manuel Rey Lopez. PhD in Electronic Engineering.

Introducción

En la actualidad, existen diversas alternativas para analizar el funcionamiento de sistemas de potencia. Sin embargo, muchas de estas opciones pueden ser de difícil acceso debido a sus costos de licenciamiento. En el caso de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y en telecomunicaciones (E3T) de la Universidad Industrial de Santander, algunos estudiantes enfrentan limitaciones económicas que dificultan la adquisición de licencias para estos programas especializados. Por ende, surge la necesidad de introducir una herramienta de libre acceso y fácil manejo que permita a los estudiantes modelar sistemas de potencia.

Con base en esto, se propone el uso de PYPSA, una herramienta de código abierto y fácil uso que responde a la necesidad de acceso asequible para los estudiantes. PYPSA es una potente herramienta desarrollada en Python por el equipo de investigación en sistemas de energía eléctrica del Instituto de Tecnología de la Energía de la Universidad Técnica de Múnich (TUM), Alemania. Su origen se da en el año 2011 y sus continuas actualizaciones demuestran la robustez y evolución constante de este software (Technical University of Berlin, 2018). Ha sido implementada como entorno base para distintas publicaciones relacionadas al modelado de fuentes de generación de energía, así como proyectos de investigación. Además, en combinación con otras bibliotecas de Python se han desarrollado interfaces de optimización (Hofmann, 2021), por lo cual el conocerla y aplicarla representa una competencia de gran valor para el curriculum vitae de cualquier profesional.

A pesar de ser una herramienta valiosa, PYPSA es relativamente nueva y poco conocida, lo que presenta un desafío para quienes desean utilizarla, pues existe escaso material de aprendizaje disponible. Para abordar este problema, este trabajo de grado se propone crear objetos de

aprendizaje que guiarán a los estudiantes de la E3T en la comprensión y aplicación de PYPSA para el análisis de sistemas de potencia.

El desarrollo de estos objetos de aprendizaje tiene como objetivo proporcionar información detallada sobre la finalidad y las características clave de PYPSA, facilitando así la comprensión y utilización efectiva de esta herramienta. Además, se abordará la falta de información disponible mediante una descripción detallada de sus funciones principales, mejorando así las competencias de los estudiantes y brindándoles una ventaja adicional en el mercado laboral.

1. Objetivos

Para llevar a cabo cualquier proyecto es esencial definir la forma de alcanzar el resultado, así como las expectativas asociadas al mismo. Por ende, se establecen los siguientes objetivos para este trabajo.

1.1. Objetivo General

Diseñar un objeto de aprendizaje para la formación en el análisis de sistemas de potencia mediante la herramienta PyPSA.

1.2. Objetivos Específicos

Caracterizar y describir las funciones de la herramienta PyPSA y sus complementos a partir del estudio de los proyectos disponibles en su página web y/o en repositorios en línea.

Describir los contenidos, alcances y competencias de los objetos de aprendizaje a desarrollar.

Desarrollar los objetos de aprendizaje que permitan orientar de forma pedagógica y didáctica el desarrollo de aptitudes para el análisis de sistemas de potencia mediante la herramienta PyPSA.

Evaluar los objetos de aprendizaje desarrollados mediante la realimentación de la experiencia de algunos usuarios seleccionados.

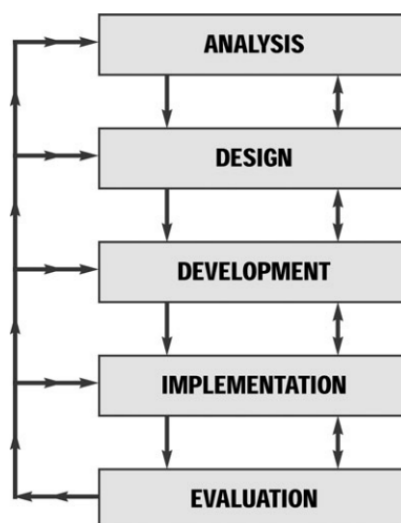
2. Estándares para el diseño de los objetos de aprendizaje

En el ámbito colombiano e internacional, no existen códigos o normativas que establezcan condiciones específicas para el diseño de objetos de aprendizaje. Sin embargo, existen modelos que sugieren metodologías para su construcción. En el desarrollo de este proyecto, el modelo ADDIE se adaptó mejor a las expectativas del curso.

El estándar ADDIE, acrónimo de Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación; es un modelo pedagógico ampliamente utilizado en el diseño instruccional y desarrollo de objetos de aprendizaje. Proporciona un enfoque sistemático y estructurado para guiar a los diseñadores instruccionales y educadores a lo largo del proceso de creación de materiales educativos efectivos (Molenda, 2015). La figura 1 es un esquema de las fases del estándar.

Figura 1

Esquema del modelo ADDIE.



Nota: Vista esquemática de las fases que componen el modelo ADDIE. Tomado de: *In search of the elusive ADDIE model* (p. 2) por Molenda, M, 2015, Wiley Online Library.

El nombre ADDIE también hace referencia a las cinco fases a seguir en el diseño de objetos de aprendizaje:

- a. **Análisis:** constituye el punto de partida del modelo ADDIE. Durante esta etapa, los diseñadores identifican las necesidades específicas de los estudiantes y establecen objetivos claros para el material educativo. Se lleva a cabo una evaluación de los conocimientos previos necesarios y se define el contexto educativo para adaptar el contenido de manera efectiva (Molenda, 2015).
- b. **Diseño:** se planifica la estructura y organización del objeto de aprendizaje. Los diseñadores determinan cómo se presentará la información, organizan las unidades o módulos de manera lógica y definen estrategias pedagógicas que faciliten el aprendizaje. Además, se establece la metodología de evaluación y medición del progreso del estudiante (Molenda, 2015).
- c. **Desarrollo:** los diseñadores crean los materiales educativos de acuerdo con el plan establecido en la fase de diseño. Esto implica la elaboración de contenido, la creación de actividades interactivas, y la generación de recursos multimedia. El objetivo es materializar la visión pedagógica en recursos tangibles y accesibles (Molenda, 2015).
- d. **Implementación:** conlleva el lanzamiento del objeto de aprendizaje en el entorno educativo. Los materiales se integran en la plataforma de aprendizaje, garantizando que estén disponibles y accesibles para los estudiantes. Se supervisa el proceso para asegurar que la implementación se alinee con los objetivos previamente establecidos (Molenda, 2015).
- e. **Evaluación:** implica la revisión y análisis del rendimiento del objeto de aprendizaje. Se recopilan datos sobre la participación de los estudiantes, la comprensión del contenido

y la eficacia de las estrategias pedagógicas. Los resultados se utilizan para realizar mejoras continuas, cerrando el ciclo del modelo ADDIE y preparando el terreno para futuras iteraciones y desarrollos (Molenda, 2015).

Con base en las definiciones establecidas en cada fase del estándar ADDIE, se inicia a desarrollar los objetos de aprendizaje necesarios para elaborar una guía sobre PyPSA en el análisis de sistemas de energía.

3. Metodología para el diseño de los objetos de aprendizaje

La metodología implementada en un proyecto facilita la toma de decisiones incluso en circunstancias desafiantes. Establecer una buena metodología permite intercambiar personal, experiencias y mejores prácticas para lograr los objetivos del proyecto de manera eficiente.

3.1. Revisión bibliográfica

La principal fuente referente para comprender los fundamentos y aplicaciones de PyPSA y así plantear el diseño de los objetos de aprendizaje ha sido la página principal de PyPSA, pypsa.org. A través de este enlace es posible consultar el origen de esta herramienta, los proyectos que han surgido derivados de la misma, además de una serie de secciones que nos permiten comprender mejor las capacidades que tiene este entorno.

Entre estas secciones la fundamental para la comprensión de PyPSA es "PyPSA: Python for Power System Analysis" la cual se puede consultar a través de pypsa.readthedocs.io y un artículo publicado por algunos de sus desarrolladores "PyPSA: Python for Power System

Analysis" de T. Brown, J. Hörsch y D. Schlachtberger, publicado en el Journal of Open Research Software en 2018 (Vol. 6, No. 1) (PyPSA Developers, 2015).

3.2. Selección de entorno de trabajo

Se realizó una evaluación completa de varios entornos sugeridos por los desarrolladores de PyPSA, como "Conda", "Mamba" y "pip". Estos administradores de paquetes son bien conocidos por ser fáciles de usar y compatibles con plataformas como Windows, Mac y Linux. Se realizaron pruebas con algunos de estos entornos, como Conda, que incluía la instalación de Jupyter, y se evidenció que son sencillos de configurar.

Sin embargo, el factor más importante al elegir un entorno para el desarrollo de objetos de aprendizaje fue la capacidad de garantizar que fuera compatible con una variedad de configuraciones de hardware y sistemas operativos. Se llevó a cabo una revisión del entorno COLAB (Colaboratory de Google), un entorno en línea basado en Jupyter Notebook.

COLAB fue utilizado para evaluar su aptitud para crear los códigos necesarios para la herramienta de aprendizaje. Se encontró que COLAB ofrecía una serie de funciones adecuadas y, lo que es más importante, la capacidad de acceder desde cualquier lugar y cualquier equipo sin la necesidad de estar instalando programas y complementos en cada momento, lo que lo hace extremadamente accesible para cualquier persona con un equipo de cómputo e Internet. Debido a su accesibilidad universal, COLAB fue el entorno predeterminado para la creación de objetos de aprendizaje relacionados con PyPSA.

3.3. Herramientas usadas en el desarrollo de los objetos de aprendizaje

Según el Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia, un objeto de aprendizaje virtual se puede definir como un recurso digital que puede ser reutilizado en diferentes

contextos educativos. Pueden ser cursos, cuadros, fotografías, películas, vídeos y documentos que tengan claros objetivos educacionales, entre otros. (Ministerio de Educación Nacional, n.d.)

Para llevar a cabo el diseño de estos objetos de aprendizaje fue de gran importancia el uso algunos programas especializados los cuales se enlistan a continuación:

- a. Moodle: Es una plataforma de aprendizaje en línea de código abierto que permite a los educadores administrar el contenido educativo, facilitar la interacción entre estudiantes y profesores y crear cursos en línea entre otras funcionalidades. Es ampliamente utilizado por instituciones educativas para proporcionar educación a distancia y en línea, ofreciendo herramientas para la gestión de cursos, evaluaciones, foros y recursos educativos. Moodle se adapta a una amplia gama de entornos de enseñanza en línea y es personalizable (MoodleDocs, 2022). Se selecciona como plataforma y entorno principal donde se presenta y gestiona el curso general de PyPSA, conteniendo los objetos de aprendizaje, proporcionando una estructura organizativa y accesible para los participantes.
- b. H5P: También conocido como HTML5 Package, es una plataforma de código abierto que facilita la creación de contenido interactivo en línea sin tener experiencia en programación avanzada. Ofrece una amplia gama de tipos de contenido interactivo, es fácil de usar, compatible con varias plataformas y permite la reutilización del contenido en varias ubicaciones en línea. Es ampliamente utilizado para crear cursos en línea y recursos interactivos en la web (MoodleDocs, 2023). Permitió la creación de actividades interactivas para cada unidad del curso. Su implementación ha facilitado un mejor entendimiento de los conceptos, brindando a los estudiantes una experiencia más dinámica y participativa.

- c. Power Point: Es una aplicación de Microsoft que permite crear presentaciones visuales que incluyen imágenes, texto y recursos multimedia. Se utiliza en ámbitos académicos y profesionales para presentar información de manera efectiva (Microsoft365 Developers, n.d.-a). Se optó por el uso de PowerPoint para la creación de la mayoría de las presentaciones del curso. Esta elección se fundamenta en la búsqueda de la comodidad y claridad en las explicaciones de cada unidad, optimizando la presentación visual de los contenidos.
- d. LyX: Es un procesador de texto que utiliza LaTeX como motor de composición. A diferencia de escribir en LaTeX directamente, LyX ofrece una interfaz más amigable y visual, permitiéndote redactar documentos técnicos o científicos sin necesidad de aprender la sintaxis de LaTeX. Con LyX, los usuarios pueden enfocarse en el contenido mientras la aplicación se encarga de la estructura y el formato del documento (Introducción a LYX, Más Allá de LaTeX., 2017). Esta herramienta ha sido usada para la creación de tablas detalladas que contienen atributos y otros complementos de cada elemento a describir en el curso. Este programa ha contribuido a la presentación organizada y visualmente agradable de información al manejar un formato vectorial que no pierde calidad.
- e. Word: Es una aplicación de procesamiento de texto de Microsoft que se utiliza para crear, editar y formatear documentos de texto (Microsoft365 Developers, n.d.-b). Esta herramienta ha sido utilizada para la elaboración de textos y documentos necesarios para las herramientas de aprendizaje guardados en formato PDF.
- f. Google COLAB: Es una plataforma de Google que ofrece un entorno de desarrollo en la nube basado en Jupyter Notebook. Este servicio es utilizado por científicos de datos

- y desarrolladores para ejecutar código Python de manera interactiva, especialmente en proyectos de aprendizaje automático e investigación (Google Research, n.d.). Implementado como entorno de programación.
- g. Google Forms: Es una herramienta en línea de Google que facilita la creación de encuestas y formularios. A través de su interfaz, los usuarios pueden diseñar cuestionarios, recopilar respuestas y analizar datos de forma colaborativa. Es un instrumento útil para la realización de encuestas, la recopilación de información y la toma de decisiones basadas en datos (Guzmán, 2023). Utilizada para recopilar las diferentes opiniones de los estudiantes que utilizaron el conjunto de herramientas de aprendizaje.

4. Diseño de los objetos de aprendizaje

Cuando se menciona el término "diseñar", se hace referencia al proceso de concebir y desarrollar algo nuevo, ya sea un objeto, un proceso, un servicio, u otros elementos. A continuación, se presentan los resultados y las características del trabajo diseñado.

4.1. Alcance

El modelado efectivo de un sistema de potencia requiere un conocimiento de sus componentes y la habilidad para representarlos y conectarlos de manera adecuada. Es necesario recordar que los elementos principales de un sistema de potencia incluyen generadores, barrajes, líneas de transmisión, transformadores y cargas. En este contexto, los objetos de aprendizaje se enfocarán específicamente en estos componentes, proporcionando una explicación detallada de

cómo se representan individualmente y luego interactuando entre si formando sistemas de potencia complejos, todo realizado en el entorno PyPSA.

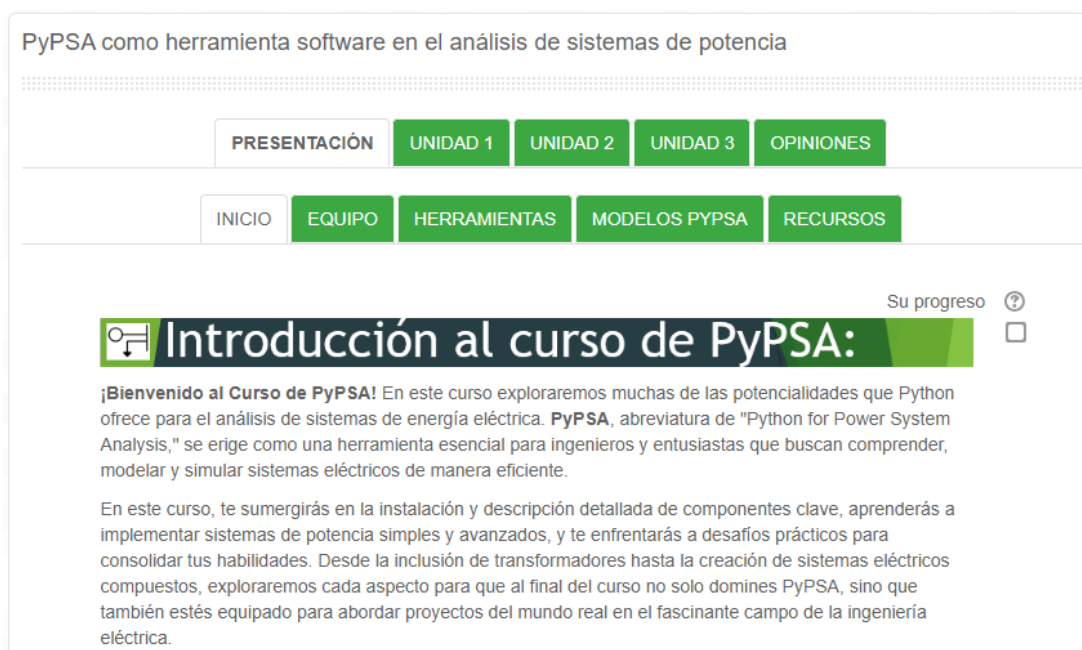
Los objetos de aprendizaje serán clasificados en el aula virtual de aprendizaje Moodle y agrupados en ventanas y pestañas para facilitar el proceso de aprendizaje por parte de los interesados.

4.2. Presentación

Para dar comienzo, se ha desarrollado una primera ventana llamada presentación. Esta ventana está compuesta por cinco pestañas distintas, cada una de las cuales despliega una serie de funcionalidades específicas y complementarias diseñadas para ofrecer una experiencia integral y un mayor contexto respecto a la herramienta. La figura 2 nos muestra la estructura general del curso y como se reconoce la primera pestaña de la ventana presentación.

Figura 2

Visualización de la ventana presentación.



The screenshot shows a web interface for the course "PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia". At the top, there is a navigation bar with five tabs: "PRESENTACIÓN" (highlighted in white), "UNIDAD 1", "UNIDAD 2", "UNIDAD 3", and "OPINIONES". Below this, there is another navigation bar with five tabs: "INICIO", "EQUIPO", "HERRAMIENTAS", "MODELOS PYPSA", and "RECURSOS". The main content area features a progress indicator "Su progreso" with a question mark icon and a checkbox. The title "Introducción al curso de PyPSA:" is displayed in a green banner with a circuit icon. Below the title, there is a welcome message: "¡Bienvenido al Curso de PyPSA! En este curso exploraremos muchas de las potencialidades que Python ofrece para el análisis de sistemas de energía eléctrica. PyPSA, abreviatura de 'Python for Power System Analysis,' se erige como una herramienta esencial para ingenieros y entusiastas que buscan comprender, modelar y simular sistemas eléctricos de manera eficiente." This is followed by a paragraph: "En este curso, te sumergirás en la instalación y descripción detallada de componentes clave, aprenderás a implementar sistemas de potencia simples y avanzados, y te enfrentarás a desafíos prácticos para consolidar tus habilidades. Desde la inclusión de transformadores hasta la creación de sistemas eléctricos compuestos, exploraremos cada aspecto para que al final del curso no solo domines PyPSA, sino que también estés equipado para abordar proyectos del mundo real en el fascinante campo de la ingeniería eléctrica."

Nota. La imagen muestra la estructura de ventanas y pestañas diseñadas para organizar los objetos de aprendizaje. Tomada de *Aula virtual de aprendizaje UIS, mis cursos, PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia.*

4.2.1. Inicio

Esta sección o pestaña en particular dentro de la plataforma alberga información crucial para los participantes. Aquí, se encuentran detallados los objetivos precisos del curso, proporcionando una visión clara de lo que se espera lograr al finalizar el programa educativo. Además, se presenta el detallado plan de aprendizaje que guiará el proceso de adquisición de conocimientos y habilidades a lo largo del curso. En resumen, esta pestaña constituye un recurso necesario para comprender tanto el propósito global del curso como el itinerario específico diseñado para el aprendizaje.

4.2.2. Equipo

Se ofrece una ventana única para conocer en detalle el equipo multidisciplinario que colaboró en la creación y desarrollo del curso. Se presenta una visualización completa y detallada del grupo de trabajo, destacando las habilidades, experiencias y roles individuales que cada miembro aportó al proyecto.

4.2.3. Herramientas

Dentro de esta subdivisión específica, el objetivo principal radica en facilitar al estudiante la comprensión de los fundamentos necesarios para adentrarse al curso utilizando el lenguaje Python. Se ha diseñado esta sección con el propósito de proporcionar una base sólida de conceptos básicos que son requeridos para comprender y maniobrar en el entorno de la programación con este lenguaje en particular. La principal herramienta que se encontrará es un curso rápido de Python

para quienes no tienen bases sobre este lenguaje puedan estar mejor preparados para ingresar a PyPSA.

4.2.4. Modelos PyPSA

Estos modelos ofrecen información adicional acerca de dos elementos particulares: las líneas y los transformadores mostrando una representación gráfica de los mismos.

4.2.5. Recursos

Esta sección se concibe como un recurso integral que reúne una variedad de materiales en formatos audiovisuales y escritos relacionados con diversos proyectos llevados a cabo en PyPSA. Además de ofrecer una compilación de material audiovisual que muestra ejemplos prácticos de trabajos realizados en esta plataforma, se incluyen códigos adicionales que complementan y enriquecen el entendimiento sobre la aplicación de PyPSA en distintos contextos.

4.3. Unidad 1: Componentes y modelado de un sistema de potencia básico

En la segunda ventana de este curso encontramos la Unidad 1, la cual está dividida en tres pestañas. Esta indica cómo realizar la instalación de bibliotecas y demás componentes necesarios para el funcionamiento de PyPSA, describe los componentes eléctricos de interés para los modelados y también orienta sobre la creación de un sistema de potencia básico. Adicional se agregan actividades didácticas correspondientes a este contenido.

4.3.1. Instalación y descripción de componentes

En esta sección, se incluye la justificación de la unidad, así como las metas de aprendizaje y el tiempo estimado para completarla.

Se aborda la instalación correspondiente de las bibliotecas Python necesarias, proporcionando una explicación detallada de cada componente, sus atributos clave,

recomendaciones relevantes y, finalmente, se presentan tablas que detallan la información de cada elemento.

4.3.2. *Sistema de potencia sencillo*

En esta pestaña, se ofrece una explicación detallada, línea por línea, del código base para modelar un sistema de potencia básico. Se especifica la función de cada componente para su comprensión. Además, se proporciona un archivo con un ejemplo realizado en el entorno de Google Colab para visualizar la estructura del sistema. La figura 3 muestra como se encuentran organizadas las pestañas de la ventana Unidad 1.

Figura 3

Pestañas referentes a la Unidad 1.



PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia

PRESENTACIÓN UNIDAD 1 UNIDAD 2 UNIDAD 3 OPINIONES

INSTALACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES SISTEMA DE POTENCIA SENCILLO ACTIVIDADES

Inicio:

- **Justificación:**
 - Esta unidad se centra en establecer los cimientos para comprender y utilizar eficazmente PyPSA en Colab. A través de la instalación y la exploración de sus componentes básicos, los estudiantes se familiarizan con esta herramienta y adquieren las habilidades fundamentales para trabajar con sistemas eléctricos.
- **Metas de Aprendizaje:**
 - Comprender el proceso de instalación de PyPSA en Colab y conocer cada componente para su utilización efectiva.
 - Aplicar conceptos instalando PyPSA mediante la creación y análisis de un sistema eléctrico básico en Colab.
- **Tiempo estimado:**
 - Horas de acompañamiento: 0
 - Horas de trabajo independiente: 6

Nota: Vista general de las pestañas que componen esta primera unidad del curso enfocado en PyPSA. Tomada de *Aula virtual de aprendizaje UIS, mis cursos, PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia.*

4.3.3. Actividades

Como cierre de la Unidad 1, se ha diseñado un proceso de evaluación para medir los conocimientos adquiridos por los estudiantes. Esto se logra a través de dos tipos de actividades: una interactiva que desafía la comprensión a través de la participación directa del estudiante, y una actividad de desarrollo que se realiza en el entorno colaborativo de Google Colab. Ambas actividades se han estructurado para poner a prueba la aplicación práctica de los conceptos aprendidos y fomentar un entendimiento profundo de la unidad. La figura 4 da un vistazo del ejercicio interactivo mencionado.

Figura 4

Ejercicio Interactivo de la Unidad 1.

Ejercicio interactivo

ARRASTRAR Y SOLTAR: Debe completar los espacios vacíos en el código con las palabras que se encuentran en la esquina superior derecha. (Cuando termine presione Submit para ver sus resultados).

```

!pip install          #Línea 1
import pypsa         #Línea 2
import numpy as np   #Línea 3

red=pypsa.I          #Línea 4

n_buses=2           #Línea 5

for i in range(n_buses):
    red.add(          #Línea 6
        name="bus {}".format(i),v_nom=20) #Línea 7

red.buses           #Línea 8

for i in range(n_buses):
    red.add("Line", name="linea {}".format(i), bus0="bus {}".format(i), #Línea 9
        bus1="bus {}".format((i+1)%n_buses), r=0.01, x=0.000001) #Línea 10

red.lines           #Línea 11

red.add("          ",name="Gen_0", bus="bus 0",p_set=200) #Línea 12

```

Nota: En esta actividad el estudiante debe arrastrar el segmento del código a la parte en donde considere debe ir. Tomada de *Aula virtual de aprendizaje UIS, mis cursos, PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia.*

4.4. Unidad 2. Transformadores

En esta ventana se divide en cuatro pestañas cuyo enfoque serán los transformadores, las primeras dos asociadas a los transformadores de dos devanados, y las siguientes a los transformadores tridevanados. La figura 5 muestra la forma en que se distribuyeron los temas asociados a transformadores en la plataforma.

Figura 5

Ventana referente a la unidad 2 con sus pestañas asociadas.



Nota: La imagen muestra la organización que se le da a la información y herramientas, así como actividades evaluativas referentes a transformadores de potencia. Tomada de *Aula virtual de*

aprendizaje UIS, mis cursos, PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia.

4.4.1. Transformador y sus actividades evaluativas

La primera pestaña orienta acerca de los transformadores convencionales, la forma de representarlos en el entorno Python, así como la forma de conectarlos en un sistema de potencia. La segunda pestaña, primera con el nombre actividades, trae los ejercicios de evaluación para poner a prueba los conocimientos asociados a este primer tipo de transformadores.

4.4.2. Transformador tridevanado y sus actividades evaluativas

Las tercera y cuarta pestañas de esta segunda unidad van enfocadas a los transformadores tridevanados. Ya que estos presentan cierta particularidad al ser representados a través de PyPSA, se destina una pestaña única a explicarlos, contando con su propia pestaña adicional para sus actividades. Al igual que los anteriores componentes didácticos, se encontrarán dos evaluaciones, una didáctica y un ejercicio de código para realizar en Colab.

4.5. Unidad 3. Recopilación de lo aprendido

Esta ventana en el curso virtual PyPSA recopila todo lo aprendido en las pasadas secciones, permitiendo finalmente modelar un sistema de potencia con todos sus componentes y dando las competencias necesarias para poder implementarlos en trabajos que consideren realizar a futuro. En esta sección se cuenta únicamente con dos pestañas, la primera hace referencia a los conceptos para modelar un sistema complejo y la segunda son sus respectivas actividades evaluativas.

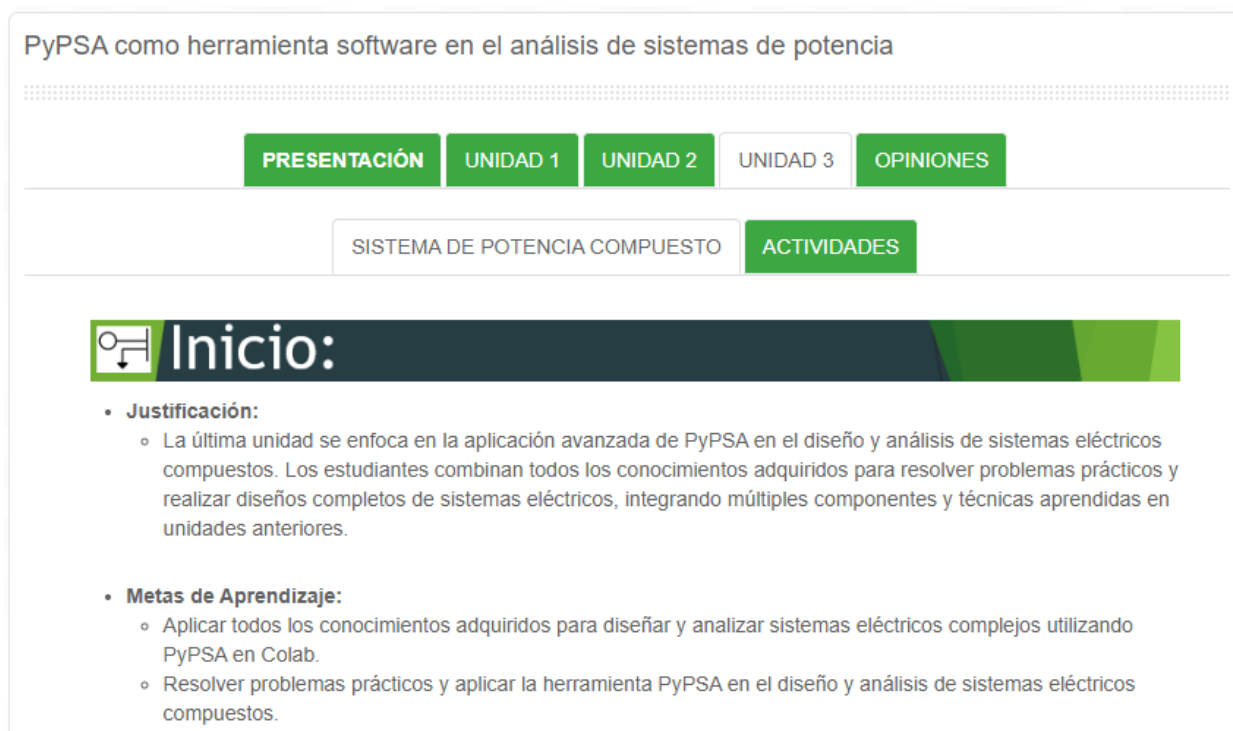
4.5.1. Sistema de potencia compuesto

Como se había mencionado previamente, esta pestaña recopila todos los conceptos explicados en la primera y segunda unidad, permitiendo incluir transformadores de potencia en un sistema sencillo, dando las competencias necesarias para modelar un sistema mas amplio y

compuesto de la magnitud que el usuario desee. La figura 6 muestra la justificación y metas de aprendizaje de esta unidad.

Figura 6

Vista general de la unidad 3.



PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia

PRESENTACIÓN UNIDAD 1 UNIDAD 2 UNIDAD 3 OPINIONES

SISTEMA DE POTENCIA COMPUESTO ACTIVIDADES

Inicio:

- **Justificación:**
 - La última unidad se enfoca en la aplicación avanzada de PyPSA en el diseño y análisis de sistemas eléctricos compuestos. Los estudiantes combinan todos los conocimientos adquiridos para resolver problemas prácticos y realizar diseños completos de sistemas eléctricos, integrando múltiples componentes y técnicas aprendidas en unidades anteriores.
- **Metas de Aprendizaje:**
 - Aplicar todos los conocimientos adquiridos para diseñar y analizar sistemas eléctricos complejos utilizando PyPSA en Colab.
 - Resolver problemas prácticos y aplicar la herramienta PyPSA en el diseño y análisis de sistemas eléctricos compuestos.

Nota: Vista general de la tercera unidad recopilatoria de la herramienta de aprendizaje PyPSA.

Tomada de *Aula virtual de aprendizaje UIS, mis cursos, PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia.*

4.5.2. Actividades

El formato evaluativo utilizado sigue la misma estructura que en las unidades previas, consistiendo en dos actividades distintas. La primera de ellas es un ejercicio didáctico diseñado para fortalecer la comprensión de los conceptos abordados. La segunda actividad implica el modelado de un sistema de potencia específico utilizando la herramienta PyPSA. Aquellos

participantes que completen exitosamente ambas actividades habrán adquirido los conocimientos requeridos para la aplicación práctica de PyPSA en su vida cotidiana. La figura 7 permite visualizar el ejercicio interactivo de la unidad 3.

Figura 7

Ejercicio interactivo unidad 3.



Seleccione los 6 errores que presenta el código (Identificar los errores dando clic sobre ellos):

```
!pip install pypsa #Linea 1
importes pypsa #Linea 2
import numpy as np #Linea 3
red= pizza .Network() #Linea 4
n_buses=7 #Linea 5
for i in range(n_buses):
    red.add( "Buseta" , name="bus {}".format(i)) #Linea 6
red.buses #Linea 7
forza i in range (3): #Linea 8
    red.lagg (" Line ", name="linea {}".format(i), #Linea 9
    bus0="bus {}".format(i),
    bus1="bus {}".format((i+1)%3),
    x=0.1 , r=0.01 )
red.add("Linealidad ", name="linea 4 ", #Linea 10
    bus0="bus 1 ", bus1="bus 3 ",
    x=0.1 , r=0.01 )
red.lines #Linea 13
```

Check

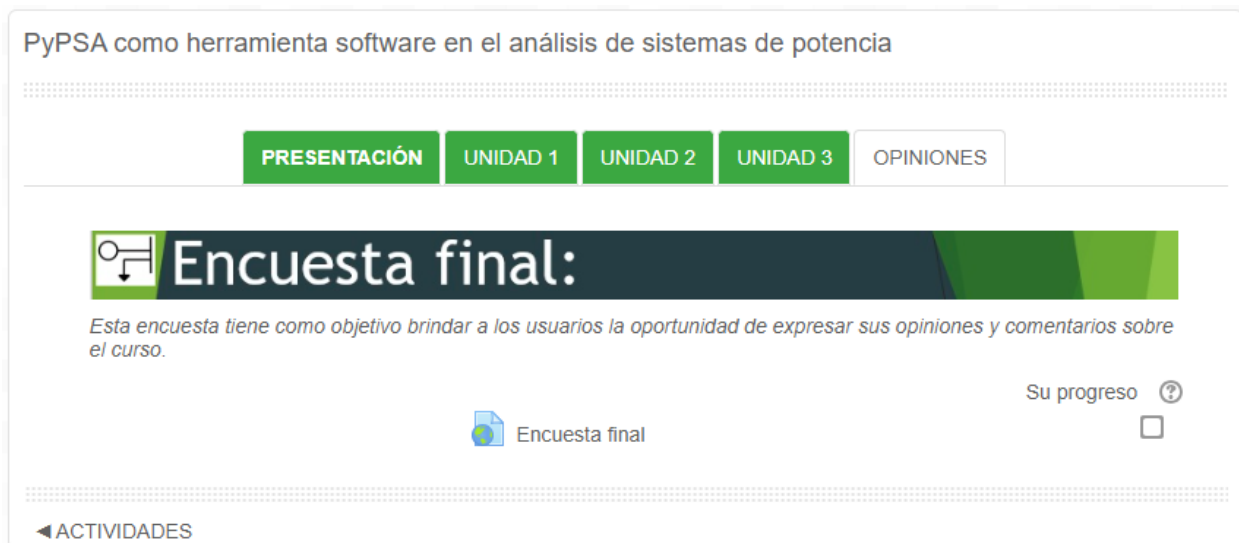
Nota: La actividad costa de un código modelando un sistema de potencia el cual contiene errores en su redacción, para aprobar la actividad es necesario seleccionar la parte del código que contiene error hasta encontrar los seis errores ocultos. Tomada de *Aula virtual de aprendizaje UIS, mis cursos, PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia.*

4.6. Opiniones

La sección final incluye la encuesta de retroalimentación, destinada a que los usuarios de la herramienta compartan sus evaluaciones y observaciones. Este proceso tiene como finalidad recoger aportes valiosos que permitan identificar posibles mejoras, contribuyendo así a la mejora continua de los objetos de aprendizaje en el contexto de PyPSA. La figura 8 permite evidenciar la ventana recopilatoria de opiniones.

Figura 8

Vista de la ventana Opiniones.



Notas: Espacio dedicado a recopilar las opiniones de los participantes de la herramienta PyPSA. Tomado de *Aula virtual de aprendizaje UIS, mis cursos, PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia.*

5. Evaluación de la herramienta de aprendizaje

En esta etapa del proyecto, se seleccionaron estudiantes a partir del octavo semestre en adelante, preferiblemente matriculados o ya graduados en la asignatura Sistemas de Potencia I de la E3T. Se buscó la participación de aquellos con un interés genuino en adquirir nuevos conocimientos relacionados con la asignatura. Se les comunicó que, además, tendrían la oportunidad de desarrollar competencias en el uso de Python, proporcionándoles una ventaja adicional en temas asociados.

El grupo seleccionado fue conformado por catorce estudiantes, los cuales en su totalidad habían aprobado la asignatura Sistemas de Potencia I. El siguiente paso fue darles una breve inducción de lo que iban a encontrar en la herramienta y matricularlos en la misma para que con su usuario y contraseña del Aula Virtual de Aprendizaje de la UIS pudieran ingresar en el momento que ellos quisieran y pudieran disponer de su propio tiempo para consultar todo el material disponible. Finalmente, cada estudiante respondió la encuesta ya mencionada al final de la actividad con sus opiniones y evaluaciones de la misma.

El cuestionario consta de doce preguntas que exploran las características claves de la herramienta. Su objetivo es identificar áreas de mejora para contribuir al desarrollo de un producto final sólido y funcional.

Las primeras tres preguntas piden los datos básicos de los estudiantes para llevar una trazabilidad de la evaluación. Las siguientes preguntas son de opción múltiple de respuesta, en donde se califica de uno a cinco la calidad de la característica en cuestión. Las últimas dos cuestiones son preguntas abiertas donde se pide que en sus propias palabras el estudiante de una

opinión de la herramienta e indique que más le gustaría ver en la misma para complementarla a futuro.

Las preguntas definidas en la encuesta fueron:

- a. Nombre completo
- b. Código de estudiante
- c. Correo electrónico
- d. ¿Qué tan satisfecho/a estás con el curso en general?
- e. ¿Cómo calificarías la claridad de las explicaciones sobre los componentes de PyPSA?
- f. ¿Las imágenes integradas fueron claras y útiles para el proceso de aprendizaje?
- g. ¿Cuánto entendiste acerca de lo que es PyPSA después de tomar el curso, sobre sus componentes y uso?
- h. ¿El diseño del entorno de aprendizaje en Moodle facilitó tu participación en el curso?
- i. ¿Hubo suficientes ejemplos y ejercicios prácticos para comprender y aplicar los conceptos de PyPSA?
- j. ¿Recomendarías este curso de PyPSA a otros estudiantes o colegas?
- k. ¿Tienes sugerencias específicas para mejorar el curso o aspectos que te gustaría destacar?
- l. ¿Qué otros temas consideras se puedan agregar al curso PyPSA en un futuro?

5.1. Resultados de la evaluación por parte de los estudiantes

En el trabajo de la mano con estudiantes que previamente habían manifestado interés se presentaron ciertos imprevistos. De los catorce estudiantes contemplados solo doce revisaron la plataforma y desarrollaron las actividades estipuladas, y de esas doce personas, once culminaron

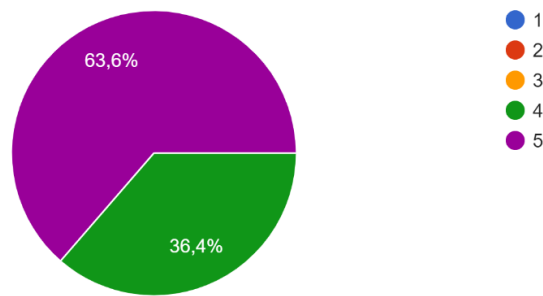
en su totalidad el curso y dieron su opinión al respecto. Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Figura 9

Opinión general del curso.

4. En una escala del 1 al 5, ¿Qué tan satisfecho/a estás con el curso en general? (1 = Muy insatisfecho, 5 = Muy satisfecho)

11 respuestas



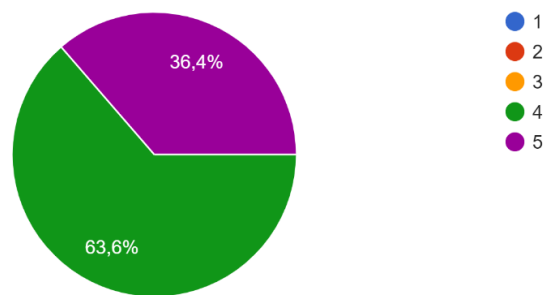
Nota: Gráfico circular que representa la opinión general del grupo de estudiantes con respecto a la herramienta de aprendizaje.

Figura 10

Opinión respecto a las explicaciones en los objetos de aprendizaje.

5. ¿Cómo calificarías la claridad de las explicaciones sobre los componentes de PyPSA (transformadores, generadores, cargas, líneas, barras)? (1 = Poco claro, 5 = Muy claro)

11 respuestas

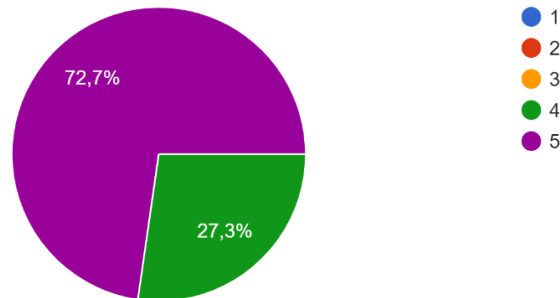


Nota: Opinión respecto a la claridad de las explicaciones y orientaciones dadas en los objetos de aprendizaje sobre el uso de PyPSA.

Figura 11

Opinión referente a las imágenes y gráficos.

6. ¿Las imágenes integradas fueron claras y útiles para el proceso de aprendizaje? (1 = No útiles, 5 = Muy útiles)
11 respuestas

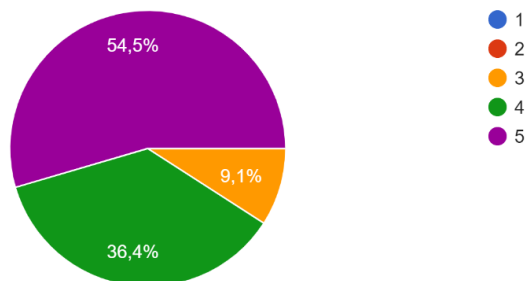


Nota: Evaluación realizada frente a gráficos y demás material visual usado en el diseño de la herramienta como refuerzo de las explicaciones y orientaciones.

Figura 12

Opinión respecto al concepto de PyPSA.

7. ¿Cuánto entendiste acerca de lo que es PyPSA después de tomar el curso, sobre sus componentes y uso? (1 = Nada , 5 = Entendido)
11 respuestas



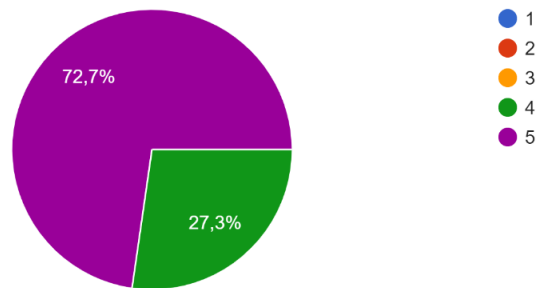
Nota: Indicador de que tan claro fue para los estudiantes el concepto de PyPSA, así como sus aplicaciones.

Figura 13

Opinión sobre la estructura del curso en la plataforma Moodle.

8. ¿El diseño del entorno de aprendizaje en Moodle facilitó tu participación en el curso? (1 = No facilitó, 5 = Facilitó mucho)

11 respuestas



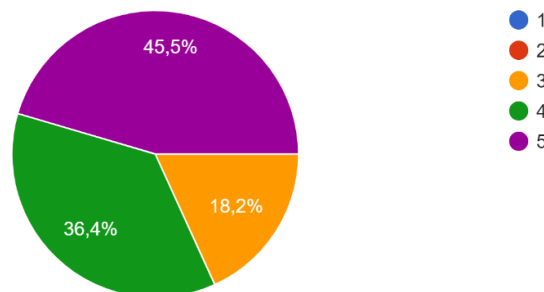
Nota: Impresión de los estudiantes sobre la forma que fue organizada y distribuida la información y los objetos de aprendizaje en la plataforma Moodle para su estudio.

Figura 14

Opinión respecto a los ejercicios y actividades.

9. ¿Hubo suficientes ejemplos y ejercicios prácticos para comprender y aplicar los conceptos de PyPSA? (1 = No suficientes, 5 = Suficientes)

11 respuestas

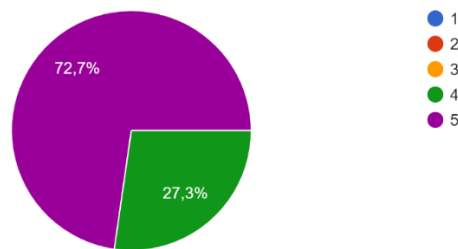


Nota: Calificación dada por los estudiantes referente a las actividades didácticas y los ejercicios propuestos en las diferentes unidades del curso.

Figura 15

Posibilidad de recomendar la herramienta PyPSA.

10. ¿Recomendarías este curso de PyPSA a otros estudiantes o colegas? (1 = No lo recomendaría, 5 = Lo recomendaría mucho)
11 respuestas



Nota: Grafico que indica la posibilidad de recomendar PyPSA como herramienta software en el análisis de sistemas de potencia con base en la opinión respectiva del curso.

Figura 16

Entregas primera tarea vs ultima tarea.

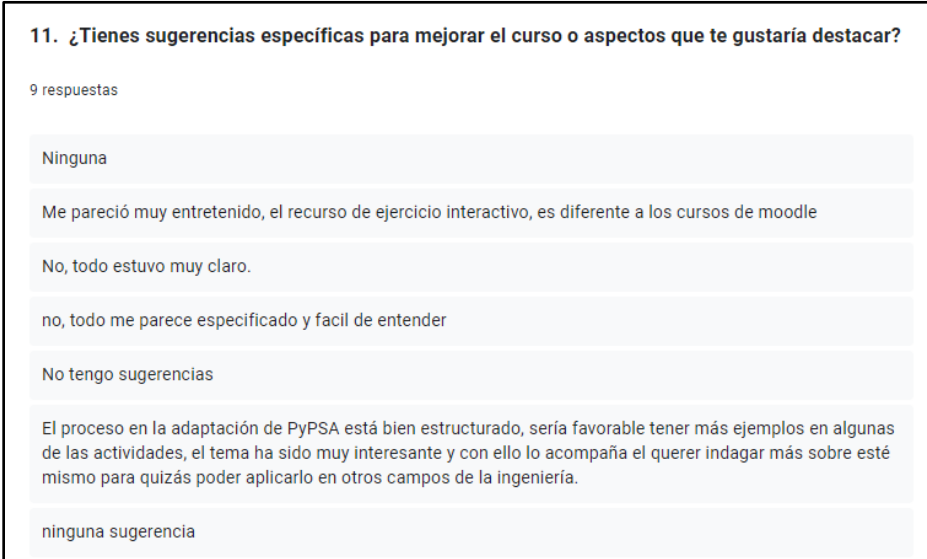
Tarea 1	
Sumario de calificaciones	
Participantes	14
Enviados	12
Pendientes por calificar	12
Fecha de entrega	miércoles, 25 de diciembre de 2024, 00:00
Tiempo restante	333 días 15 horas
Tarea 4	
Sumario de calificaciones	
Participantes	14
Enviados	11
Pendientes por calificar	11
Fecha de entrega	miércoles, 25 de diciembre de 2024, 00:00
Tiempo restante	333 días 15 horas

Nota: Evidencia de deserción de estudiantes en la prueba preliminar de la herramienta PyPSA.

Desde la figura 9 hasta la figura 16 se evidencia un resultado gráfico de las opiniones dadas por los estudiantes. En términos generales, los estudiantes han otorgado calificaciones favorables, lo que sugiere un alto grado de interés y utilidad en el contenido presentado. Sin embargo, aún se pueden identificar áreas de mejora específicas, particularmente enfocadas en resaltar con mayor énfasis las capacidades y aplicaciones de PyPSA, así como en mejorar las actividades didácticas para una comprensión más profunda de los conceptos presentados.

Estas opiniones están respaldadas por los comentarios personales proporcionados por cada estudiante. Aunque no todos ofrecieron una opinión personal, aquellos que lo hicieron proporcionaron valiosas reflexiones sobre su experiencia con la herramienta de aprendizaje las cuales contribuirán en dado caso de considerarse ampliar el alcance de los objetos de aprendizaje o para implementarlos en futuros proyectos de la mano de PyPSA. En la figura 17, se presentan los comentarios mencionados y en la figura 18 las recomendaciones para que la herramienta siga creciendo:

Figura 17 *Sugerencias de mejora de la herramienta.*



11. ¿Tienes sugerencias específicas para mejorar el curso o aspectos que te gustaría destacar?

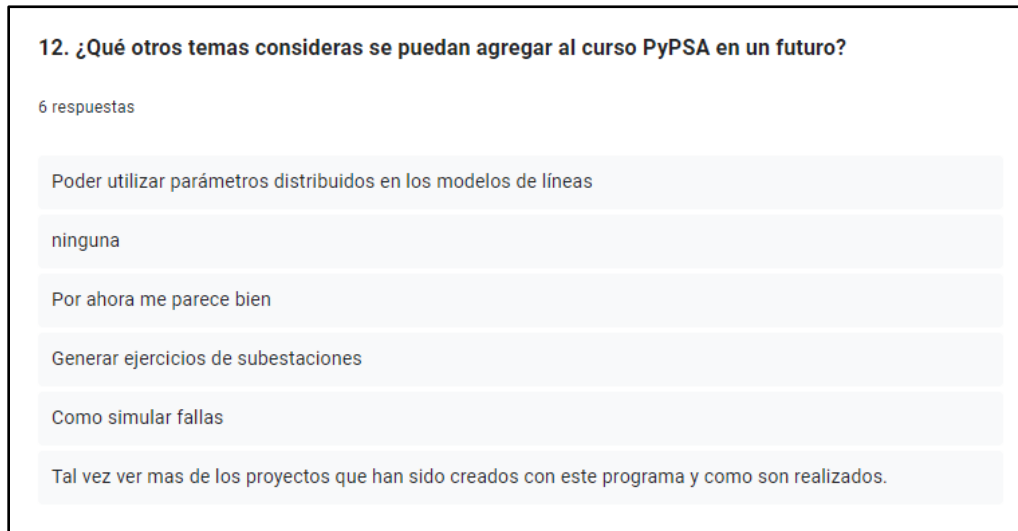
9 respuestas

- Ninguna
- Me pareció muy entretenido, el recurso de ejercicio interactivo, es diferente a los cursos de moodle
- No, todo estuvo muy claro.
- no, todo me parece especificado y facil de entender
- No tengo sugerencias
- El proceso en la adaptación de PyPSA está bien estructurado, sería favorable tener más ejemplos en algunas de las actividades, el tema ha sido muy interesante y con ello lo acompaña el querer indagar más sobre esté mismo para quizás poder aplicarlo en otros campos de la ingeniería.
- ninguna sugerencia

Nota: Respuestas dadas por los estudiantes en el espacio habilitado para sugerir mejoras en la herramienta.

Figura 18

Temas complementarios sugeridos.



12. ¿Qué otros temas consideras se puedan agregar al curso PyPSA en un futuro?

6 respuestas

- Poder utilizar parámetros distribuidos en los modelos de líneas
- ninguna
- Por ahora me parece bien
- Generar ejercicios de subestaciones
- Como simular fallas
- Tal vez ver mas de los proyectos que han sido creados con este programa y como son realizados.

Nota: Sugerencias dadas con para aumentar el alcance de la herramienta.

En general, las opiniones y comentarios recopilados sobre el proyecto son favorables, lo que sugiere que la herramienta está bien recibida lista para ser lanzada y compartida con un público más amplio que esté interesado en ella y de esta manera ser de utilidad para la comunidad UIS.

6. Conclusiones

La elección de Colab como plataforma para presentar PyPSA se basó en su fácil accesibilidad y uso. Al brindar ingreso desde cualquier lugar con conexión a internet, resulta especialmente útil para propósitos pedagógicos. Sin embargo, no es una herramienta lo bastante potente para proyectos o trabajos de gran envergadura, ya que su capacidad resulta limitada en

comparación con entornos más especializados, lo que puede dificultar la realización de tareas más exigentes.

La caracterización de los componentes de cualquier proyecto resulta fundamental para enriquecer la perspectiva del mismo, proporcionando una comprensión más profunda y facilitando la definición de un alcance más preciso de los objetivos a lograr. En el contexto de PyPSA, al considerarlo como una herramienta de software, la caracterización detallada de sus componentes básicos y su vinculación con la asignatura ha permitido identificar conceptos claves y de utilidad. Esto, a su vez, proporciona a los estudiantes una base sólida para el uso de la herramienta, mejorando así su experiencia y capacidad para aprovechar plenamente sus capacidades.

La pedagogía desempeña un papel crucial en la educación al ofrecer un enfoque sistemático y reflexivo para facilitar el aprendizaje. Al abordar la planificación, implementación y evaluación de estrategias educativas, la pedagogía contribuye al desarrollo integral de los estudiantes, promoviendo un aprendizaje significativo y duradero. Con este planteamiento se logró que los objetos de aprendizaje concebidos en este proyecto cumplan el propósito de guiar de manera pedagógica y didáctica el desarrollo de habilidades en el análisis de sistemas de potencia eléctrica mediante el uso de PyPSA.

La recopilación de opiniones sobre un tema es una herramienta valiosa para identificar áreas de mejora y contribuir al crecimiento continuo sobre el mismo. La evaluación realizada por los estudiantes de pregrado de la E3T destaca la capacidad de PyPSA para enriquecer su formación profesional y el interés que genera este tipo de proyectos en algunos de ellos. Estos hallazgos resaltan la importancia de recibir retroalimentación directa de los usuarios para orientar el desarrollo y la implementación exitosa de herramientas educativas como PyPSA.

Referencias

- Google Research. (n.d.). *Te damos la bienvenida a Colab.*
<https://colab.research.google.com/>.
- Guzmán, J. (2023, June 8). *¿Qué es Google Forms y para qué sirve?*
<https://juansguzman.com/2023/06/08/que-es-google-forms-y-para-que-sirve/>.
- Hofmann, F. (2021). *linopy: Linear optimization with N-D labeled variables.*
<https://linopy.readthedocs.io/en/latest/>
- Introducción a LYX , más allá de LaTeX., 4 (2017).
- Microsoft365 Developers. (n.d.-a). *Microsoft PowerPoint.* <https://www.microsoft.com/es-co/microsoft-365/powerpoint>.
- Microsoft365 Developers. (n.d.-b). *Microsoft Word.* <https://www.microsoft.com/es-co/microsoft-365/word>.
- Ministerio de Educación Nacional. (n.d.). *Objetos de aprendizaje virtual.* Retrieved January 17, 2024, from <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-82739.html>
- Molenda, M. (2015). In search of the elusive addie model. *Wiley Online Library.*
- MoodleDocs. (2022). *Acerca de Moodle.* https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle
- MoodleDocs. (2023, January 27). *H5P.*
https://docs.moodle.org/all/es/H5P#Acerca_de_H5P.
- PyPSA Developers. (2015). *PyPSA: Python for Power System Analysis.*
<https://pypsa.readthedocs.io/en/latest/developers.html>
<https://pypsa.readthedocs.io/en/latest/developers.html>.
- Technical University of Berlin. (2018). *Welcome to the PyPSA Community!* <https://pypsa.org/>

Apéndices

Apéndice A. Recopilación de opiniones y comentarios por parte de los estudiantes.

“Para consultar esta información puede hacerse escaneando el siguiente código QR o a través del enlace: docs.google.com/spreadsheets/”

