






Mejora del aprendizaje en estudiantes de Tecnología Eléctrica mediante un generador automático de ejercicios

Improvement of student learning in Electrical Technology by an automatic exercises generator

Jordi Burriel Valencia^a, Carla Terrón Santiago^b, Martín Riera Guasp^c, Javier Martínez Román^d y Ángel Sapena Bañó^e

^a Profesor Contratado Doctor; Universidad Politècnica de València, jorburva@die.upv.es,  ^bTécnico Superior en Investigación; Universidad Politècnica de València, cartersa@etsii.upv.es,  ^cCatedrático de Universidad; Universidad Politècnica de València, mriera@die.upv.es,  ^dProfesor Titular de Universidad; Universidad Politècnica de València, jmroman@die.upv.es,  y ^eProfesor Titular de Universidad; Universidad Politècnica de València, asapena@die.upv.es,  .

How to cite: Jordi Burriel Valencia, Carla Terrón Santiago, Martín Riera Guasp, Javier Martínez Román y Ángel Sapena Bañó. 2023. Mejora del aprendizaje en estudiantes de Tecnología Eléctrica mediante un generador automático de ejercicios. En libro de actas: *IX Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 13 - 14 de julio de 2023. Doi:<https://doi.org/10.4995/INRED2023.2023.16644>

Abstract

This article introduces a new software to help students in their learning of the Electrical Technology subject in the Degree in Industrial Engineering at the Universitat Politècnica de València, more specific in the syllabus concerning the sizing of electrical installations and the protection of these installations regarding to overcurrent's and short circuits failures. This software is an automatic exercises generator, focused on generate any exercise variant to solve sizing, overcurrent and short-circuit protections about electrical installations. Due to this program, the students themselves can use the generator to generate any exercise from this syllabus. Each exercise is unique and will improve skill students when solving these type of exercises.

Keywords: *technology, electrical, software, generator, exercise, overcurrent, short-circuit, installation, sizing.*

Resumen

Este artículo presenta un nuevo programa para ayudar a los estudiantes en su aprendizaje de la asignatura de Tecnología Eléctrica del Grado de Ingeniería Industrial de la Universitat Politècnica de València, más concretamente en el temario concerniente al dimensionado de instalaciones eléctricas y a la protección de estas instalaciones respecto a fallos debido a sobrecorrientes y cortocircuitos. Este programa es un generador automático de ejercicios, centrado en generar cualquier variante de un ejercicio destinado al cálculo de dimensionado

y de protecciones de sobrecorriente y cortocircuito de la instalación eléctrica. Gracias a este programa, los propios estudiantes pueden usar el generador para generar cualquier ejercicio de este temario el cual será único y facilitará que los alumnos puedan probar su destreza a la hora de resolver este tipo de ejercicios.

Palabras clave: tecnología, eléctrica, programa, generador, ejercicio, sobrecorriente, cortocircuito, instalación, dimensionado.

Introducción

Los problemas a resolver como ejercicio para la transmisión de conocimientos han sido una herramienta clave desde prácticamente los inicios de la historia (Fig. 1).



Fig. 1 Problemas de cálculo del área del triángulo. Papiro Matemático de Rhind. Egipto. 1650 a.C. (Kline, 2012)

El ejercicio egipcio mostrado en la figura anterior, ha sido documentado por el prestigioso matemático e historiador del siglo XX Morris Kline en su libro “El pensamiento matemático de la Antigüedad a nuestros días” (Kline, 2012). De este libro se extrae que los conocimientos matemáticos y su transmisión han ido evolucionando desde un origen más bien práctico en las civilizaciones antiguas, hasta derivar en teorías y conceptos abstractos dentro del siglo XX.

En el libro se analiza el desarrollo temprano de las matemáticas en las civilizaciones de Egipto y Babilonia, surgiendo de necesidades prácticas como la contabilidad y la medición. Mientras tanto, las matemáticas clásicas griegas formalizaron la prueba matemática y se adentraron en la geometría. La era medieval preservó las matemáticas griegas, en gran parte por eruditos árabes, y amplió el desarrollo del álgebra. A partir del Renacimiento, las matemáticas experimentaron un rápido crecimiento, con avances en álgebra, cálculo y la expansión del concepto de números para incluir números irracionales y complejos. Los siglos XVII a XIX presenciaron el nacimiento de las geometrías no euclidianas, y el siglo XX se caracterizó por una mayor abstracción, la aparición de la teoría de conjuntos, el álgebra abstracta, la topología y el auge de las matemáticas computacionales debido al desarrollo de las computadoras.

Sin embargo, en este libro no se desarrolla simplemente los avances matemáticos en sí, sino también el contexto histórico y cultural en el que se produjeron. Examina cómo las matemáticas han influido en otras disciplinas, como la física y la filosofía, y cómo han cambiado y se han desarrollado con el tiempo.

En resumen, la idea principal del libro es mostrar cómo las matemáticas han crecido y se han transformado a lo largo de la historia, y además enseñar cómo han influido en la forma en que entendemos el mundo. Esta idea no solo es aplicada a la historia de las matemáticas, sino que se puede extrapolar a la mayoría de ciencias como la física, química, biología, astronomía, etc.

Por tanto, así como han tenido que ir evolucionando y ampliándose los conocimientos y sus métodos de enseñanza en las respectivas épocas, a día de hoy hay que seguir avanzando e innovando para que el alumnado pueda adquirir cotas superiores en el conocimiento de la materia impartida.

A pesar del surgimiento de innovadoras metodologías didácticas desarrolladas para mejorar el aprendizaje respecto a la tradicional clase magistral, parte del sistema de enseñanza sigue apoyándose en el desarrollo de problemas a resolver como una herramienta de aprendizaje importante. Como se ha mostrado anteriormente, esta herramienta de aprendizaje ha variado poco desde los inicios de la civilización.

Concretando ya dentro de la docencia de la asignatura de Tecnología Eléctrica, los profesores de esta materia pueden apoyarse en multitud de libros que contienen problemas ya resueltos para mejorar su enseñanza; como por ejemplo el libro *Problemas resueltos de tecnología eléctrica* (Bachiller et al., 2003). Igualmente existe bastantes plantillas de ejercicios para resolver en la red.

Pero en todo caso, todos estos ejercicios no están ajustados sobre la docencia misma de la asignatura, por lo que el nivel necesario de esfuerzo para resolverlo puede no ser el correcto, o la normativa aplicada sea distinta por ser anticuada o por ser de otro marco legal extranjero. En consecuencia, el uso de estos ejercicios por parte del alumnado para su aprendizaje no siempre les aporta el conocimiento requerido.

La alternativa a utilizar ejercicios externos recae en desarrollar ejercicios propios para la asignatura. No obstante, este tipo de ejercicios complejos de carácter científico/tecnológico, como son por ejemplo el caso de ejercicios de Tecnología Eléctrica; requieren de una complejidad tal que al final los docentes mantienen una base de datos solo con unas decenas de ejercicios (Seller et al., 2011).

Esto se debe principalmente porque el diseño de un buen ejercicio de esta materia debe de cumplir varios requisitos, siendo algunos de los más importantes los siguientes:

- Una curva de aprendizaje ajustada a las necesidades del estudiante, ni demasiado fácil ni demasiado difícil.
- El ejercicio tiene que ser conceptualmente claro, sin caer en ambigüedades que puedan guiar al alumno a soluciones erróneas.
- La correctitud de los datos aportados para encontrar la solución tiene que ser completa. Cualquier dato especificado en el ejercicio que sea erróneo conducirá con alta probabilidad a un ejercicio erróneo.
- En este caso de ejercicio de ingeniería, dado que se apoya en una normativa obligatoria y que va cambiando, se debe de actualizar cada ejercicio a la normativa vigente en el momento de plantearse este al alumno.

Esto provoca una escasa variabilidad de ejercicios y en consecuencia limita la capacidad de los alumnos de aprender al estar igualmente limitados por el número de ejercicios disponibles.

1. Objetivo

Dado el problema planteado en la introducción sobre la escasa variabilidad de ejercicios de carácter científico/tecnológico dentro de la docencia, se han valorado varias soluciones que puedan mitigar este problema.

Por ejemplo, una posible solución podría derivar en una base de datos interuniversitaria, donde los docentes de asignaturas del mismo tipo pueden compartir sus problemas entre ellos. Esto aumentaría la variabilidad, pero la misma asignatura en cada grado de cada universidad no tiene por qué tener una equivalencia de contenido del 100%, por lo que se genera ese problema de ejercicios no totalmente adaptados a la materia que se imparte en la asignatura, pudiéndose requerir de conocimientos que escapan de la asignatura para resolver el ejercicio.

Otra posible solución podría ser el desarrollo de ejercicios haciendo uso de la metodología mediante docencia inversa. Donde se plantea a los alumnos, en vez de resolver un ejercicio, desarrollar el suyo propio partiendo del temario y con la complejidad requerida por la asignatura. Evidentemente, el aprendizaje de los alumnos viene más por la parte de desarrollar el ejercicio que por la parte de resolverlo, siendo el profesor el que tendría que guiar a los alumnos para que el ejercicio esté ajustado a los cuatro puntos de requisitos desarrollados en la introducción. Pero en este caso, se genera el problema de una posible sobresaturación del profesor respecto de la supervisión de unos ejercicios que deberían ser solo una parte de todas las técnicas de aprendizaje usadas en la asignatura.

Por ello, se ha optado por una solución más práctica, donde el desarrollo de ejercicios no consume tiempo del docente ni de los alumnos, sino que estos se generan de forma automática a partir de una plantilla inicial que permite generar una cuasi ilimitada cantidad de ejercicio distintos todos ellos.

En otras áreas del conocimiento se pueden encontrar multitud de ejemplos de este tipo de programas generadores de ejercicios. A continuación, se citan algunos ejemplos de estos programas generadores respecto de varias áreas docentes:

- a. Autogenerador de ejercicios de idiomas “FollowYou”, con el cual se puede potenciar el aprendizaje en idiomas generando automáticamente lecciones parecidas a las que se pueden encontrar en un libro de texto, todo ello a partir de textos que proporciona el propio estudiante en el idioma que quiere aprender (Shei, 2001).
- b. Autogenerador de ejercicios de métodos numéricos, con ajuste de la complejidad del ejercicio. Este conocimiento sobre aproximaciones por métodos numéricos es un temario importante a conocer y comprender dentro de las carreras de ingeniería (Leyva & Lopez, 2023).
- c. Autogenerador de ejercicios de circuitos eléctricos “autoCircuits”, destinado a la generación de ejercicios para el aprendizaje docente sobre resolución de circuitos eléctricos. Este tema es importante en carreras universitarias de ingeniería eléctrica, electrónica y adyacentes (Grivet-Talocia, 2018).
- d. Autogenerador de ejercicios de matemáticas “Wolfram Problem Generator”, orientado a la generación de ejercicios en muchos temas dentro del campo de las matemáticas (aritmética, teoría de números, algebra, algebra lineal, cálculo y estadística). Generadores de ejercicios de matemáticas existen multitud, pero la mayoría se centran en un nivel educacional de colegio/instituto. En este caso, el generador Wolfram permite generar problemas complejos en todo el espectro educativo hasta el universitario (WolframAlpha, n.d.).

No obstante, a diferencia de los anteriores citados, los programas generadores automáticos de ejercicios orientado a problemas de tecnología eléctrica son bastante escasos dada la complejidad que requiere el generar cada problema (interpretación de normativa y exactitud relativa de resultados).

Por ello, se ha desarrollado este nuevo generador capaz de cumplir con los 4 puntos de requisitos presentados en el apartado de introducción. Estos ejercicios están limitados por la plantilla inicial a la materia de la asignatura, evitando ambigüedades, acotando la curva de aprendizaje, con unos datos y desarrollos correctos, y conforme a la normativa más actual. Esta normativa puede ser actualizada fácilmente mediante la plantilla de normativa que usa el programa.

Para no abarcar demasiado, el desarrollo de este autogenerador de ejercicios se ha planteado solo para la generación de ejercicios de las unidades didácticas de *Dimensionado básico de instalaciones eléctricas de Baja Tensión* y de *Protecciones frente a sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones*; de la asignatura de *Tecnología Eléctrica*, del *Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales*, de la *Universitat Politècnica de València*.

2. Planteamiento general del autogenerador de ejercicios

Antes del desarrollo del autogenerador de ejercicios, se ha estudiado y planteado los siguientes objetivos que debe cumplir, algunos de los cuales ya se han comentado brevemente con anterioridad.

- El programa debe de poder ser usado por los docentes para generar ejercicios a los estudiantes, y por los propios estudiantes para generar ellos mismos sus propios ejercicios. Ver apartado 3.
- El planteamiento de todos los ejercicios debe ser común a una plantilla inicial desde los que parten todos, de forma que aunque haya variedad de ejercicios generados, todos se centren en un mismo tipo y materia. Ver apartado 4.1.
- El autogenerador no tiene que tener únicamente la capacidad de generar ejercicios, sino también la capacidad de resolver las soluciones propuestas por los estudiantes, indicando los fallos existentes en las respuestas.
- La resolución de los ejercicios tiene que ser lo más correcta posible, pero teniendo en cuenta las diversas soluciones que se pueden adoptar y los intervalos de incertidumbre numérica de las soluciones debido por la imprecisión de pocos dígitos que se da en el cálculo manual. Ver apartado 4.2.
- Los parámetros del enunciado del ejercicio autogenerado no deben poder ser modificados por los estudiantes.
- Todos los ejercicios generados tienen que estar desarrollados conforme a la normativa más actual en el momento de su generación. Ver apartado 4.4.

Teniendo en cuenta todos estos objetivos descritos, se ha desarrollado este programa autogenerador de ejercicios, el cual se presenta tanto en este apartado, como en los siguientes apartados 3 y 4.

3. Interfaz de interacción con los usuarios

La interfaz del generador de ejercicios está pensada para ser usada por cualquier usuario, ya sea éste docente o estudiante. Por ello, tiene una estructura minimalista y consta de solo 2 botones y un cuadro de terminal donde se muestran diversos mensajes (*Fig. 2*).

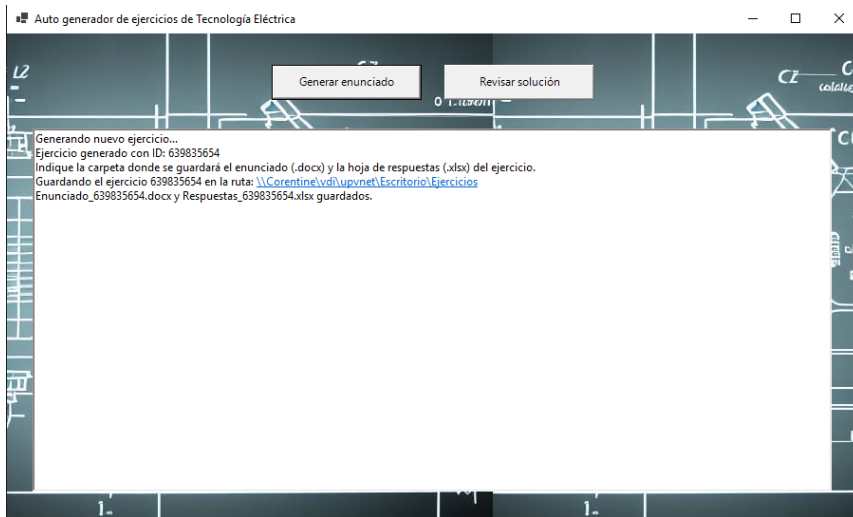


Fig. 2 Interfaz del programa generador de ejercicios de Tecnología Eléctrica.

No existe posibilidad de modificar la configuración del generador por medio de este interfaz, para que los estudiantes no puedan modificar sus parámetros. La única forma de configurar los parámetros de este programa es acceder a los archivos de configuración que se encuentran dentro de la carpeta de instalación, donde solo debe de tener acceso el personal autorizado.

3.1. Funcionamiento de los botones de la interfaz.

3.1.1. Botón *Generar enunciado*.

Cuando se pulsa el botón *Generar enunciado*, se genera el ejercicio nuevo en el propio momento de la forma más aleatoria posible dentro de los límites marcados en la configuración del programa.

A cada ejercicio generado se le asigna un identificador único, para que los estudiantes puedan distinguir entre un ejercicio y otro. El formato de los ejercicios generados se desarrolla con mayor detalle en el subapartado 3.2.

En el terminal del programa se muestran los detalles del proceso de la generación del ejercicio, desde que se inicia, hasta que se guardan los archivos de este (Fig. 2).

3.1.2. Botón *Revisar solución*.

Al pulsar el botón *Revisar solución*, el programa solicita al usuario que seleccione la hoja de respuestas en EXCEL del ejercicio resuelto.

Cuando se introduce la hoja del ejercicio, el programa generador comprara los resultados introducidos con los verdaderos del ejercicio. En este caso, los parámetros del ejercicio se encuentran incrustados dentro de la hoja de EXCEL, no siendo visibles para el alumno.

En el terminal del programa se muestra el desarrollo de la revisión de los resultados. Si existe algún resultado erróneo, se muestra un mensaje indicando cual es el resultado incorrecto y la celda de la hoja de EXCEL a la que corresponde.

3.2. Formato de los ejercicios generados

En general, la mayoría de los enunciados de ejercicios en formato digital que los docentes ponen a disposición de los estudiantes se entregan en formatos digitales de documentos, como son por ejemplo PDF y WORD. Mientras que para la entrega de las soluciones propuestas se usa comúnmente una hoja de EXCEL donde introducir los valores a corregir.

Teniendo en cuenta esto, se ha implementado el generador de ejercicios para que devuelva al estudiante un ejercicio generado en 2 ficheros: un documento en WORD con el enunciado del ejercicio (Fig. 3), y una hoja de EXCEL donde el alumno tendrá que introducir los resultados de sus cálculos (Fig. 4).

El enunciado del ejercicio presenta una instalación de baja tensión, donde especifica su esquema unifilar y los parámetros de esta instalación desde el Centro de Transformación hasta la acometida principal, sus derivaciones internas y las cargas acopladas a esta instalación.

Se pide resolver el dimensionado de los conductores de esta instalación, así como los sistemas de protección frente a sobrecorrientes y cortocircuitos. La variabilidad del ejercicio recae en la variación de la instalación propuesta y de sus parámetros, mientras que la resolución del ejercicio que se pide no varía (dimensionado y protecciones).

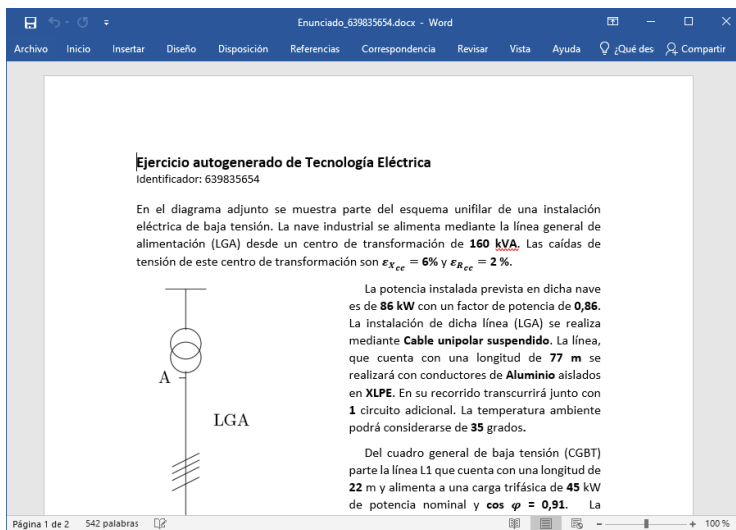


Fig. 3 Enunciado de ejercicio autogenerado en documento WORD.

La hoja EXCEL de respuestas consta de dos pestañas. La primera pestaña se corresponde con las soluciones del cálculo del dimensionado de la instalación de todas sus líneas (Línea General de Acometida, Línea 1, etc.), mientras que la segunda pestaña corresponde a las soluciones de cálculos respecto de sobrecorrientes, sobretensiones, así como los sistemas de protección más adecuados.

Dimensionado por:				Linea
Linea	Criterio térmico	Caída de Tensión	Linea	
LGA	IB circuito	n_cond_fase	n_cond_fase	
	IB conductor	Sec_cond_fase	Sec_cond_fase	
	IB=IB/nk	n_cond_neutro	n_cond_neutro	
	cos fi	Sec_cond_neutro	Sec_cond_neutro	
	Met Instalacion	R linea (mΩ)	R linea (mΩ)	
	kt	X linea (mΩ)	X linea (mΩ)	
	ka	AU(V) linea	AU(V) linea	
	kpterreno	AU(%) linea	AU(%) linea	
	ltabla	AU(V) desde A	AU(V) desde A	
	l2	AU(%) desde A	AU(%) desde A	
	T linea			

Fig. 4 Hoja de respuestas del ejercicio autogenerado en formato EXCEL.

Tanto el documento de WORD como la hoja EXCEL muestran en su inicio el identificador del ejercicio al que pertenecen, para que el estudiante pueda saber de qué enunciado de ejercicio hay que desarrollar las soluciones a introducir en la hoja de EXCEL.

4. Programación interna del autogenerador de ejercicios

Teniendo presente el tipo de ejercicios que se desea autogenerar (una instalación con sus diferentes cuadros, líneas y cargas), el cual es un ejercicio a resolver que se puede dividir en subproblemas, se ha planteado una filosofía de programación orientada a objetos.

Los objetos más relevantes de este programa son (Fig. 5):

- El objeto principal del **interfaz del autogenerador**.
- El objeto **Generar** que enlaza con el objeto **Ejercicio** y lo envía al **Generador de enunciados** y al **Generador de hoja de respuestas**, todo ello dependiente de las restricciones que dicta el objeto **Normativa**.
- El objeto **Resolver** que enlaza con el objeto **Ejercicio** y lo resuelve conforme al objeto **Normativa**.
- El objeto **Ejercicio** que contiene los parámetros y funciones principales del ejercicio, y enlaza con el objeto de **Linea AT**, **Transformador** y **Cuadro BT**.
- El objeto **Linea AT** contiene los parámetros y funciones principales de la parte de Alta Tensión de la instalación, cerca del primario del **Transformador** del Centro de Transformación.
- El objeto **Transformador** contiene los parámetros y funciones correspondientes al transformador del Centro de Transformación que convierte la alta tensión en baja tensión. Este transformador está conectado en su primario a la **Linea AT**, y en el secundario a la **Linea BT** principal.
- El objeto **Cuadro BT** contiene los parámetros y funciones correspondientes a un cuadro de Baja Tensión que está conectado a una **línea BT** aguas arriba y a una **línea BT** aguas abajo. El número

de **Cuadros BT** depende de la instalación, y al menos hay un **Cuadro BT** principal que conecta la acometida y un cuadro en una línea secundaria.

- El objeto **Línea BT** contiene los parámetros y funciones correspondientes a la línea de distribución de Baja Tensión que está conectada al **Cuadro BT** aguas arriba, y dependiendo de la variante también puede estar conectada aguas abajo con otro **Cuadro BT** que conecta con otras líneas de distribución. El número de líneas de BT depende de la instalación.
- El objeto **Carga** contiene los parámetros y funciones correspondientes a cada una de las cargas conectadas a la instalación, como por ejemplo alumbrado, máquinas, etc. Puede haber cargas conectadas a distintas **Líneas BT** de la instalación.

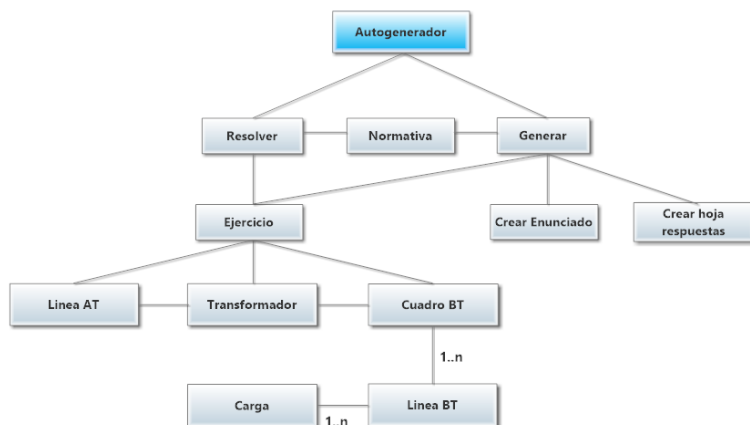


Fig. 5 Esquema de interoperabilidad de los objetos más relevantes del programa autogenerador.

Dado las herramientas que tiene que usar el programa autogenerador para generar los documentos de WORD y las hojas de EXCEL, se ha optado por implementar el programa en el entorno de desarrollo VISUAL STUDIO 2019. Este entorno de desarrollo dispone de las librerías para gestionar completamente la generación y edición de archivos de WORD y EXCEL.

4.1. Variabilidad de los ejercicios.

Todas las variaciones de ejercicios provienen de una plantilla original, que representa a una instalación de Baja Tensión conectada a un Centro de Transformación, que a su vez está conectado a la red de Alta Tensión eléctrica. De este modo, se mantiene la dificultad del problema acotado a una instalación de este tipo.

En esta plantilla de ejercicio se solicita la resolución, por una parte del dimensionado de las líneas de la instalación (correspondiente a la unidad didáctica *Dimensionado básico de instalaciones eléctricas de Baja Tensión* de la asignatura de *Tecnología Eléctrica*), y por otra parte se pide cálculo de sobrecorrientes, cortocircuitos y de sus sistemas de protección (correspondiente a la unidad didáctica *Protecciones frente a sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones* de la asignatura de *Tecnología Eléctrica*).

Todos los objetos del ejercicio (Fig. 5) que se corresponden con la instalación (Línea de AT, transformador, Cuadros de Baja Tensión, Líneas de Baja Tensión, Cargas) pueden tomar valores y propiedades dentro de un rango conforme a la normativa y a las propiedades físicas limitantes de la propia instalación.

Por ejemplo, la línea de Alta Tensión puede ser una línea de impedancia infinita, pero también puede tener unos valores concretos de impedancia.

Mejora del aprendizaje de estudiantes en Tecnología Eléctrica mediante un generador automático de ejercicios

También esta línea de Alta Tensión puede tener unos valores de potencia conforme a la normativa, pero deberá ser siempre superior a la potencia total demandada por la instalación de Baja Tensión, lo que significa que la potencia máxima consumida que se elija para las cargas y las impedancias que generan pérdidas en la red de Baja Tensión estarán limitadas por dicha potencia máxima que puede suministrar la red de Alta Tensión. Ya que en caso contrario se estaría ante un ejercicio sin sentido donde la instalación consume más potencia de la que es capaz de recibir de la línea de Alta Tensión.

Otro ejemplo de variaciones más allá de variar los valores que pueden tener las propiedades de cada elemento de la red son las variaciones del tipo y método de instalación de cada una de las líneas de Baja tensión. Para cada línea de Baja Tensión hay que seleccionar un tipo de línea entre aérea o enterrada, y un método de instalación considerando alteraciones por conductores próximos y ventilación. Siendo todo ello conforme a la normativa más actual.

Otro ejemplo más de variaciones que no son variaciones de valores se corresponde con la selección del tipo de carga, que puede ser trifásica, un motor o una instalación de alumbrado, que a su vez esta puede ser de tipo led o de descarga. Dependiendo de cada tipo de carga se tendrá que dimensionar de una forma u otra la línea conectada a la carga según las especificaciones de la normativa.

Todas estas variaciones afectan a los cálculos por lo que hay que tenerlas en cuenta correctamente a la hora de resolver el ejercicio autogenerado.

Una vez el sistema generador ha generado completamente el ejercicio y ha verificado su correctitud, se procede a la generación del enunciado.

El enunciado se construye partiendo de un enunciado genérico en formato WORD que implementa patrones donde existen variantes. Los textos y configuraciones de las posibles variantes se extraen de un archivo EXCEL interno del programa que contiene la información necesaria para completar mediante cada variante asociada cada una al patrón existente en la plantilla de WORD. Un ejemplo de este documento plantilla de WORD y del documento de variantes de patrones de EXCEL se muestra en la siguiente *Figura 6*.

The image shows two side-by-side windows. The left window is a Microsoft Word document titled 'Plantilla_Ejercicio_LGA_11.docx (Solo lectura) - Word'. It contains a technical diagram of a power line and a text block with several placeholder codes. The right window is an Excel spreadsheet titled 'EtiquetasEnunciado.xlsx (solo lectura) - Excel'. It contains a table with columns A, B, and C, listing various electrical parameters and their corresponding placeholder codes.

Word Document Content:

Ejercicio autogenerado de Tecnología Eléctrica
Identificador: #ID#

En el diagrama adjunto se muestra parte del esquema unifilar de una instalación eléctrica de baja tensión. La nave industrial se alimenta mediante la línea general de alimentación (LGA) desde un centro de transformación de **#PotTrafo# kVA**. Las caídas de tensión de este centro de transformación son $\% \#EXCF\%$ y $\% \#ERCF\%$.

La potencia instalada prevista en dicha nave es de **#PotCGBT# kW** con un factor de potencia de **#CosfiCGBT#**. La instalación de dicha línea (LGA) se realiza mediante **#InstalacionLGA#**. La línea, que cuenta con una longitud de **#LongLGA# m** se realizará con conductores de **#ConductorLGA#** aislados en **#AislanteLGA#**. En su recorrido transcurrirá **#PreCircuitoALGA#** y **#CircuitoALGA#**. La temperatura **#PostCircuitoALGA#** podrá considerarse de **#PreTemperaturaLGA#** y **#TemperaturaLGA#** grados. **#PreResistTermicalGA#** y **#ResistTermicalGA#** La resistividad térmica de la línea será de **#ResistTermicalGA#** $\text{K}\cdot\text{m}/\text{W}$. **#SeparacionLGA#** y **#PostSeparacionLGA#** Las líneas transcurrirán separadas una distancia de **#SeparacionLGA# m**.

Del cuadro general de baja tensión (CGBT) parte la línea L1 que cuenta con una longitud de **#LongLGA# m**.

Excel Spreadsheet Content:

Row	Column A	Column B	Column C
24	LINIA LGA		
25	Método de instalación LGA	#InstalacionLGA#	
26	Longitud LGA	#LongLGA#	
27	Conductor LGA	#ConductorLGA#	
28	Aislante LGA	#AislanteLGA#	
29			
30	Circuitos Adicionales LGA Previo	#PreCircuitoALGA#	junto con
31	Circuitos Adicionales LGA	#CircuitoALGA#	
32	Un Circuito Adicional LGA Posterior	#PostCircuitoALGA#	circuito adicional
33	Muchos Circuitos Adicionales LGA Posterior	#PostCircuitoALGA#	circuitos adicionales
34			
35	Sin Circuitos Adicionales LGA Previo	#PreCircuitoALGA#	
36	Sin Circuitos Adicionales LGA	#CircuitoALGA#	sin
37	Sin Circuitos Adicionales LGA Posterior	#PostCircuitoALGA#	circuitos adicionales
38			
39	MONTAJE AEREO LGA		
40	Temperatura Previo LGA	#PreTemperaturaLGA#	ambiente
41	Temperatura LGA	#TemperaturaLGA#	
42			
43	MONTAJE BAJO TIERRA LGA		
44	Temperatura Previo LGA	#PreTemperaturaLGA#	del terreno
45	Temperatura LGA	#TemperaturaLGA#	
46	Resistividad térmica Previo LGA	#PreResistTermicalGA#	La resistividad térmica del terreno se considerará
47	Resistividad térmica LGA	#ResistTermicalGA#	
48	Resistividad térmica Posterior LGA	#PostResistTermicalGA#	
49	Separación de líneas Previo LGA	#PreSeparacionLGA#	
50	Separación de líneas LGA	#SeparacionLGA#	
51	Separación de líneas Posterior LGA	#PostSeparacionLGA#	

Fig. 6 Plantilla del enunciado en WORD y hoja EXCEL mostrando los patrones a aplicar a la plantilla según la variante usada.

4.2. Precisión de los ejercicios

La precisión tanto en los parámetros seleccionados del ejercicio como en la resolución del ejercicio es crucial para no desviarse de la solución correcta. Sobre esta precisión numérica hay que tener presente varios puntos importantes:

- Los parámetros numéricos seleccionados para el ejercicio (variantes) deben de tener una profundidad decimal bien definida. Hay que evitar introducir valores con muchos decimales, ya que no sería lo normal encontrar ese tipo de valores en el enunciado de un ejercicio realizado por un docente.
- La resolución del ejercicio mediante la función de **resolver** del programa autogenerador tiene que hacerse con la mayor precisión disponible. Para cumplir con esto, todas las variables numéricas se han definido de tipo DECIMAL, que es un tipo de dato numérico derivado que simula el proceso del cálculo decimal humano.

A diferencia del tipo numérico en coma flotante FLOAT de 64 bits, que suele ser por excelencia el tipo de dato usado para cálculos numéricos decimales; el cálculo del tipo DECIMAL es más lento, pero la precisión numérica es mucho mayor. Por eso el tipo DECIMAL también es el predilecto para las aplicaciones bancarias en contraposición del tipo FLOAT. En este caso, como los cálculos a realizar no son excesivos, la pérdida de velocidad de cómputo por usar el tipo DECIMAL no es apreciable.

- El método manual de cálculo utilizado por los alumnos implica ciertas desviaciones en los resultados respecto de la solución óptima. Hay que tener presente que esas soluciones que tienen una varianza pequeña también deben ser consideradas como soluciones correctas.

Para gestionar esto, el programa autogenerador dispone en su carpeta de instalación una hoja de EXCEL para que los docentes puedan personalizar la horquilla que quieren aplicar a cada resultado numérico del ejercicio (Fig. 7).

Cada una de estas horquillas se puede indicar dentro de la hoja de EXCEL con un tipo de margen (tipo porcentual, tipo absoluto, o según la precisión de decimales) respecto del valor exacto de la solución.

Dimensionado por:					
Linea		Criterio técnico			Caída de Tensión
LGA	IB circuito	0,05 %	n_cond_fase	0 N	n_cond_fase 0 N
	IB conductor	0,05 %	Sec_cond_fase	0 N	Sec_cond_fase 0 N
	IB=IB/nk	0,05 %	n_cond_neutro	0 N	n_cond_neutro 0 N
	cos fi	0,02 N	Sec_cond_neutro	0 N	Sec_cond_neutro 0 N
	Met Instalacion		R línea (mΩ)	0,05 %	R línea (mΩ) 0,05 %
	kt	0,05 %	X línea (mΩ)	0,05 %	X línea (mΩ) 0,05 %
	ka	0,05 %	AU(V) línea	1 D	AU(V) línea 1 D
	kpterreno	0,05 %	AU(%) línea	0,05 %	AU(%) línea 0,05 %
	Itabla	2 D	AU(V) desde A	1 D	AU(V) desde A 1 D
	I _L	0,05 %	AU(%) desde A	0,05 %	AU(%) desde A 0,05 %
	T línea	0,05 %			

Fig. 7 Hoja de EXCEL de configuración de tolerancias para validación de soluciones.

4.3. Incrustación del ejercicio en la hoja de resultados

Durante el desarrollo del programa autogenerador de ejercicios se ha contemplado la problemática de donde y como obtener los parámetros del ejercicio cuando se resuelve un EXCEL de soluciones, para poder obtener también las soluciones correctas y comparar con las soluciones del estudiante.

Se han estudiado varias alternativas, como por ejemplo que se mantenga una Base de Datos donde se guarden los enunciados de los ejercicios autogenerados; o que los alumnos tengan que entregar al programa también el enunciado del ejercicio en WORD al mismo tiempo que entrega las soluciones en EXCEL.

Finalmente se ha optado por incrustar los parámetros del ejercicio en la propia hoja de resultados a rellenar de EXCEL. Esta incrustación se realiza en las propiedades internas del archivo EXCEL.

La estructura del ejercicio se guarda incrustada en formato JSON, y además el contenido de este se cifra con un algoritmo de cifrado SHA-256 (algoritmo de hash seguro de 256 bits) mediante contraseña. De este modo, aunque los estudiantes puedan llegar a recuperar la información del ejercicio no podrán verla ni modificarla sin conocer la contraseña usada por el docente en la configuración del programa autogenerador.

De esta forma, se facilita a los estudiantes la presentación de soluciones ya que solo necesitan entregar la hoja de respuestas de EXCEL rellena. Al mismo tiempo, se evita también que un estudiante pueda manipular los datos originales del enunciado a su favor. Y dado que los datos del ejercicio también están en el propio EXCEL de respuestas, no hace falta registrar o guardar este ejercicio en ningún otro sitio.

4.4. Normativa

Estos tipos de ejercicios donde se desarrolla una instalación de Baja Tensión están normativizados por el Reglamento Técnico de Baja Tensión, entre otras normas. Tanto para la generación de ejercicios como para su resolución, es necesario tener en cuenta este y otros reglamentos.

Por ello, se ha codificado dentro de una hoja EXCEL todos los parámetros relevantes de la normativa para ser usados por el programa autogenerador, tanto para generar como para resolver ejercicios (Fig. 8).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1		Disposición (En contacto)														
2																
3		Agrupados en el aire, sobre una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente	1	0,8	0,7	0,65	0,6	0,57	0,54	0,52	0,5	0,45	0,41	0,38	A a F	
4		Capa única sobre pared, suelo o sistemas de bandejas de cables sin perforar	1	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7				C	
5		Capa única fijada directamente bajo techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				C	
6		Capa única sobre sistemas de bandejas perforadas horizontales o verticales	1	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				E y F	
7		Capa única sobre sistemas de bandejas de esaclera, o bridas de amarre	1	0,87	0,82	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,78				E y F	
8																
9																
10																
11																
12																

Fig. 8 Hoja de EXCEL con todos los parámetros de la normativa.

En caso de producirse cambios sobre valores indicados en la normativa, solo hay que actualizar este archivo EXCEL para que el programa autogenerador considere la nueva normativa.

5. Resultados

Este programa de autogeneración de ejercicios de Tecnología Eléctrica ha estado disponible de forma pionera para los alumnos de esta asignatura en el curso lectivo 2022-2023.

En todo caso, evaluar si este programa ha beneficiado a los alumnos de la asignatura es complicado ya que el uso de este se ha puesto a libre disposición de los alumnos.

Por tanto, se ha llevado a cabo un análisis de la evaluación de la asignatura de Tecnología Eléctrica sobre este curso académico 2022-2023 (donde por primera vez se ha puesto a disposición el programa) respecto de los resultados académicos obtenidos en el curso anterior 2021-2022, para evaluar si ha habido un cambio significativo.

En la siguiente gráfica (Fig. 9) se puede observar el porcentaje de alumnos que se encuentran dentro de los distintos rangos de notas para ambos cursos lectivos.

En este gráfico se observa como el porcentaje de alumnos que han obtenido una evaluación de notable y sobresaliente en el curso 2022-2023 ha aumentado sobre el curso 2021-2022.

Pero también, en este mismo gráfico parece mostrarse una tendencia alcista del número de suspensos en el curso 2022-2023 sobre el curso 2021-2022. Aunque esto parece algo negativo, tiene la explicación sencilla en que, en el momento de la redacción de este artículo, las ACTAS usadas en el gráfico de barras del curso 2022-2023 se corresponden con ACTAS PARCIALES, faltando todavía los resultados de la evaluación extraordinaria aún pendiente de realizar, por lo que no es totalmente comparable todavía los resultados del curso 2022-2023 respecto del curso 2021-2022.

Esto no cambia el hecho positivo en que, en valores absolutos, este curso los alumnos que han obtenido notables y sobresalientes (37 Notables y 2 Sobresalientes), ya superan el número de alumnos que consiguieron notables y sobresalientes el curso anterior (27 Notables y 0 Sobresalientes).

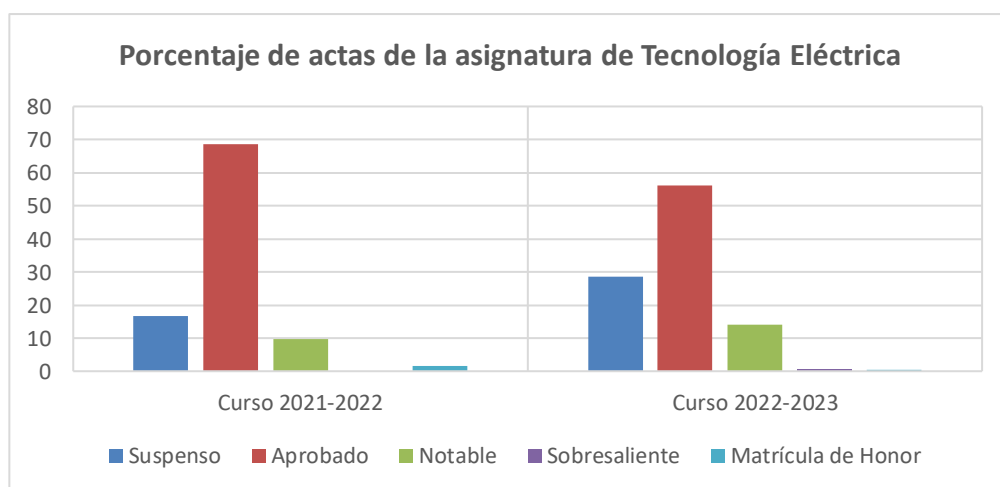


Fig. 9 Gráfico de barras con los resultados de las ACTAS del Curso 2021-2022 y Curso 2022-2023 de Tecnología Eléctrica..

En consecuencia, tras el desarrollo de la evaluación extraordinaria de este curso, solo cabe esperar que aumente todavía más el rango de Aprobados, Notables y Sobresalientes, reduciéndose el número de Suspensos.

6. Conclusiones

Teniendo presente los objetivos propuestos tanto en el apartado 1 como en el apartado 2, se ha desarrollado un programa generador de ejercicios que cubre todos estos requisitos especificados en dichos apartados.

Todos los ejercicios generados por el programa son únicos, ajustados conforme a la curva de aprendizaje esperada, sin distinción de un ejercicio desarrollado manualmente, y además con una función de autoevaluación para que los estudiantes puedan practicar y aprender corrigiendo sus errores.

Es un programa sencillo de utilizar, accesible a cualquier docente o estudiante, que consume unos recursos muy bajos, y es lo bastante configurable para poder adaptarse a las necesidades de cada docente y a los cambios de normativa.

7. Reconocimiento

Este trabajo ha sido financiado por la Universitat Politècnica de València dentro del proyecto Aprendizaje+Docencia bajo la Convocatoria A+D PIME 2021 con código 1781. *Desarrollo de competencias en diseño de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión mediante Aprendizaje Basado en Proyectos.*

8. Referencias

Bachiller Soler, A., Bravo Rodríguez, J.C., & Moreno Alfonso, N. (2003). *Problemas resueltos de tecnología eléctrica*. Ediciones Paraninfo, SA.

Kline, M. (2012). *El pensamiento matemático de la Antigüedad a nuestros días*. Alianza Editorial.

Grivet-Talocia, S. (2018). *autoCircuits, the first web service for the automated generation of circuit problem*. Politecnico di Torino. http://autocircuits.org/autocir_home.html

Selles CAntó, M.A., Perez Bernabeu, E., Sanchez Caballero, S., Crespo Amoros, J.E., & Parres García, F. (2011). *Los problemas en ingeniería*. Universitat Politècnica de València.

Leyva, H. P., & López, R. S. (2023). *Intelligent system generator of exercises of curve adjustment with gamification*. En INTED proceedings. International Academy of Technology, Education and Development. 5982-5989.

Shei, C. C. (2001). *Followyou!: An automatic language lesson generation system*. Computer Assisted Language Learning, 14(2), 129-144.

Universitat Politècnica de València. (n.d.). *Docencia inversa*. <https://www.upv.es/contenidos/PAD/info/1076800normalc.html>

WolframAlpha (n.d.). *Wolfram Problem Generator*. <https://www.wolframalpha.com/problem-generator/>