

Laboratorios virtuales: herramientas para desarrollar competencias en el diseño de automatismos en estudiantes de ingeniería

Virtual laboratories: tools to develop skills at designing automatisms in engineering students

Luis Miguel Zabala Gualtero¹, Jorge Enrique Meneses Floréz², Alfredo Santana Díaz¹

¹Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Toluca, México

²Laboratorio de Automatización Industrial, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

luis.zabala@invitados.itesm.mx; jmeneses@uis.edu.co; asantana@itesm.mx

Resumen. El avance acelerado de nuevas tecnologías usadas en la industria requiere formar profesionales que se adaptan fácilmente a la actualización continua de conocimientos. Esto exige a las universidades en la implementación de nuevos métodos de enseñanza que proporcionen a los estudiantes las herramientas para enfrentar los retos de la industria. Como solución, las instituciones de alto prestigio sugieren la utilización de laboratorios virtuales (LV), por ser un medio innovador en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes. Este artículo tiene como objetivo dar inicio a la construcción de máquinas de realidad virtual (VRM) de bajo costo; máquinas para el equipamiento de los laboratorios de automatización y redes industriales, que posteriormente serán empleadas por los estudiantes de ingeniería para desarrollar sus competencias profesionales. LV creado por el laboratorio de automatización industrial (LabAI) guiado por el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Los LV se componen de VRM que simulan modelos de maquinarias utilizadas en procesos reales, que son visualizados en la computadora.

Palabras clave: *Laboratorio de realidad virtual, Máquinas de realidad virtual, Desarrollo de competencias en estudiantes de ingeniería, Herramienta de apoyo.*

Abstract. Hastened advance of new technologies used in the industry requires to train professionals who adapt easily to the continuous knowledge updating. The above, implies for universities the implementation of new teaching methods that provide students enough tools to meet the challenges of the industry. As a solution, high-prestige institutions suggest the use of Virtual Laboratories (VL), as an innovative resource in student's teaching-learning process. This article aims to start the construction of low cost Virtual Reality Machines (VRM); machines for the equipment of automation laboratories and industrial networks, which will later be used by engineering students to develop their professional skills. VL are composed of VRM that simulates real processes used in machinery models, which are displayed on the computer. These have real or emulated communication with sensors, actuators and controllers. This project is the preamble of two universities to improve the infrastructure of laboratories according to the new educational system.

Keywords: *Real virtual laboratory, Virtual reality machines, Development of skills in engineering students, Support tools.*

1 Introducción

La industria cada vez exige que las competencias de los estudiantes que reciben grado sean más altas. En el ámbito de la mecatrónica y control de procesos industriales, por ejemplo, se presenta una evolución a nivel tecnológico en el mejoramiento de procesos cada vez más rápidos, de bajo costo y de mejor calidad. Esto es muy notable en los diferentes equipos que existen en sus líneas de producción. Para mantenerse al día con los avances continuos, es indispensable que la persona en su cargo profesional lleve consigo competencias al margen del desarrollo de automatismos enfocados hacia el mejoramiento continuo de la producción [1]. Por lo anterior, es fundamental que las universidades proporcionen los materiales que les permitan a los estudiantes desarrollar estas capacidades, lo que implica una gran inversión en la obtención de equipos industriales que mejoren sus laboratorios.

Este artículo se pretende mostrar la construcción de tres máquinas de realidad virtual (VRM) producto de un proyecto de grado [2] para dar inicio a una metodología para el desarrollo de competencias, que doten un laboratorio virtual (LV), como una solución a bajo costo del equipamiento que necesitan los laboratorios de automatización industrial de los diferentes programas de ingeniería. A la vez, implementar plataformas tecnológicas de aprendizaje que motiven a los estudiantes, con medios visuales de fácil acceso para todos ellos [3]. De esta manera, eliminar la limitación de horarios de aprendizaje y la restricción de cupos a los diferentes equipos del laboratorio. Igualmente, los equipos físicos se pueden dañar por falta de mantenimiento, por mal uso, o como es de esperarse en el aprendizaje, por errores cometidos por los estudiantes durante la programación de una secuencia específica en la automatización de un proceso [4]. En este sentido, el laboratorio virtual le brinda al estudiante la oportunidad de equivocarse y de practicar lo que estudia sin alguna consecuencia o restricción.

La creación de VRM consta de varios pasos, que van desde la creación de los componentes físicos, utilizando diseño asistido por computadora (CAD), hasta la comunicación de cada componente del CAD. El Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y la Universidad Industrial de Santander (UIS), así como muchas otras universidades de México y Colombia, cuentan con licencias de algunos softwares que les permite la creación de VRM, así los estudiantes aparte de aprender con las VRM, pueden crear nuevas VRM. Por lo anterior, esta primera etapa, se plantea la creación de un laboratorio conjunto entre ambas instituciones ITESM-UIS, donde ambas desarrollan VRM para dotar un LV.

Trabajos realizados en el campo de la mecatrónica han demostrado que las VRM son una gran solución a problemas de falta recursos para la obtención de prototipos físicos. La ingeniera Luna Jiménez, en la Universidad Nacional Autónoma de México, programó una mesa de coordenadas capaz de reconocer el color, la posición y reubicar fichas en un tablero [5]. Igualmente, en la Universidad Politécnica de Tlaxcala, diseñaron un equipo cortador de madera en un software CAD, que permite visualizar su desempeño antes de la fabricación [6]. Y la ingeniera Laura Hernández, simuló los aspectos mecánicos, electrónicos y sistemas de control, evaluando conceptos de diseño antes de construir un prototipo [7]. Estos autores y autoras utilizaron SolidWorks para la elaboración del CAD y LabVIEW para su

correspondiente programación, con el módulo SoftMotion que permite la comunicación entre estos dos softwares.

En [8] utilizaron LabVIEW para la emulación del funcionamiento interno de un autómata programable (PLC), por cuestiones de ahorro de costos en la adquisición física del PLC y de elementos utilizados para domótica. Así, el trabajo muestra cómo pueden crear un proceso sin la necesidad de adquisición de elementos, pero con todas las necesidades a cubrir si los adquirieran. También muestra que LabVIEW es una plataforma ideal para el prototipado, diseño y desarrollo de algoritmos de control [9], que facilita la visualización en 3D.

Debido a que algunos sistemas de comunicación utilizados en empresas no son lo suficientemente efectivos para suplir sus requerimientos, se generó la necesidad de crear un software que permita incluir cualquier producto e intercambiar datos sin ninguna limitación de hardware [10]. National Instrument creó su módulo de NI OPC Server, el cual permite la comunicación sencilla con cualquier PLC al LabVIEW. Así se puede diseñar cualquier interfaz en LabVIEW que comunique simultáneamente la programación del PLC con el software CAD [11]. Lo cual nos deja claro que, para la realización de una VRM controlada por un PLC, necesitaremos de un software de CAD, de uno de comunicación y de uno que programe el PLC [12], ya que en este trabajo se utilizaron SolidWorks, LabVIEW y TIA Portal v13 respectivamente.

Como se había comentado antes, el estudiante debe programar el PLC (el cual se encuentra físicamente) por medio de la interfaz de programación (en este caso TIA Portal v13), que permite la entrada y salida de señales hacia la VRM como muestra la figura 1. Para esto, el estudiante tendrá que tener unas competencias básicas de programación, donde utilicen diferentes métodos de diseño como: mapas de Karnaugh, Grafcet, Gemma, y por medio de la VRM se podrá verificar lo diseñado, la cual hace una simulación a lo real (como se aprecia en la figura. 2).

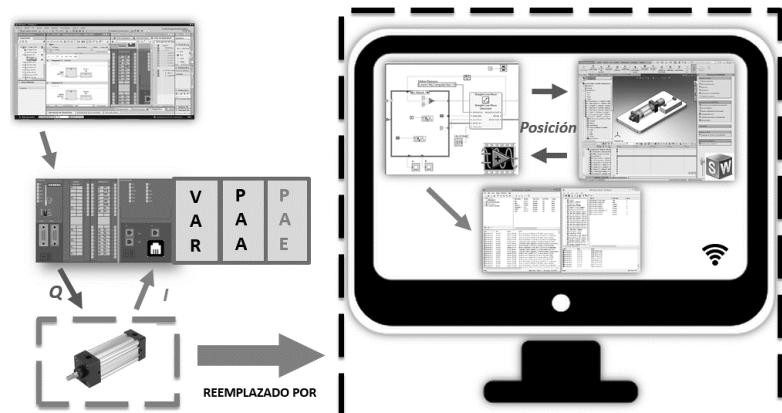


Fig 1. Esquema básico sobre la ubicación de la VRM.

Por lo tanto, el operador/estudiante tiene un diálogo directo por medio de la programación al controlador físico, el cual recibe señales de entrada de los sensores y genera señales de salidas (la cuál es por conexiones eléctricas, que pueden ser virtuales) hacia los pre-actuadores, que, a su vez, activan los actuadores para controlar la máquina. Los sensores, pre-actuadores, actuadores y máquina necesitan

de energía para funcionar, pero todo está simulado virtualmente, la cuál es el conjunto que constituye la VRM. La figura 3 muestra un esquema que explica más expeditamente lo anterior.

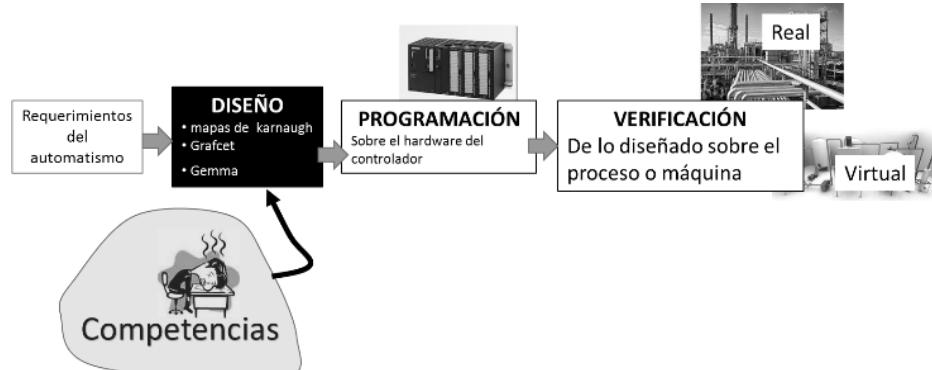


Fig 2. Línea de verificación a lo diseñado.

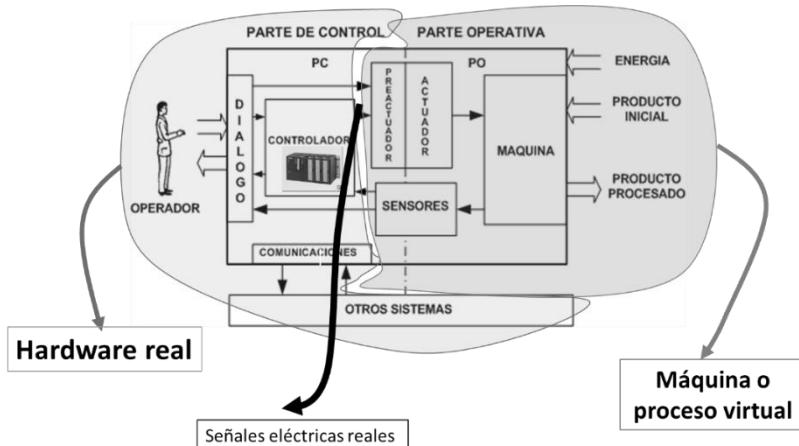


Fig 3. Esquema del Hardware real y de la máquina o proceso de realidad virtual.

2 Desarrollo

Las VRM son modelos en 3D de alta definición y con un alto nivel de detalle y así el LV será igualmente de alta definición. Para lograr lo anterior, es necesario elaborar cada componente al máximo detalle; donde se presentan los mismos actuadores, sensores, considerados en una línea de producción de la industria real y en la cual se puede comunicar vía PROFIBUS por medio de un PLC. Ya con las VRM elaboradas se procede a realizar la comunicación a un PLC y que el estudiante pueda interactuar, la figura 4 muestra un resumen general de los pasos de la metodología que se siguió.

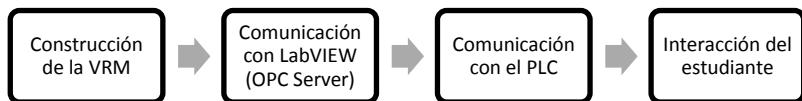


Fig 4. Resumen de la metodología para la interacción del estudiante

2.1 VRM en SolidWorks para equipar el LV

La construcción de una VRM debe dar la sensación de una línea industrial real, la figura 5 muestra la comparación de un banco de pruebas real y uno virtualizado, el cual cuenta con una interfaz hombre-máquina (HMI), una parte operativa de control y la VRM donde están a detalle los componentes físicos industriales.

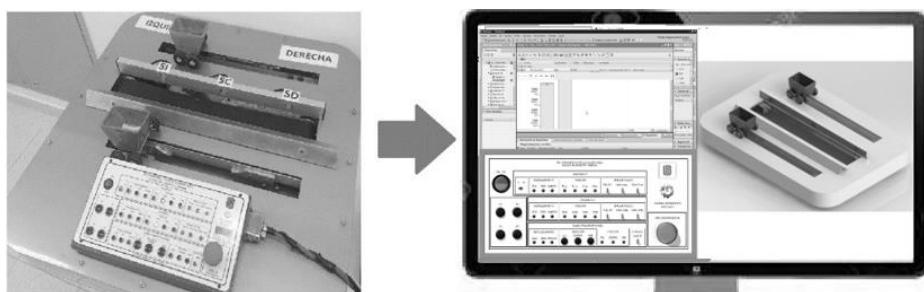


Fig 5. Comparación de un banco de pruebas real con una VRM

La construcción de tres máquinas se puede apreciar a detalle en la tesis de pregrado [2] en las cuales sobresale las mostradas en la figura 6, que cuentan como bancos que equipan el LV. Y en la misma figura 11 a la parte derecha se pueden apreciar las HMI de cada una de las VRM, con la que el estudiante puede interactuar (dependiendo la programación de la parte de control) directamente con la VRM.

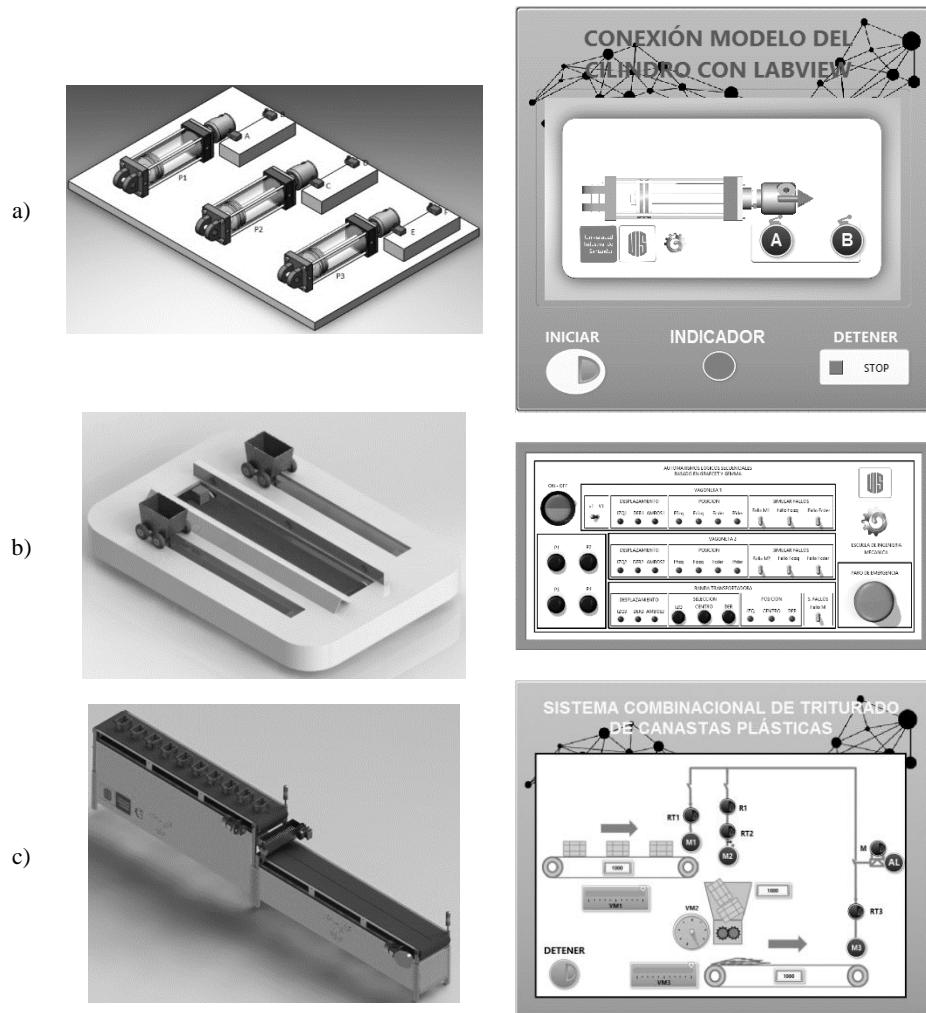


Fig 6. a) Banco de cilindros, b) Banco de vagonetas, c) Trituradora de canastas plásticas [3*]

2.2 Interacción con la VRM

La interacción del estudiante con la VRM cuenta de 3 partes básicas dependiendo del nivel o curso en que se encuentra el mismo, en la figura 7 se aprecia: la sección de control/programación de la VRM (sección izquierda superior), HMI (sección izquierda inferior) y la visualización de la VRM (sección derecha).

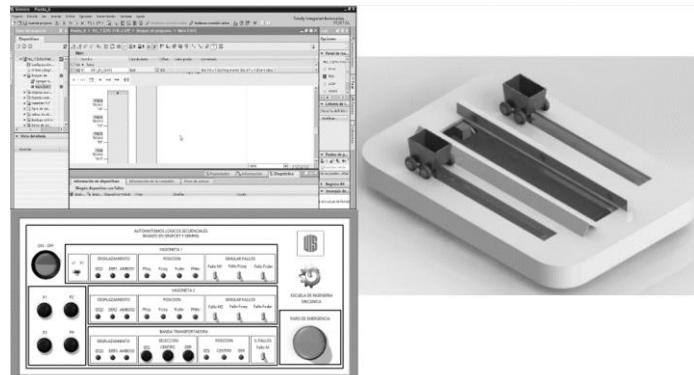


Fig 7. Interacción del estudiante con la VRM

3 Resultados

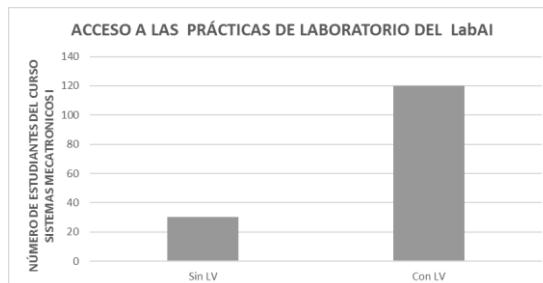
Este artículo es fundamento de la terminación de dos proyectos de grado de cuatro estudiantes para optar al título de Ingenieros Mecánicos en la UIS. Lugar donde se plantea realizar 7 VRM adicionales, apoyados en objetos de aprendizaje que permiten equipar el LabAI. En el mismo sentido, se realizó la capacitación de 10 estudiantes de la carrera Ingeniero en Mecatrónica (IMT) del ITESM campus Toluca, para empezar la construcción de nuevas máquinas VRM más robustas.

Este laboratorio de realidad virtual tiene un impacto directo en diferentes cursos de diferentes carreras, tanto en la UIS, como en el ITESM (ver tabla 1). Con él se orienta el aprendizaje y el desarrollo del programa de curso de las materias.

Tabla 3. Cursos en los que el LV impacta directamente para el aprendizaje de los estudiantes

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY		
Carrera	Curso	Semestre
Ingeniero en Mecatrónica	Informática industrial	Segundo
	Laboratorio de automatismos lógicos	Cuarto
	Ingeniería de control	Sexto
	Redes industriales	Séptimo
	Proyecto de redes industriales	Séptimo
	Laboratorio de mecatrónica	Octavo
	Laboratorio integral de control automático	Octavo
	Robótica industrial	Noveno
	Fundamentos de redes	Quinto
Ingeniero en Sistemas Digitales y Robótica	Interconexión de redes	Sexto
	Ingeniería de control	Séptimo
	Laboratorio de ingeniería de control	Octavo
	Sistemas integrados de manufactura	Sexto
Ingeniero Industrial y de Sistemas	Laboratorio de sistemas integrados de manufactura	Sexto
	Laboratorio de diseño y optimización de operaciones	Octavo
	Automatización de procesos	Tópico
	Sistemas de control	Sexto
Ingeniero Mecánico Administrador	Manufactura avanzada	Noveno
	Ingeniería de control	Séptimo
	Ingeniería de manufactura	Séptimo
	Diseño y simulación de máquinas	Séptimo
Ingeniero Mecánico Electricista	Laboratorio de procesos de fabricación	Octavo
	Laboratorio de ingeniería de control	Noveno
	Sistemas de control	Séptimo
	Laboratorio de procesos de fabricación	Octavo
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER		
Carrera	Curso	Semestre
Ingeniería Mecánica	Sistemas mecatrónicos I	Séptimo
	Ingeniería de control	Octavo
	Sistemas mecatrónicos II	Electiva profesional
	Autómatas programables	Electiva profesional

El impacto al curso de Sistemas Mecatrónicos I en la UIS se aprecia en la figura 8. Antes del primer semestre del año 2017 solo tenía acceso a las prácticas en el LabAI un 25% de los estudiantes que llevan el curso; desde el primer semestre del 2017, el 100% de los estudiantes que llevan el curso tiene acceso a las prácticas en el LabAI de forma: física y virtual.

**Fig. 15.** Impacto en el número de estudiantes que pueden acceder a las prácticas de laboratorio del LabAI

4 Conclusiones

La creación de VRM permite la implementación de un LV de bajo costo, opción atractiva para el equipamiento de la UIS. En este trabajo fue presentada una primera etapa de aprendizaje en la elaboración de VRM para la construcción de un LV en la UIS, con la cual todos los estudiantes de la carrera Ingeniería Mecánica tendrán acceso y así desarrollarán habilidades que busca la industria.

En el ITESM la creación de más VRM es de gran utilidad para empezar a usarlas en los diferentes cursos. Aunque ya se cuenta con algunos campus donde se implementan, todavía falta por cubrir el 80% de las materias del plan de estudios. Este proyecto innovador y de gran impacto genera el diseño y la construcción de nuevas VRM que equipen el LV. Lo anterior enriquece el número de prácticas de laboratorio para los estudiantes de ingeniería, permitiéndoles, en consecuencia, alcanzar una mayor destreza en sus habilidades, pues contarían con un horario sin límites para practicar.

Agradecimientos

Se le agradece al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y al Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz (CIMA) por los recursos proporcionados. De igual forma, a la Universidad Industrial de Santander (UIS) y su laboratorio de Automatización Industrial (LabAI) por todo el apoyo prestado en el desarrollo del artículo.

Referencias

1. Vallejo A., Macías M.: Laboratorio de Realidad Virtual para la Automatización de Procesos, una Alternativa 267 Innovadora en la Educación. 2395-9711 (2013).
2. Pulido J., Zafra R.: Objetos de aprendizaje para el diseño de automatismos lógicos programables. Tesis de pregrado, 298 Escuela de Ingeniería Mecánica. Bucaramanga, Colombia (2017).
3. Kist A., Maxwell A. D.: Network Performance and Quality of Experience of Remote Access Laboratories. 270 International Journal of Online Engineering, Vol. 8(4), 50-57 (2012).
4. Macías M., Méndez I.: TeleLab - Remote Automations Lab in Real Time. ASEE/IEEE, Vol. 38, 15-20 (2008) 0190-5848.
5. Jiménez C.: Diseño e Implementación de un Prototipo Virtual de una Mesa de Coordenadas. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, (2014).
6. Carro J., Flores I., Flores F.: Simulación y Control de un Sistema Mecatrónico Aplicando Diseño Asistido por Computadora. XI Congreso Nacional de Mecatrónica, Villahermosa, México, 41-46 (2013) 978-607-95347-7-6.
7. Hernandez L.: NIDays Graphical System Design Technical Symposium. National Instrument: Ciudad de México, 275 México. Edición electrónica, 2012 (citado 3 julio 2017). Disponible en 276 URL: http://ftp.ni.com/pub/branches/latam/Mexico/NIDays%202012/Foro%20Académico/NI%20LabVIEWy_Solid277Works_para_Integrar_Sistemas_de_Movimiento.pdf
8. Montalvillo M.: Emulador de PLC Mediante LabVIEW. Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de 279 Valladolid, Valladolid, España, 1-296, (2016).
9. Luther E.: LabVIEW 3D Control Simulation Using SolidWorks 3D Models. Open Sta x-CNX, Universidad Rice, 281 Houston, Estados Unidos. (citado 4 julio 2017) Disponible en URL: 282 <http://cnx.org/contents/ccW6dpb3@4/LabVIEW-3D-Control-Simulation- 283>
10. Pascual F., Pérez M.: OPC-LabVIEW. Centro Integrado Politécnico ETI: Tudela, España. 2010. Edición electrónica, (citado 4 julio 2017). Disponible en URL: <http://http://www.etitudela.com/entrenadorcomunicaciones/dow285 nloads/12opcLabVIEW.pdf>

11. Juárez R., Álvarez A., García E., Betancourt A.: Comunicación OPC para Monitoreo de Datos Analógicos en Tiempo Real (PLC300-KepserverEx-LabVIEW. En: X Congreso Nacional de Mecatrónica, Puerto Vallarta, México, 16-19 (2011) 978-607-95347-5-2.
12. Nader N. B., Chin P. R.: Ethernet Control AC Motor vía PLC Using LabVIEW. Scientific Research, Vol. 2(4), 330-339 (2011) 0190-5848.