

DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO UTILIZANDO LA CAPACIDAD INSTALADA Y ACCESO REMOTO EN LINEA

DEVELOPMENT OF LABORATORY PRACTICES USING THE INSTALLED CAPACITY AND REMOTE ONLINE ACCESS

M. A. Rodríguez Blanco¹

J. L. Vázquez Ávila²

R. Sánchez Lara³

RESUMEN

En este trabajo se presenta una guía metodológica para realizar prácticas de laboratorio de cursos de ingeniería aplicada en tiempo real, utilizando la capacidad instalada de los laboratorios de Mecatrónica y Automatización. En particular, la propuesta de este trabajo es potenciar la programación de un PLC-real conectado a un Proceso-virtual, el cual puede ser programado de manera remota utilizando las NTICs mediante una plataforma de videoconferencias, en donde el profesor cede el control a los usuarios de la PC in situ. Así mismo, se presenta una guía metodológica para optimizar la utilización de recurso material y humano mediante la gestión de usuarios durante la asignación de prácticas. La configuración experimental se llevó a cabo con estudiantes de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Autónoma del Carmen durante el ciclo educativo agosto 2020.

ABSTRACT

In this work, a methodological guide to carry out laboratory practices of applied engineering courses in real time using the installed capacity of the Mechatronics and Automation laboratories is presented. In a particular way, this work is to enhance the programming of an industrial PLC connected to a virtual process, which can be programmed remotely using a novel information and communication technologies through a videoconferencing platform, where the teacher gives control to the users of the PC in situ. Additionally, a methodological guide to optimize the material and human resources through user management during the assignment of practices is presented. The experimental setup was carried out with Mechatronics Engineering students from the Autonomous University of Carmen City during the August 2020 cycle.

ANTECEDENTES

La Universidad Autónoma del Carmen, (UNACAR), cuenta con una oferta educativa de veintinueve programas educativos en modo presencial con una matrícula escolar de 5,679 estudiantes, los cuales se encuentran distribuidos en 8 unidades académicas. De manera adicional, se ofrecen también cuatro programas educativos en modalidad a distancia con una matrícula total de 148 estudiantes. De las 8 unidades académicas con las que cuenta la UNACAR, la Facultad de Ingeniería toma gran interés debido al desarrollo económico e industrial de Ciudad del Carmen, Campeche, debido a la pertinencia de sus programas educativos orientados a la operabilidad del ramo de exploración y producción petrolera.

Los orígenes de la Facultad de Ingeniería se remontan al año de 1989, iniciando con la carrera de Ingeniería Mecánico Electricista. Actualmente, la oferta educativa de la Facultad de

¹ Profesor Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, mrodriguez@pampano.unacar.mx

² Profesor Tiempo Completo de la Facultad Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, jvazquez@pampano.unacar.mx

³ Profesor Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, rsanchez@pampano.unacar.mx

Ingeniería ubicada en el campus III, situada al oeste de la ciudad con una matrícula de 1114 estudiantes, descansa en cinco programas educativos renovados y actualizados que, de mayor a menor antigüedad, son; Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería en Geofísica, e Ingeniería en Energía. Adicional a esto, la licenciatura en Arquitectura Sustentable se unió a la Facultad de Ingeniería en 2013. Es interesante destacar que, la carrera de Ingeniería en Mecatrónica se inició en 2009 y los pilares de ésta siempre han existido desde su inicio, ya que, en aquel entonces no existía el término “Mecatrónica” y se utilizaba el término multidisciplinario Mecánico Eléctrico Electrónico.

Desde 2016, la Facultad de Ingeniería de la UNACAR cuenta con la Maestría en Ingeniería en Mecatrónica con reconocimiento en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). Es importante mencionar que la misión y visión del PE de licenciatura y maestría en Mecatrónica son congruentes y fomentan las investigación y desarrollo en sistemas autónomos no tripulados y control en Sistemas Mecatrónicos, congruentes con el ámbito laboral.

Planteamiento del problema

Hoy en día, la situación pandémica atribuida al COVID-19 a nivel nacional e internacional ha limitado la enseñanza en general y el nivel educativo más afectado ah sido en ingeniería debido a la interacción que se vive con los equipos de medición y experimentación en situaciones reales.

Afortunadamente, a nivel mundial se ha incrementado el interés en desarrollar estrategias didácticas para impartir clases a distancia, esto no ha sido una preocupación relevante para ciertas áreas en donde la recolección de datos puede ser llevadas a cabo mediante encuestas en línea (O. García Calvillo, 2015) o con la colección de información de grandes bases de datos como en el área de humanidades y ciencias computacionales, respectivamente (García et al., 2015). El problema se presenta en áreas de la ingeniería aplicada, en donde es complicado simular y/o emular equipos industriales y procesos reales. Si bien, existen en el mercado una gran variedad de softwares para equipos de cómputo (PC) y aplicaciones móviles virtuales, aún no son capaces de emular el funcionamiento completo que permita detonar el conflicto cognitivo técnico.

Laboratorio virtual de ciencias básica

Con respecto al área de ingeniería, hoy más que nunca, se ha incrementado el uso de softwares que permiten experimentar las leyes físicas de manera virtual, lo que ha permitido una enseñanza más interactiva con elementos físicos (García et al., 2015). (O. García Calvillo, 2015). Lo anterior permite mejorar la enseñanza con respecto a un laboratorio real dado que la interacción con los elementos físicos se ve reducido debido a varios factores como es la baja relación equipo-alumno, profesor-alumno, espacio-alumno y tiempo-alumno. Esta última relación tiempo-alumno se considera baja dado que el tiempo dedicado a la experimentación depende de la disponibilidad de los equipos, tiempo del profesor y disponibilidad del laboratorio.

Sin duda, existen grandes desventajas considerables al tratar de remplazar las prácticas de laboratorio de Ciencias Básicas por prácticas virtuales y la más importante es el modelado idealizado de los componentes físicos. Aunque, cada día las aproximaciones numéricas de

los simuladores proporcionan modelos cada vez más precisos, pero estos jamás podrán involucrar todos los elementos parásitos y aleatorios que se presentan en ambientes no controlados, lo cual ocurre en una situación real. Por otro lado, la aproximación de una simulación puede arrojar valores muy próximos a la vida real y para ciertas aplicaciones u objetivos, la respuesta sería satisfactoria, como en el estudio de las ciencias básicas.

Con respecto a la factibilidad económica,; la utilización de laboratorios virtuales en ciencias básicas, por citar ejemplos comerciales CloudLabs de e-Tech simulator© y Virtual Labs del ministerio de educación de la India©, aprovechan el uso de la instrumentación virtual dado que los costos de una instrumentación compleja real son extremadamente elevados atribuidos a la precisión de las mediciones de los sensores y acciones de los actuadores, según sea la aplicación u objetivos requeridos, como es el caso caída libre o sistemas vectoriales. Por el contrario, compartir equipos y recursos costosos de manera virtual, que de otro modo están disponibles para un número limitado de usuarios debido a limitaciones de tiempo y distancias geográficas, motiva a los estudiantes a realizar experimentos despertando su curiosidad. Esto les ayudaría a aprender conceptos básicos y avanzados a través de la experimentación remota. Por lo anterior, es en extremo factible la utilización de laboratorios virtuales para ciencias básicas. Sin embargo, se debe resaltar las ventajas de un laboratorio real, ya sea mediante videos que los propios profesores realizan in situ utilizando la capacidad instalada de los laboratorios de Ciencias Básicas o mediante videos en YouTube© previamente analizados.

Laboratorio de ingeniería aplicada

Ahora bien, con respecto a los laboratorios de ingeniería aplicada; no solo se necesita observar, manipular y comprobar el funcionamiento de un proceso fijo, conociendo las características propias de los laboratorios virtuales de ingeniería aplicada, sino también ajustar, reestructurar y reprogramar la filosofía de operación. Hoy en día, existen muchos simuladores de laboratorios de ingeniería aplicada que permiten manipular las características anteriores, pero con inherentes restricciones.

Muy en particular, para el curso profesionalizante de Controladores Lógicos Programables (PLCs), del programa educativo de Ingeniería Mecatrónica, existen muchos softwares para PC y aplicaciones móviles gratuitos que facilita la visualización, manipulación, comprobación, ajuste, reestructuración y programación. Incluso, poseen algunos procesos con sensores y actuadores que facilita la construcción de procesos totalmente instrumentados, por citar ejemplos comerciales VirPLC, MacroPLC trainer, PLC Ladder Simulator, SimulatorSimulator, Simulator S7-200, PC_Simu, WebPLC, ZelioSoft 2.4.1, SimuPLC 3.1.0, entre otros.

La problemática que se encuentra con las herramientas anteriores e incluso en los software y aplicaciones móviles de pago, es que los procesos se limitan a la disponibilidad de componentes del simulador. Otro problema, igualmente importante, es que el lenguaje de programación utilizado es comúnmente Diagrama de Escalera, el cual es el más básico y por lo tanto no se potencializa la programación avanzada con la que cuentan los PLCs industriales reales de diferentes fabricantes como lo son: Festo©, Siemens©, Allen bradley©, entre otros. Los PLCs industriales suelen utilizar lenguajes de programación avanzados como: Listado de instrucciones, Diagrama a bloques, Lenguaje estructurado, Graficet, entre otros.

Por otro lado, poder conectar un PLC-real a un proceso real sería la mejor manera de detonar el conflicto cognitivo técnico. Sin embargo, durante la pandemia atribuida al COVID-19 se busca obtener los mejores beneficios en cuestión de enseñanza, aunque eso sea sacrificar la utilización de procesos reales por procesos virtuales y enfocados exclusivamente en la programación de PLCs reales de manera remota, mediante la utilización de Nuevas Tecnología de Información y Comunicaciones (NTIC).

Objetivo

El objetivo del presente documento es proporcionar una guía metodológica para realizar prácticas de laboratorio de cursos de ingeniería aplicada en tiempo real utilizando la capacidad instalada de los laboratorios de Mecatrónica y Automatización. En particular, la propuesta es potencializar la programación de un PLC-real conectado a un Proceso-virtual, el cual podrá ser programado de manera remota, utilizando NTIC mediante una plataforma de videoconferencias en donde el profesor cede el control a los usuarios de una PC in situ.

Algunas de las interrogantes que surgen, previas al desarrollo de este trabajo son las siguientes:

1. ¿El número de usuarios estará limitado al número de procesos virtual-real conectados a la red?
2. ¿La capacidad instalada de los laboratorios será suficiente para todos los alumnos?
3. ¿La disponibilidad del profesor sería el “cuello de botella” en la realización de las prácticas?
4. ¿Cómo evitar el plagio entre usuarios dado que la pantalla siempre estará compartida?
5. ¿Permitir la asistencia remota a usuarios podría incrementar la vulnerabilidad de la computadora maestra y poner en riesgo el PLC-real?

Justificación del estudio

La justificación es que el alumno realice las prácticas de manera virtual desde casa sin necesidad de tener el equipo de laboratorio físicamente, además de que, esta propuesta puede ser aplicado en cursos profesionalizantes de ciencias de la ingeniería en diferentes programas educativos como las Licenciaturas en Ingeniería: Energética, Mecánica, Civil, Electrónica, Eléctrica entre otras, en donde la utilización de un proceso computarizado ya sea para el curso de; Calidad de la energía, Mecánica de fluidos, Resistencia de materiales, Circuitos electrónicos, Inversores, entre otras, puedan ser conectados a una computadora con acceso a internet y utilizar un software de videoconferencias con asistencia remota como lo es Teams de Microsoft, Zoom, Google meetMeet entre otros. Es importante mencionar que, los procesos reales se pueden monitorear utilizando una cámara web y manipular físicamente por el técnico laboratorista, el cual puede estar atento a los posibles errores de manipulación de las variables. Por el contrario, un Proceso-virtual no es dependiente de la disponibilidad del personal técnico, y elimina las fallas físicas. Sin embargo, disminuye la operabilidad de la práctica limitándose a medir, programar y ajustar de manera remota. En este sentido, un nicho de oportunidad tanto a nivel comercial como de investigación es el desarrollo de emuladores virtuales implementados en software, por ejemplo: Easy Veep de la compañía de Festo Didactic© o en Labview de la compañía de National Instruments©.

Este ejercicio se implementó durante el ciclo escolar agosto 2020 – enero 2021 en el desarrollo del curso de PLCs impartido a distancia para los estudiantes de Ingeniería

Mecatrónica con ocho equipos de cinco integrantes cada uno, conformando grupos de trabajo en la plataforma de Teams de Microsoft®, la cual es la plataforma de uso institucional de la UNACAR.

Limitaciones de este trabajo

Las limitaciones de esta propuesta, con respecto a la capacidad instalada del laboratorio de Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la UNACAR, es que no es posible conectar más de un esquema completo PLC-real con Proceso-virtual debido a que no es posible abrir dos aplicaciones de programación y dos procesos virtuales en una computadora al mismo tiempo. Para incrementar el número de usuarios se necesita contar con una PC por cada esquema completo de PLC-real y Proceso-virtual.

Lo anterior, según la capacidad instalada, es factible para la institución y de gran provecho para los estudiantes. Por un lado, resulta factible para la institución porque la PC utilizada no demanda características de alto desempeño dado que el software utilizado no necesita gran esfuerzo computacional. Por otro lado, resulta de gran provecho para los estudiantes, porque se logra realizar prácticas de programación en cualquier PLC-real, sin la necesidad de tenerlo físicamente, la puesta en marcha de este trabajo se implementó con un grupo de 40 alumnos divididos en ocho equipos, los cuales se beneficiaron al adquirir el conocimiento técnico para programar un PLC-real utilizando los diversos lenguajes de programación, propios de un PLC comercial.

METODOLOGÍA

En los planes de estudio de la Facultad de ingeniería de la UNACAR ha sido necesario introducir criterios de aprendizaje basados en competencias genéricas y específicas, que habiliten al estudiante para el ejercicio de su profesión. Una de estas competencias de carácter transversal es el aprendizaje autónomo a través de resolución de problemas, explicación de la situación problema y tareas encomendadas. Es decir, el estudiante de manera colegiada y en equipo debe resolver problemas a partir de la información obtenida en actividades de investigación, exposición, desarrollo de prácticas y evaluación de resultados congruentes con el método científico.

En los cursos profesionalizantes de ingeniería existe un denominador común que es el aprendizaje autónomo, el cual requiere nuevas herramientas innovadoras basadas en las NTICs que potencialicen el esfuerzo individual y que complementen las herramientas tradicionales como libros, buscadores de internet y prácticas de laboratorio reales. Estas nuevas herramientas son los laboratorios virtuales (Simuladores y/o Emuladores) o laboratorios remotos en un entorno web.

En (J.E. Corter, 2004) Corter et al. (2004) y Canizares y Faur (1997) (Faur, 1997) se argumentan que, el desarrollo de prácticas reales motiva al estudiante a tener contacto con los equipos y materiales que en un futuro tendrán que utilizar en el campo laboral como ingenieros, tomando en cuenta posibles incertidumbres en ambientes no controlados que la experimentación real permite conocer. Por otra parte, los laboratorios virtuales permiten llevar a cabo una amplia variedad de casos con la ventaja de la optimización del tiempo y los costos.

Tanto Llamas et al. (2010) (M. Llamas-Nistal, 2011) como Pastor et al. (2009) (R. Pastor, 2009) concuerdan que, la Tecnología de Información y Comunicación (TIC) ha estimulado un creciente interés por el desarrollo y estandarización de plataformas de e-aprendizaje de tal manera que los laboratorios virtuales y su amplio campo de aplicación se han incrementado vertiginosamente, como lo demuestra el creciente número de aplicaciones y publicaciones muy en particular en el área de ingeniería eléctrica (Gomes y Bogosyan, 2009; Tzafestas et al., 2006). (L. Gomes, 2009) y (C.S. Tzafestas, 2006).

Definición de Simulación y Emulación

Antes que nada, en un sistema virtual se tiene que distinguir dos términos comúnmente utilizados y muchas veces confundidos. Esto es la palabra “Simulador” y la palabra “Emulador”.

El Emulador es un ente que trata de imitar o igualar las acciones de otro proceso e incluso excederlas, lo cual no necesariamente es un software sino también un hardware. A diferencia de un Simulador, el cual es un ente que trata de reproducir el comportamiento de un sistema en determinadas condiciones orientado al entrenamiento de quienes deberán manipular ese proceso de manera virtual y que no tratará jamás de mejorarlo y comúnmente es un software.

En la Figura 1 se muestra un esquema clásico de programación de un PLC conectado a una planta o proceso real, se observa que el proceso se conecta de manera bidireccional al PLC brindando las señales de los sensores del proceso hacia el PLC y a su vez el PLC brinda las señales que habilitan los actuadores del PLC hacia el proceso. Adicional se observa que la programación se realiza de manera unidireccional y comúnmente se utiliza un cable de programación que puede ser cable ethernet cruzado, cable USB o cable serial RS-232.



Figura 1. Esquema de programación de un PLC- real con un Proceso-real.

En la Figura 2 s. Se aprecia la manera de conectar un PLC-real a un Proceso-virtual en donde se destaca la utilización de una tarjeta de adquisición de datos DAQ (con sus siglas en inglés: Data Acquisition), la cual se encarga de introducir los datos bidireccionales del PLC hacia la PC in situ que tiene instalado el software del Proceso-virtual. Por otro lado, se emplea un cable conectado a un puerto USB para programación exclusiva del PLC.

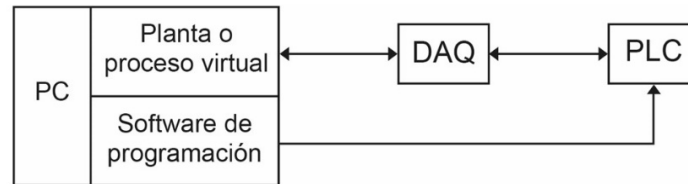


Figura 2. Esquema de programación de un PLC-real con Proceso-virtual

Una manera de potencializar la configuración de un Proceso-virtual conectado a un PLC-real es ceder el control a usuarios que se encuentran conectados en una plataforma de videoconferencias en donde es posible ceder el control de teclado y mouses para interactuar con la manipulación del Proceso-virtual y al mismo tiempo programar en tiempo real el PLC de manera remota. La Figura 3 muestra el esquema completo propuesto.

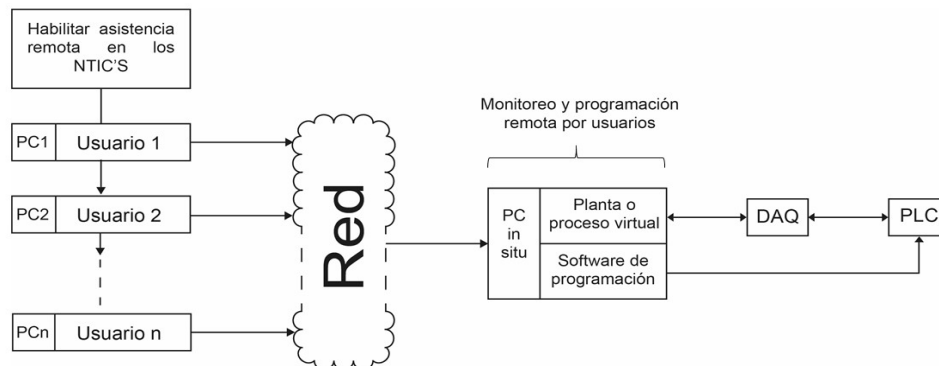


Figura 3. Esquema completo para realizar prácticas de manera remota en tiempo real de automatización utilizando un PLC-real y un Proceso-virtual.

RESULTADOS

La aportación de este trabajo no radica en hacer uso de la función “compartir mando” o “control remoto” utilizando una plataforma de videoconferencias, la aportación radica en la metodología de conectar y adecuar un equipo industrial real, como lo es el PLC a un Proceso-virtual, el cual permite manipular vía remota. Otra aportación en este trabajo es proporcionar una guía metodológica para optimizar la utilización de recurso material y humano. La Figura 4 ilustra la pantalla de la PC in situ compartida conectada a un PLC-real y un Proceso-virtual ilustrada en la Figura 5.

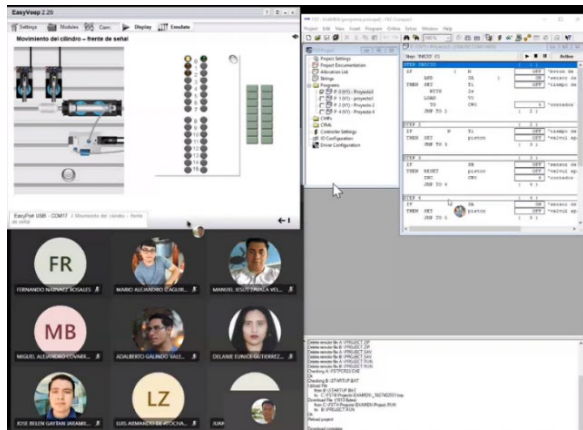


Figura 4. Pantalla de Teams de Microsoft con el esquema propuesto

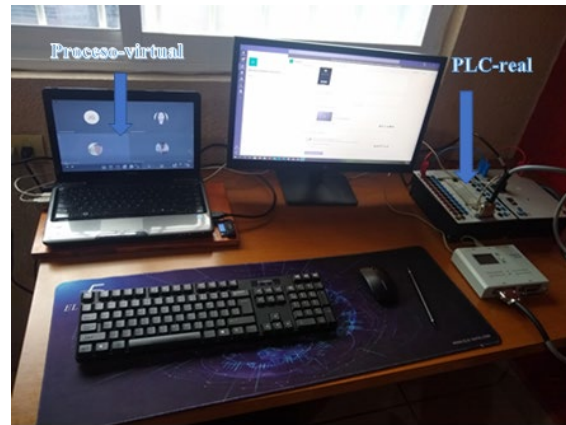


Figura 5. Configuración experimental PLC-real y Proceso-virtual compartido

La mejor manera para optimizar el equipo compartido es planificando la asignación como se indica en la Figura 6, misma que define equipos de trabajo, filosofías de operación, tiempos de prueba, número de usuarios. Donde U_1 es el usuario 1 y U_n es el usuario n-ésimo. Observe que el diagrama de flujo proporciona dos tiempos de prueba para cada usuario (equipo de trabajo), ya que, el primer tiempo podría no ser suficiente para terminar la programación.

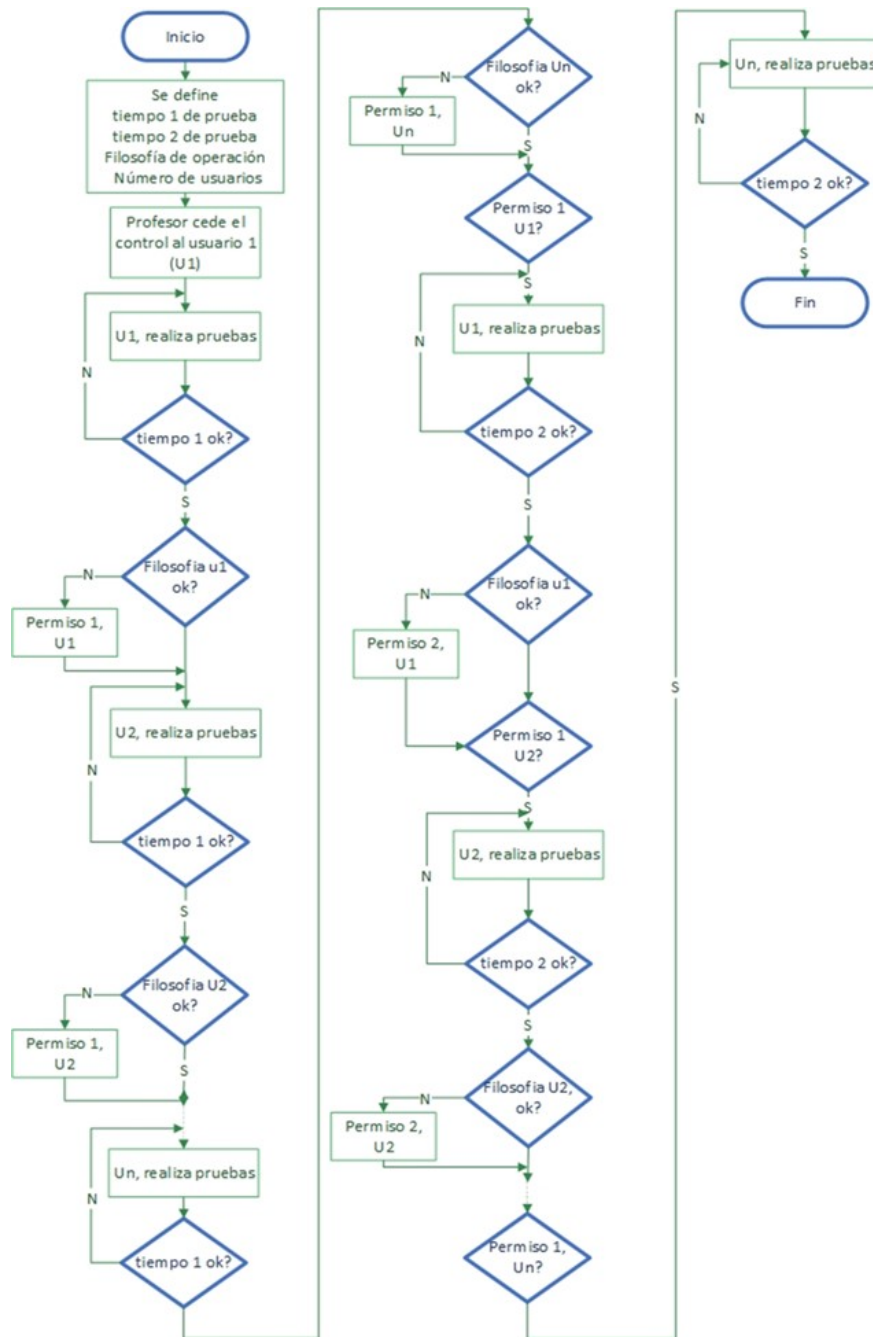


Figura 6. Diagrama de flujo de planeación de la asignación para los usuarios del esquema propuesto

CONCLUSIONES

Sin duda, en un tiempo de pruebas acotado, el número de usuarios se limita a la disponibilidad de procesos virtual-real. En este sentido, incrementar la cota de tiempo y el número de procesos virtual-real incrementa el número de usuarios y a la vez demandar mayor disponibilidad del profesor, pero si el profesor realiza la planeación de manera adecuada, no se evita retrasos ya que la interacción del profesor durante la fase de prueba sería esporádica

e incluso esta tarea técnica puede ser asignada a un técnico de laboratorio. Algunas de las desventajas que se pudieran presentar en este ejercicio es la vulnerabilidad a datos expuestos en la PC in situ y plagio por pantalla expuesta a todos los usuarios, sin embargo, esto puede ser minimizado, si la PC in situ se destina de manera exclusiva y los proyectos de cada usuario (equipo de trabajo) son diferentes.

La planeación de la asignación se realiza de manera sistemática para los usuarios del esquema propuesto permite la utilización óptima de los recursos materiales como humanos. Aunado a esto, la propuesta se puede emplear en cualquier otro curso de la ingeniería aplicada de diversos programas educativos, en donde los procesos a utilizar sean manipulados por las NTICs.

BIBLIOGRAFÍA

- C.S. Tzafestas, N. P. (2006). Virtual and Remote Robotic Laboratory: Comparative Experimental Evaluation. *IEEE Trans. Educ.*, 49(3), 360-369.
- Canizares, C. & Faur, ZFaur, C. A. (1997). Advantages and disadvantages of using various computer tools in electrical engineering courses. *IEEE Transactions on. Education*, vol. 40(3), pp. 166-171. <https://ieeexplore.ieee.org/document/618025>
- J.E. Corter, J., Nickerson, J., Esche, S. y Chassapis, C. N. (20-23 de octubre de 2004). Remote versus Hands-On Labs: A comparative Study. 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Am. Soc. for Eng. Education (ASEE)/IEEE Frontiers in Education Conf, (pp. 17-19). Savannah, GA. https://www.tc.columbia.edu/faculty/jec34/faculty-profile/files/sapis_Remotevs.hands-onlabs_Acomparativestudy..PDF
- García, O., Rodríguez, E. y Rodríguez, A. (2015). La tecnología aplicada a la enseñanza de las Ciencias Básicas. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, núm. 2. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/135>
- L. Gomes, a.L. & Bogosyan, S. (2009). Current Trends in Remote Laboratories. *IEEE Transactions on. Industrial. Electronics.*, vol. 56(12), pp. 4744-4756. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5280206>
- M. Llamas-Nistal, M. & Caeiro, M. & Castro, M.C.-R. (2010). Use of E-Learning Functionalities and Standards: The Spanish Case. *IEEE Transactions on. Education.*, vol. 54(4), pp. 540 - 549. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=-4jE0ywAAAAJ&citation_for_view=-4jE0ywAAAAJ:_FxGoFyzp5QC
- O. García Calvillo, A. R. (2015). La tecnología aplicada a la enseñanza de las ciencias básicas. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 1-8.
- R. Pastor, R., Tovar, E., Plaza, I., Castro, M., Llamas, M., Arcega, F., Díaz, G., Falcone, F., Jurado, F., Sánchez, J., Domínguez, M., Mur, F. y Carpio, J.E. T. (2009). Los recursos

tecnológicos para la teleformación en España: comparativa e implementación. IEEE-RITA, 4(1), 27–36.

Tzafestas, C., Palaiologou, N. & Alifragkis, M. (2006). Virtual and Remote Robotic Laboratory: Comparative Experimental Evaluation. IEEE Transactions on Education, vol. 49(3), 360-369.
https://www.researchgate.net/publication/3051102_Virtual_and_Remote_Robotic_Laboratory_Comparative_Experimental_Evaluation