

DESARROLLO DE MÓDULOS DIDÁCTICOS Y RECURSOS DIGITALES PARA APOYO EN LA INSTRUCCIÓN REMOTA EN EL LABORATORIO DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS DE LA FES ARAGÓN UNAM

M. en C. Rodrigo Ocón Valdez, M. en C. Norma Angélica Romero Badillo,
Luis Andrés Becerra Núñez, Ing. Fernando Xavier Vázquez Martínez,
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES (FES) ARAGÓN, UNAM,
Avenida Rancho Seco S/N, Col. Impulsora, Netzahualcóyotl, Estado de México

e-mail: rodrigocon99@aragon.unam.mx ; normaromerorob@aragon.unam.mx ;
andresbecerra02@aragon.unam.mx, fernandovazquezia@aragon.unam.mx ,

RESUMEN

En la actualidad es de gran importancia la pertinencia de los conocimientos que un alumno puede adquirir en su formación académica y poderla aplicar para su vida laboral, de ahí que en la FES Aragón UNAM se han desarrollado proyectos en donde se promueve la realización de proyectos institucionales para que los alumnos puedan diseñar y conectar equipos que son usados en la industria. Con todo esto; el perfil de egreso del alumno se complementa pues se busca que adquieran habilidades de tipo conceptual, procedimental y actitudinal que se requieren para un su futuro ambiente laboral. Por otra parte, con el problema actual de la pandemia se busca implementar las recomendaciones del IEEE sobre la educación remota para la enseñanza de ingeniería [1].

En el presente artículo se describe el desarrollo de módulos didácticos y recursos digitales para el laboratorio de protección de sistemas eléctricos. En la primera parte se menciona la importancia de las TIC's y recomendaciones de los expertos, relacionadas con la modalidad actual de cursos de educación remota (en línea). Posteriormente se menciona la importancia de las protecciones y una descripción de algunos de los módulos didácticos actualmente desarrollados. Finalmente se concluye que el uso de módulos didácticos desarrollados con equipos industriales y la generación de herramientas digitales aplicadas a los laboratorios son estrategias que buscan impactar positivamente en el aprendizaje significativo del alumno para su integración en el campo laboral.

Palabras Clave: TIC's, Sistemas de protección, Aprendizaje –significativo, Instrucción remota.

1.0 INTRODUCCIÓN

El uso de las TIC (tecnologías de información y comunicación) han marcado el momento histórico [4] y más en esta situación de pandemia en el que vivimos; por lo que se hace cada vez más importante el desarrollo de herramientas digitales para la enseñanza remota [1].

Las prácticas de laboratorio son parte fundamental en la formación académica de los alumnos de áreas experimentales; pues son el complemento que apoya de manera práctica a las clases teóricas, por lo que resulta una valiosa herramienta para reforzar la enseñanza.

El objetivo principal del proyecto es modernizar, desarrollar e implementar prácticas de laboratorio con sus módulos didácticos, y a su vez elaborar manuales y recursos digitales, que se implementen en plataformas educativas virtuales que hagan más eficiente las tareas de enseñanza para los instructores de laboratorio y mejore el nivel de aprendizaje significativo de los alumnos, buscando un proceso que mejore las técnicas de enseñanza-aprendizaje actualmente utilizadas en los laboratorio de ingeniería.

Particularmente este proyecto se enfoca al *laboratorio de Protección de sistemas eléctricos*, perteneciente al área de laboratorios de la FES-Aragón, y actualmente se encuentra en proceso de desarrollo.

2.0 Educación Remota

De acuerdo al seminario en línea de educación remota realizado por la IEEE el pasado Julio del 2020 [1]; se habla sobre la técnicas que pueden fortalecer el aprendizaje significativo de los estudiantes de ingeniería al usar herramientas digitales y educación de tipo remota (en línea) dentro de los cuales los más importante es tener un consideración “inclusiva” para los alumnos en línea; ya que no tienen los recursos necesario para comprar una licencia de uso de módulos educativos comerciales, y aunque se tuvieran no podría alcanzar el presupuesto para comprar múltiples licencias. Por ese motivo el uso de los videos tutoriales de cada práctica usando equipos industriales y simuladores que son de acceso libre, pueden lograr que los alumnos tomen su clase de manera más interactiva y no se quede solo a la explicación del instructor.

Se recomienda adicionalmente[1]; alinear la evaluación con los objetivos de aprendizaje y formular expectativas claras y específicas. Según los expertos se recomienda lo siguiente en relación a la implementación de los módulos y simuladores.

“Mayor variación basada en los objetivos de aprendizaje y enfatizar en niveles más profundos de pensamiento”

“Tener un enfoque mixto: Centre el tiempo de clase en lo que más interés requiera”

“Utilice herramientas de calificación, revisión por pares calibrada, retroalimentación verbal, rúbricas holísticas, y múltiples versiones de pruebas “

En este proyecto y aprovechando un desarrollo previo de módulos didácticos dirigidos para el curso de protección de sistemas eléctricos; se realizó una ampliación de los objetivos inicialmente planteados, donde se adicionan las expectativas para los cursos actuales de instrucción remota (en línea).

3.0 Protección de sistemas eléctricos en la Ingeniería.

En un sistema eléctrico existen diferentes componentes que permiten su operación satisfactoria. Una subestación típica cuenta con los siguientes elementos principales [2]:

- Transformadores.
- Cortacircuitos.
- Interruptores.
- Relevadores y dispositivos de protección.
- Reactores limitadores de corriente.
- Transformadores de instrumento, entre otros.

Desafortunadamente durante su operación, la aparición de disturbios es común y los sistemas eléctricos son propensos a fallas que pueden provocar enormes problemas técnicos y económicos.

Las protecciones eléctricas juegan un papel fundamental en este rubro. Podemos decir qué en el sentido amplio de la palabra; el concepto de “Protección” se refiere al conjunto de equipos necesarios para la detección y eliminación de los incidentes en los sistemas o instalaciones eléctricas [3]

Para determinar las protecciones necesarias en una instalación cualquiera, es preciso disponer de la información completa y conocer debidamente la incidencia de la misma sobre el resto del sistema eléctrico al que está conectada [3].

Con todo lo anterior, se procede a una planificación general de los sistemas de protección, basándose en los siguientes puntos:

- a) Conocimiento a detalle de la red o instalación que hay que proteger.
- b) Estudio completo de las zonas de influencia de cada protección y su comportamiento para cada clase de disturbio previsible.

c) Estudio de las protecciones de reserva que deben actuar en caso de falla de una protección principal relacionada a un interruptor para cada tipo de falta.

Otro punto importante a considerar a la hora de realizar la planificación de las protecciones es tener un balance óptimo entre características, fiabilidad y costo de éstas. Para ello es de gran utilidad conocer las estadísticas fiables tanto de la red y del equipo que hay que proteger.

Algunos de los aspectos a considerar en la selección de protecciones son:

1.- Seguridad. Establece que un sistema o componente no actúe cuando no debe hacerlo.

2.- Obediencia. Es la actuación de un sistema o componente cuando está establecido que debe hacerlo.

3.- Fiabilidad. Nos indica que un sistema o componente debe actuar única y exclusivamente cuando debe hacerlo. La fiabilidad de un equipo es el producto de la seguridad y la obediencia.

4.- Precisión. Es la respuesta a los valores de entrada.

5.- Rapidez. Se denomina como el tiempo que le toma al relé cerrar sus contactos desde la aparición del incidente. El aumento de la rapidez implica una disminución de la fiabilidad.

6.- Flexibilidad. Es la capacidad para adaptarse a cambios funcionales.

7.-Simplicidad. Que el diseño del elemento de protección sea lo más simple posible, reduciendo al mínimo el número de funciones e interacciones.

8.- Mantenimiento. Se recomienda la reducción al mínimo de piezas sujetas a desgaste, ayudando así a evitar el mantenimiento periódico.

9.- Facilidades de prueba. Se valora que el elemento cuente con dispositivos que faciliten su verificación y monitoreo de estado sin que sea necesario desconectar ningún conductor para realizar pruebas.

10.- Autodiagnóstico. Se refiere a la integración de funciones que auto verifiquen el estado de la protección. Esta es una de las ventajas más importantes que aportan las protecciones digitales.

11.- Modularidad. El montaje de las protecciones en módulos adaptables posibilita la localización y reparación de las averías.

12. Precio. Se desea que el costo económico del elemento de protección sea el menor posible.

4.0 Desarrollo de módulos didácticos.

Se planteó el desarrollo 8 prácticas directamente relacionadas con el curso de **Protección de sistemas eléctricos**, tocando temas fundamentales:

- Protección contra sobre tensiones, y descargas atmosféricas.
- Transformadores de instrumentos.
- Protección convencional de motores eléctricos
- Relevadores digitales de protección de motores
- Protección de transformadores
- Protección digital de líneas de transmisión
- Protección de alimentadores

- Protección en sistemas de generación de energía alternativa
- Tele-protección.

Durante el desarrollo de cada práctica, es importante familiarizarse con los equipos para la perfecta conexión y que se puedan tomar mediciones de manera correcta teniendo claro el objetivo perseguido en cada uno de los experimentos propuestos.

Cada recurso digital busca cumplir con un aprendizaje significativo en el aspecto técnico del alumno; manteniendo el nivel técnico-académico requerido. Cabe mencionar que este proyecto fue soportado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través de un estímulo **PAPIME**, con el cual fue posible adquirir recursos económicos para la compra de equipos y componentes requeridos para la construcción de los módulos didácticos para este proyecto.

5.0 Desarrollo e implementación de los módulos didácticos.

Como ejemplo de los recursos desarrollados a continuación se muestra la implementación de Relevadores Digitales de protección con detección de fallas de alta velocidad, segura y confiable; localización de falla exacta; y extensas funciones de automatización y control. Los relevadores implementados (marca “SEL” con tecnología de punta), son actualmente utilizados en empresas suministradoras de energía en México y todo el mundo.

Instalados en su RACK, protegidos con reguladores de voltaje y adaptados con terminales de salida tipo “Plug” para realizar conexiones en las prácticas de manera rápida y confiable. El diseño de los sistemas de protección del Rack y los dispositivos auxiliares fueron desarrollados en conjunto con alumnos y profesores del área (figura 1).



Figura 1. Relevadores Digitales de protección con detección de fallas de alta velocidad

Con estos equipos es posible simular el comportamiento de las protecciones en un sistema eléctrico, apoyándose además de los módulos didácticos de motores, generadores y líneas de transmisión disponibles en el laboratorio.

El segundo ejemplo es la implementación de Módulo didáctico que simula la operación de un interruptor de potencia, para trabajar en conjunto con los relevadores digitales; el diseño e implementación del módulo fue parte del trabajo de titulación de uno de los autores (Andrés) y se muestra en la figura 2.



Figura 2. Módulo didáctico de interruptor de potencia

Aunque con funciones básicas, este módulo permite familiarizarse con las funciones principales de un interruptor real, tales como las operaciones de disparo y cierre “local-Remota”, bloqueos por contactos permisivos, alimentación de CD, etc.

Otro ejemplo es el módulo didáctico es el relevador digital de protección de Motores de Inducción, el diseño e implementación del módulo es parte otro trabajo de titulación y se desarrollo implementando un relevador digital SEL 3421 para protección de motores de inducción. La figura 3 muestra imagenes de módulo.



Figura 3. Módulo didáctico de relevador digital de protección de Motores de Inducción

Otro módulo didáctico que se desarrolló es para el estudio de las protecciones de motores de Inducción (figura 4); el diseño e implementación del módulo incluye elementos industriales con los cuales es posible realizar experimentos relacionados con:

- Ajuste y disparo de la protección por sobrecarga del motor.
- Estudio de curvas normalizadas de protección por sobre-corriente.

- Disparo instantáneo por corto circuito en las terminales del motor.
- Ajuste y disparo temporizado por alto y bajo voltaje de alimentación al motor y desbalanceo de fases.
- Protección por secuencia de fase incorrecta en las terminales del motor.
- Visualización y estudio del comportamiento de la corriente de arranque del motor (el estudio de las componentes armónicas en la corriente de arranque se puede realizar con la ayuda de un osciloscopio digital).
- Visualización y estudio del comportamiento de los voltajes transitorios por aperturas de interruptores en las terminales del motor.
- Coordinación de protecciones de sobre-corriente.



Figura 4. Módulo didáctico: Protección de Motores de Inducción.

Finalmente, el último ejemplo que presentaremos es un módulo didáctico para estudiar la operación de la protección de corrientes de falla a tierra “GFCI (*ground fault circuit interrupter*) ver figura 5, implementado con dispositivos de uso doméstico e industrial.



Figura 5. Módulo didáctico para protección de corrientes de falla a tierra “GFCI” uso doméstico e industrial.

Estos dispositivos en su aplicación real, sirven para reducir en gran medida el riesgo de “electrocución” cerrando inmediatamente un circuito eléctrico cuando ese representa un peligro de descarga eléctrica a las personas.

6.0 Desarrollo de los recursos digitales.

La contingencia vivida actualmente en México y el mundo ha obligado a las instituciones educativas a pensar, generar e implementar nuevas estrategias educativas que se encaminan a la educación remota. El caso de los cursos de ingeniería no es

la excepción y un reto importante que se presenta es la instrucción remota de los laboratorios.

La implementación de módulos didácticos con equipos industriales es una opción, primero desarrollando las prácticas con estos equipos; posteriormente generando videos y presentaciones “interactivas” que motiven a los estudiantes y finalmente dejando actividades con el uso de simuladores digitales para complementar el aprendizaje.

El proceso de desarrollo de los videos y presentaciones interactivas con el uso de los presentes módulos se encuentra actualmente en desarrollo (figura 5) y se pretende con esto incrementar el nivel de aprendizaje del alumno en sus cursos de laboratorio.

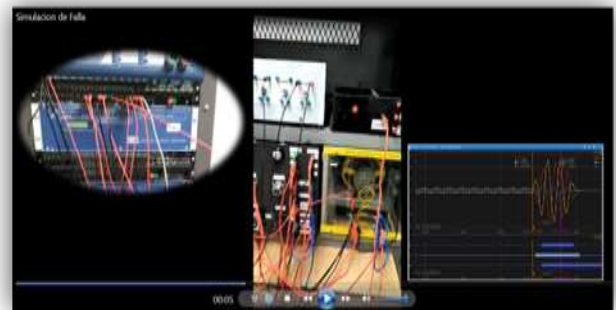


Figura 5. Imagen del video realizado para una de las prácticas, mostrando un experimento en donde se simula la operación del relevador digital ante una falla en las terminales un motor.

Actualmente el proyecto no se ha concluido y se continua con el desarrollo de más módulo. En un trabajo futuro se presentará la evaluación cualitativa del aprendizaje y las experiencias con el uso de los recursos digitales desarrollados. Además de que este tipo de herramientas puede ser implementada en cursos similares de otras áreas.

7.0 CONCLUSIONES

El estudio y la implementación de estrategias educativas en la impartición de cursos de carácter estrictamente técnico (como los cursos de laboratorio de las carreras de ingeniería), representan una opción para incrementar el aprovechamiento académico y lograr un incremento en el aprendizaje significativo de los alumnos.

El uso de módulos didácticos desarrollados con equipos industriales y la generación de herramientas digitales aplicadas a los laboratorios son estrategias que buscan impactar positivamente en el aprendizaje significativo del alumno para su integración en el campo laboral.

El desarrollo de herramientas digitales (videos, tutorial, etc.) deben contemplar su aplicación para cursos de instrucción remota.

8. REFERENCIAS

- 1 Efective Remote Instruction, IEE, 2020 <https://event.on24.com/eventRegistration/EventLobbyServlet?target=reg20.jsp&partnerref=IAWLPcon&eventid=2435538&sessionid=1&key=98C37E6355BBC483866EA343E52EBAC2®Tag=1165074&sourcepage=register>
- 2 J. Yebra Morón, Sistemas eléctricos de distribución. Barcelona: Reverté, 2013.
- 3 Montané, P. Protecciones en las Instalaciones Eléctricas. Barcelona, España: MARCOMBO. 1993.
- 4 "Las TIC en la educación", UNESCO, 2017. <http://es.unesco.org/themes/tic-educacion>. [Consultado: Jun- 2020].

AUTORES



M. en C. Rodrigo Ocón Valdez. Egresado de la Facultad de Estudios Superiores Aragón U.N.A.M donde obtuvo el título de Ingeniero Mecánico-Electricista en 1995. Desde 1995 labora en IEM Condumex, actualmente en el puesto de Gerente de Tecnología. En 2004 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, en la sección de Posgrado del I.P.N. Desde 1993 es académico y actualmente profesor de carrera de medio tiempo en el área de Ingeniería Eléctrica-Electrónica en la Facultad de Estudios Superiores Aragón. U.N.A.M., Es miembro activo del IEEE y CIGRE, con más de 70 artículos publicados en congresos nacionales e internacionales.



M. en C. Norma Angélica Romero. Egresada de la Facultad de Estudios Profesionales Aragón U.N.A.M donde obtuvo el título de Ingeniera en Computación en 1997, En el 2007 Obtuvo el grado de Maestra en Ciencias en Ingeniería de Sistemas en la sección de posgrado del IPN. En el 2006 tomo un diplomado en educación en la U.N.A.M. En el 2010 cursó un diplomado en tecnología de la información en la U.N.A.M. Profesora de asignatura en los laboratorios de sistemas de control y dispositivos electrónicos en la Facultad de Estudios Superiores Aragón U.N.A.M. Profesora definitiva en informática en la Escuela Nacional Preparatoria 2. Ha laborado en la industria privada en las áreas de control y sistemas.



Ing Fernando Xavier Vázquez Martínez. Egresado de la Facultad de Estudios Superiores Aragón U.N.A.M donde obtuvo el título de Ingeniero Mecánico Electricista. Actualmente es Jefe de Sección Académica en FES Aragón UNAM. Participó en la modificación de los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la FES Aragón UNAM entre 2006 y 2007. Desarrolló sistemas de control para procesos en industria de alimentos, agua purificada entre 2014 y 2015. Trabajo con el mantenimiento de máquinas twister, bushings, winders, implementando metodologías de 5's en talleres de mantenimiento. Trabajo como Ingeniero de Proyecto-Gerente general en la empresa Arte Creativo (fabricación y venta de muebles) encargado de los diferentes departamentos; manufactura, compras, ventas, embarques e inventarios en 2009.



Luis Andrés Becerra Núñez. Pasante de la carrera de Ingeniería eléctrica electrónica de la Facultad de Estudios Superiores Aragón U.N.A.M. Desarrollo su trabajo de titulación en los laboratorios de ingeniería eléctrica electrónica desarrollando módulos didácticos para el laboratorio de sistemas eléctricos de potencia. Actualmente está en proceso de obtener el grado de Ingeniero Eléctrico-Electrónico.