

Diseño de Prácticas de Laboratorio para las Asignaturas en el Área de Automatización,
Instrumentación y Control utilizando el Sistema de Tanques Rectangulares Acoplados del
Laboratorio de Control e Instrumentación

Diego Alexander León Duarte y Sergio Andrés Villarreal Rojas

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Electrónico

Director

Ricardo Alzate Castaño

Doctor en Automática

Codirector

María del Pilar Vargas Daza

Magister en Pedagogía

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A mi padre por sus grandes enseñanzas y ser un digno ejemplo para seguir en todo momento.

A mi madre por su infinito amor, paciencia y comprensión durante toda mi vida.

A mis hermanos por su confianza y apoyo incondicional.

A mi compañera de vida, por estar a mi lado a pesar de las adversidades, por ser la luz que ayuda a iluminar mi camino.

A todas las personas que hicieron parte de mi proceso durante mi paso por la universidad.

Esto es para ellos. (Diego Alexander León Duarte)

A mis amados sobrinos Anna Sophia y José Alejandro quienes son mi inspiración constante para seguir adelante.

A mi Padre Juan Carlos por su apoyo durante este proceso académico.

A mi hermana Leidy Janeth por su amistad, apoyo y amor que me ayudó a crecer como persona y profesional.

A mis tías quienes siempre han estado presentes en mi vida brindándome su amor.

A todos aquellos quienes han pasado en el transcurso de mi pregrado. (Sergio Andrés Villarreal Rojas)

Agradecimientos

Agradezco especialmente a mi familia por su confianza y apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera. De igual forma agradezco a mi compañero de proyecto de grado, a toda la comunidad UIS, a los profesores y amigos que tuve el privilegio de conocer y que me brindaron sus conocimientos y a quienes de una u otra manera influyeron para la realización de este proyecto.

Finalmente, agradezco a mis directores de trabajo de grado, por su orientación, confianza, esfuerzo y apoyo incondicional para culminar este proyecto de manera exitosa. (Diego Alexander León Duarte)

Agradezco a mi madre y a mi hermana por estar presentes en cada momento de mi vida, amándome y acompañarme en cada una de mis victorias y fracasos, De igual manera agradezco a mi familia que han estado incondicionalmente para mí desde que era un niño, a todas las personas que tuvieron un papel en esta historia llamada vida, a mis amigos Valentina y Fernando quienes han contribuido a mi crecimiento personal y que con su cariño lograron levantarme de muchas situaciones complejas, a mi compañero de proyecto de grado por su trabajo, a mis directores por su dedicación e interés por este proyecto de grado y todos los conocimientos adquiridos a través de ellos.

Finalmente, Agradezco a Dios ya que sin él nada de esto hubiese sido posible y a mi nono José Olivo quien marcó mi vida para siempre y llevo en mi corazón cada uno de los días. (Sergio Andrés Villarreal Rojas)

Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Formulación del problema	13
2. Objetivos	15
2.1 Objetivo general.....	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. Metodología implementada para diseño y evaluación de la secuencia didáctica	16
3.1 Competencias.....	16
3.2 Enfoque basado en formación por competencias.....	19
3.3 Aprendizaje significativo	21
3.4 Metodología JiTT.....	25
3.5 Secuencia didáctica.....	27
3.6 Componente disciplinar de la secuencia didáctica.....	29
3.7 Análisis de las secuencias didácticas diseñadas.....	31
3.8 Procedimiento de evaluación para secuencias didácticas	37
4. Conclusiones	42
5. Recomendaciones	44
6. Trabajo futuro	44
Referencias bibliográficas.....	45

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Concepto de competencias desde el enfoque socioformativo	18
Figura 2. Elementos básicos del aprendizaje significativo	24
Figura 3. Composición guía de laboratorio elaborada	32
Figura 4. Recursos necesarios para el desarrollo de la práctica.....	33
Figura 5. Actividades por realizar en la práctica	34
Figura 6. Actividades de trabajo individual y proceso de autoevaluación	35
Figura 7. Respuestas encuesta para guía N°1: Automatización de Procesos.....	39
Figura 8. Respuestas encuesta para guía N°2: Automatización de Procesos.....	39
Figura 9. Procedimiento general de evaluación de las secuencias didácticas.....	41

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Componentes de una secuencia didáctica por competencias	28
Tabla 2. Resultados encuesta construcción guías: Automatización de Procesos.....	31
Tabla 3. Comentarios adicionales por encuesta (Pregunta 9)	40

Lista de Apéndices

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice A. Encuesta para la estructuración de las prácticas

Apéndice B. Guía general para todas las asignaturas

Apéndice C. Diseño de una secuencia de llenado y vaciado del líquido de un sistema de tanques empleando los actuadores de la planta

Apéndice D. Diseño e implementación de HMI para supervisión de un proceso

Apéndice E. Diseño de diagramas P&ID

Apéndice F. Calibración sensor de ultrasonido

Apéndice G. Identificación y parametrización de modelos a partir de datos experimentales

Apéndice H. Control de nivel para un sistema de tanques acoplados

Apéndice I. Encuesta de evaluación de las guías de laboratorio

Resumen

Título: Diseño de prácticas de laboratorio para las asignaturas en el área de automatización, instrumentación y control, utilizando el sistema de tanques rectangulares acoplados del laboratorio de control e instrumentación*

Autores: Diego Alexander León Duarte y Sergio Andrés Villarreal Rojas**

Palabras Clave: Control y Automatización; Formación Basada en Competencias; Prácticas de Laboratorio; Secuencias Didácticas de Aprendizaje.

Descripción:

El presente trabajo de grado aborda el diseño de prácticas de laboratorio para las asignaturas del área de automatización y control, del programa de Ingeniería electrónica de la Universidad Industrial de Santander, haciendo uso de un prototipo de sistema experimental para el proceso de llenado de tanques a pequeña escala. Inicialmente, se realiza una indagación con profesores de planta adscritos a la E3T-UIS responsables del área disciplinar, al respecto de las competencias y los temas a ser explorados en dos prácticas de laboratorio para cada una de las asignaturas: Automatización de Procesos, Instrumentación Electrónica y Control II. Posteriormente, con el acompañamiento de un profesional en el área de pedagogía (adscrito al CEDEUIS) se realizó la formulación para secuencias didácticas mediante un enfoque de formación basado en competencias, constituido a partir de aprendizaje significativo utilizando la metodología JiTT (Just-in-Time Teaching). Las secuencias didácticas construidas fueron evaluadas por personal docente de laboratorio y estudiantil de pregrado, buscando identificar fortalezas y aspectos susceptibles de mejora en los procedimientos. El material propuesto en el presente trabajo de grado, deberá ser considerado como parte esencial de las actividades prácticas de las asignaturas mencionadas y complementado por desarrollos similares en otros prototipos de laboratorio disponibles.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Ricardo Alzate Castaño. Doctor en Automática. Codirector: María del Pilar Vargas Daza. Magister en Pedagogía.

Abstract

Title: Design of practical experiences for courses of the Control and Automation area, employing a coupled-tank system at the Instrumentation and Control Laboratory*

Authors: Diego Alexander León Duarte and Sergio Andrés Villarreal Rojas**

Keywords: Automation and Control; Competency-based Learning; Practical Experiences; Didactic Sequence Approach.

Description:

This project addresses the formulation and implementation of practical experiences involving courses of the Automation and Control Systems area of the Bachelor Degree Program on Electronics Engineering at the Universidad Industrial de Santander (UIS). By doing so, a coupled-tank system currently available at the Control and Instrumentation Laboratory of the Electrical Engineering School (E3T), was employed as the test rig. First of all, a preliminary definition of key competences to be enhanced and topics to be covered by two practical lectures in the courses of Automation, Electronic Instrumentation and Control II, was performed with participation of Faculty members of the E3T-UIS concerned with the academic area. Then, supported by the guidance of a professional in Education, a didactic component was included to complement the technical aspects by employing a competency-based learning model constructed upon didactic sequences and the JiTT (Just-in-Time Teaching) methodology. In accordance, practical sessions (two for each course) were proposed and furtherly tested by laboratory teachers and students verifying the correctness of all tasks proposed and collecting the perceptions and suggestions for improving it. The material proposed, should be employed as an integral part of the practical component for the aforementioned courses and also complemented by new material developed on other laboratory prototypes currently available.

* Degree Work

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: Ricardo Alzate Castaño. Doctor en Automática. Codirector: María del Pilar Vargas Daza. Magister en Pedagogía.

Introducción

Con la aparición de la denominada Industria 4.0 la humanidad acepta la incorporación masiva de la información y la tecnología en los procesos de fabricación, constituyendo la automatización moderna. Dicha evolución tecnológica de los sistemas productivos se encuentra motivada, entre otras cosas, por la interacción de unidades que dejan de operar en modo aislado para constituir redes de producción. Todo lo anterior demuestra el grado de adaptación tecnológica que requiere un mundo con problemas complejos y que demanda soluciones eficientes no sólo desde el punto de vista económico, sino también energético y medio ambiental, garantizando una industria sostenible.

De esta manera se verifica la necesidad en los programas de formación académica profesional por incluir experiencias formativas que faciliten en los estudiantes la comprensión y el apropiamiento de herramientas tecnológicas para adecuar los procesos de producción y transformación de materias primas, insumos y servicios, a las necesidades del mundo actual, con su respectivo impacto en la industria y la sociedad. En particular, desde su más reciente reforma académica en el año 2014 el Programa de Pregrado en Ingeniería Electrónica de la Universidad Industrial de Santander incorporó dentro de su plan de formación a la asignatura Automatización de Procesos, que junto con las asignaturas Control II e Instrumentación Electrónica constituyen un mecanismo directo para satisfacer las motivaciones anteriormente presentadas.

A nivel de infraestructura de laboratorio, la E3T cuenta con un espacio (LAT 209) denominado Laboratorio de Control e Instrumentación, el cual está destinado para desarrollar las prácticas correspondientes a las asignaturas de pregrado relacionadas con el control de procesos

industriales. La concepción inicial de dicho laboratorio fue diseñada en los trabajos de grado: “Planeación, diseño y realización del laboratorio de instrumentación electrónica para la E3T” (Novoa Diaz & Prada Mejía, 2001), “Sistema de gestión para un prototipo de sistema SCADA en el laboratorio de instrumentación electrónica de la E3T” (Torres Sanchez & Ramirez Vega, 2007) y “Diseño del proyecto para implementación de una sala TIA y adaptación de un proceso industrial para desarrollo de prácticas de entrenamiento en las áreas de instrumentación, automatización y control” (Neita Duarte & Prada Medina, 2008). Asimismo, como parte de la dotación de equipos de este laboratorio se han desarrollado prototipos funcionales de procesos a escala, incluyendo los trabajos de grado: (Peñaranda et al., 2014) en análisis y control de un sistema de tanques en cascada empleando un controlador PID industrial, complementado en (Acelas Suarez & Mendoza Diaz, 2016) por el control para el mismo proceso empleando un PLC SIEMENS S7-1200, en (Camacho Pineda, 2019) agregando un sensor de flujo y la operación a través de un PLC de alta gama SIEMENS s7-1500 y (Muñoz et al., 2013) en la adecuación para un prototipo de control de velocidad en un motor de inducción trifásico. De manera más reciente, Robles y Galvis realizaron en (Robles & Galvis, 2018) la adecuación funcional de un sistema de tanques rectangulares acoplados para control de nivel empleando un PLC COMPACTLOGIX 1769-L32E.

Otros trabajos de grado orientados a la verificación experimental de la operación automatizada de prototipos a escala incluyen la instrumentación y puesta en marcha de un control de nivel de líquidos empleando un PLC ALLEN-BRADLEY (Atuesta Robledo & Velandia Suárez, 2016); el control en el espacio de estados para un prototipo real de péndulo invertido (Herrera Sepúlveda & Melo Pinzón, 2013) y el control LQR para un prototipo real de péndulo invertido (Amarís de Arco & Benavides Robles, 2016).

Adicional a lo anterior, la Universidad Industrial de Santander posee dentro de su estructura organizacional un Centro para el Desarrollo de la Docencia (CEDEDUIS), apoyando los procesos pedagógicos de enseñanza y aprendizaje como parte de las actividades misionales del quehacer universitario. Asimismo, a través de la Vicerrectoría Académica se desarrollan procesos permanentes de aseguramiento de la calidad para vigencias de acreditación y registros calificados en los programas que oferta la Universidad Industrial de Santander. Para el caso particular del programa de pregrado en Ingeniería Electrónica, este obtuvo acreditación de alta calidad del Ministerio de Educación Nacional por un periodo de 6 años según Resolución 10255 de 2018 y concibe un proyecto educativo de programa basado en competencias, mismas que se encuentran claramente definidas en los Syllabus de cada una de sus asignaturas.

A pesar de ello, en la E3T-UIS las asignaturas relacionadas con el control de procesos industriales no cuentan con un conjunto de prácticas de laboratorio que integren la funcionalidad de los recursos del Laboratorio de Control e Instrumentación a sus procesos académicos. Por tanto, se requiere aunar esfuerzos para construir y orientar actividades de laboratorio en las asignaturas mencionadas, que permitan satisfacer las competencias educacionales del programa de formación no sólo desde un punto de vista técnico sino también pedagógico.

1. Formulación del problema

Actualmente el Laboratorio de Control e Instrumentación de la E3T-UIS, ubicado en el Edificio de Alta Tensión de la Universidad Industrial de Santander, cuenta con un sistema funcional de tanques rectangulares acoplados, adecuado por Robles y Galvis en (Robles & Galvis, 2018). Sin embargo, todavía se requieren prácticas de laboratorio que a través del uso del prototipo faciliten fortalecer las competencias experimentales de los estudiantes E3T en el área de control, instrumentación y automatización de procesos industriales. De esta manera, se posibilitan en los alumnos experiencias formativas de acercamiento a problemas reales como transducción para sensado de variables físicas, ruidos de medición, límites de actuación y restricciones de operación del proceso, entre otros factores.

La elaboración de las prácticas debe satisfacer no solamente objetivos de tipo técnico, sino también pedagógico. Para ello es importante construir material didáctico consistente con los objetivos educacionales (en particular, las competencias) y estrategias metodológicas tanto del programa académico como de la asignatura o grupos de asignaturas para las cuales se aplique.

Una vez establecido este piloto de diseño e incorporación de prácticas de laboratorio, será posible extenderlo a otros prototipos funcionales desarrollados a partir de varios trabajos de grado.

A partir de lo anterior, se plantean inquietudes como las siguientes: ¿Cómo proponer prácticas de laboratorio para las asignaturas de pregrado en la E3T-UIS relacionadas con el control de procesos industriales? ¿Cuál es la manera correcta de satisfacer a través de una práctica de laboratorio los objetivos educacionales del programa desde una perspectiva técnica y pedagógica?

¿Cómo aprovechar la infraestructura de laboratorio existente para desarrollar habilidades prácticas en el control de procesos industriales?

El presente trabajo de grado busca realizar aportes direccionados a la formación de recurso humano en el uso de tecnologías aplicadas a la automatización de procesos industriales, constituyendo una base para posteriores desarrollos en el contexto del control y la instrumentación electrónica.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar prácticas de laboratorio para las asignaturas en el área de automatización, instrumentación y control utilizando el sistema de tanques rectangulares acoplados del laboratorio de control e instrumentación

2.2 Objetivos específicos

Definir, con la participación del cuerpo docente de la E3T-UIS, las características técnicas de dos prácticas de laboratorio sobre un prototipo de sistema de tanques rectangulares acoplados, para cada una de las asignaturas del área de control e instrumentación electrónica;

Establecer, con la supervisión del CEDEDUIS, guías de laboratorio que satisfagan los requerimientos pedagógicos del programa y de las asignaturas, en la ejecución de las prácticas de laboratorio diseñadas;

Desarrollar pruebas piloto con estudiantes para evaluar y ajustar las prácticas de laboratorio diseñadas.

3. Metodología implementada para diseño y evaluación de la secuencia didáctica

3.1 Competencias

Para satisfacer el alcance y cumplir con los objetivos del presente trabajo de grado, se procede inicialmente a validar las características de la planta (proceso a escala en laboratorio), con el fin de identificar sus componentes, parámetros y limitaciones. Una vez realizada esta verificación, se consulta el contenido de las asignaturas: Control II, Automatización de Procesos e Instrumentación Electrónica, pertenecientes al *Programa de Pregrado en Ingeniería Electrónica* de la Universidad Industrial de Santander, con el ánimo de definir las competencias que se van a desarrollar en cada una de las guías propuestas. Para ello, se debe tener claridad a qué nos referimos cuando hablamos de una “competencia”. Existen muchas definiciones de competencias. A continuación, presentamos algunas de ellas:

«La competencia es el resultado de la integración, esencial y generalizada de un complejo conjunto de conocimientos, habilidades y valores que se manifiestan a través de un desempeño eficiente en la solución de problemas pudiendo incluso resolver aquellos no predeterminados» (Forgas, 2003).

«Una competencia es más que conocimiento y habilidades. Implica la capacidad de responder a demandas complejas, utilizando y movilizand recursos psicosociales (incluyendo habilidades y actitudes) en un contexto particular» (OCDE, 2005).

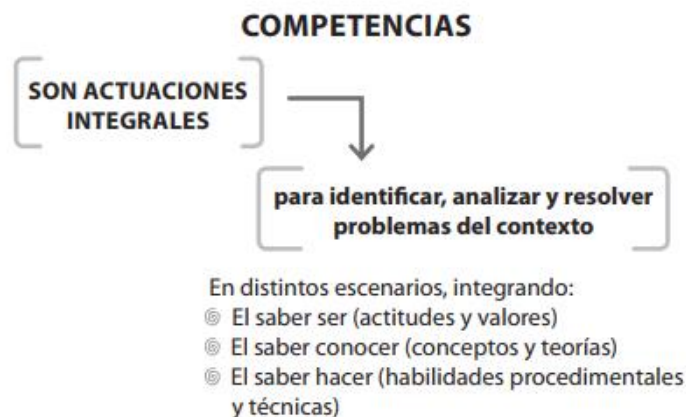
Competencia es la capacidad de utilizar los conocimientos, habilidades y actitudes, de manera transversal e interactiva, en contextos y situaciones que requieran la intervención de conocimientos vinculados a diferentes saberes, cosa que implica la comprensión, la reflexión y el discernimiento teniendo en cuenta la dimensión social de cada situación (Mulder et al., 2007).

Desde el enfoque socioformativo se propone la siguiente definición: las competencias son actuaciones integrales ante actividades y problemas del contexto, con idoneidad y compromiso ético, integrando el saber ser, el saber hacer y el saber conocer en una perspectiva de mejora continua. Lo anterior significa que podemos formar estudiantes con muchos conocimientos; sin embargo, para que sean competentes es necesario que aprendan a aplicarlos en actividades y problemas con calidad, integrando una actuación ética, con base en valores y actitudes. Hay alumnos que aprenden acciones para abordar situaciones en forma práctica, aunque para ser competentes es preciso que además de las acciones prácticas estén en condiciones de comprenderlas, contextualizarlas y analizarlas a partir de conceptos y teorías, y que además las realicen con un compromiso ético (Tobón Tobón et al., 2010, p. 11).

Esto nos lleva a la necesidad de integrar las diferentes áreas del currículo para que los estudiantes aprendan a actuar desde la educación inicial con base en el saber hacer, el saber conocer y el saber ser (que integra el saber convivir), con el fin de alcanzar determinados propósitos pertinentes en el contexto. Una competencia, entonces, no es sólo tener un saber hacer, un saber conocer o un saber ser por separado, sino movilizar los diversos saberes (ser, hacer y conocer) hacia el logro de una meta determinada en el contexto, como se expone en la Figura 1 (Tobón Tobón et al., 2010, p. 12).

Figura 1.

Concepto de competencias desde el enfoque socioformativo



Nota: Tomado de (Tobón Tobón et al., 2010, p. 12)

Partiendo de estas definiciones, es necesario que el *sistema de tanques acoplados* ubicado en el *Laboratorio de Control e Instrumentación* brinde las posibilidades para trabajar y fortalecer esas competencias cognitivas que están directamente relacionadas con el saber hacer y el saber conocer, pero también se requiere resolver las prácticas en grupos máximo de tres personas para fortalecer el trabajo en equipo y así desarrollar las competencias relacionadas con el saber ser o saber convivir.

Al inicio de cada una de las guías diseñadas se encuentran las competencias cognitivas, axiológicas y actitudinales, con el fin de que cada uno de los estudiantes, al iniciar la práctica, tenga en cuenta qué competencias va a desarrollar en el transcurso de la actividad de laboratorio.

3.2 Enfoque basado en formación por competencias

La función básica de la enseñanza problémica es el desarrollo del pensamiento creador de los estudiantes. ¿Quiere decir esto que los alumnos deben aprenderlo todo por ellos mismos? Claro que no: se debe lograr la utilización de los conocimientos previos en el planteamiento de las hipótesis como base sobre la que se construirán los nuevos productos, todo ello con la mediación de un maestro experto (Tobón Tobón et al., 2010, p. 43).

Para lograr este tipo de enseñanza se debe promover el pensamiento constructivo creador durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, teniendo en cuenta algunas condiciones:

- Encontrar en el material docente tareas y preguntas que por su contenido puedan representar problemas para los estudiantes.
- Organizar ante los estudiantes situaciones tales que revelen las contradicciones.
- Contribuir a que los alumnos desarrollen la capacidad de encontrar, en forma independiente (primero), modos de solución a las tareas, desde luego, bajo la actividad mediadora (inmediata o mediata) del maestro (Martínez, 1994).

Para satisfacer la metodología de esta enseñanza, se presentan en la guía unos presaberes requeridos por el estudiante, los cuales deben haber adquirido de las clases teóricas de la asignatura o de cursos previos a esta. Adicionalmente, se define un marco teórico que presenta la teoría de base para el desarrollo de las prácticas y, de esta manera; garantizar que todos tengan un mismo punto de partida.

En la secuencia didáctica por competencias —desde el enfoque socioformativo—, se retoma el principio que el aprendizaje profundo se logra con base en problemas que generen

retos y que ayuden a estructuraciones más profundas del saber, como propone la pedagogía problémica (Tobón Tobón et al., 2010, p. 44).

Las actividades de laboratorio propuestas para las guías están planteadas como un conjunto de pasos que les permitirá interactuar con *el PLC y el sistema de tanques acoplados*, para ir dando solución de manera secuencial a la guía e ir superando competencias progresivamente. Pero surge la necesidad de definir: ¿Cuál será el proceso de evaluación? Para esto se va a implementar la siguiente metodología:

Evaluar el grado de adquisición de las competencias básicas, supone modificar a fondo la forma tradicional de evaluar del profesorado, centrada, sobre todo, en comprobar la adquisición de contenidos. En esta nueva forma de desarrollar el proceso evaluador, es necesario evaluar cada uno de los componentes que constituyen las competencias básicas (contenidos, habilidades, actitudes y valores, y estrategias de aprendizaje), en un contexto y momento determinados, de forma que pueda darse una expresión (cuantitativa o cualitativa) que indique el grado de adquisición de todas y cada una de las competencias básicas hasta ese momento (nivel de desempeño), en función de los componentes de dichas competencias fijados para ser conseguidos hasta ese momento (Castillo Arredondo & Cabrerizo Diago, 2010, p. 235).

La incorporación de los niveles de desarrollo dentro de las prácticas de laboratorio le permite al estudiante realizar una autoevaluación sobre el nivel con el que adquiere los conocimientos que la guía ofrece, de tal forma que logre reconocer fortalezas y debilidades en ciertos indicadores, y a su vez, brindar un insumo al docente para reforzar aquellas falencias que identifique en los estudiantes.

Las guías tienen un tiempo sugerido de realización para cada sección, el cual se estableció de acuerdo con la duración requerida para que la planta realice los procesos adecuadamente y garantice que el estudiante pueda desarrollar la práctica con calma, reduciendo posibles daños al sistema por un uso inadecuado.

Es importante que, si por alguna razón, no se logró concluir la guía satisfactoriamente, el docente dé a los estudiantes la oportunidad de terminar la práctica en la siguiente clase, con el objetivo que todos los alumnos logren adquirir cada uno de los niveles de desarrollo planteados.

3.3 Aprendizaje significativo

En la formación y evaluación de las competencias también se tienen en cuenta las contribuciones del aprendizaje significativo, retomando la perspectiva propuesta por Vygotsky, que tiene sus raíces en la actividad social y que se preocupa más por el sentido de las palabras que por su significado. Un significado es más una acción mediada e interiorizada (representada) que una idea o representación codificada en palabras. Es preciso entonces recuperar el sentido y no sólo el significado de las competencias y sus componentes (conceptos, valores, habilidades, destrezas y hábitos) que se construyen en las instituciones educativas (Tobón Tobón et al., 2010, p. 44).

Se ha planteado que para realizar aprendizajes significativos debemos pasar por cinco dimensiones: establecer percepciones y actitudes adecuadas para el aprendizaje, adquirir e integrar el conocimiento, extender y refinar el mismo, para usarlo en forma significativa y lograr, hábitos mentales productivos (Tobón Tobón et al., 2010, p. 46).

En el aprendizaje significativo o trascendente importa más el proceso de descubrimiento de conocimientos y habilidades y la adquisición de nuevas experiencias que el almacenamiento pasivo de grandes cantidades de información y teorías ya elaboradas. Debido a ello, cada concepto incluido en la guía tiene una razón de ser y de estar ahí, para que el estudiante lo pueda interiorizar y aplicar tanto en la clase, como a futuro en su cargo como ingeniero electrónico. Hablando de la formación de competencias, podemos plantear que no hay competencia dada, sino construida.

El aprendizaje significativo se favorece con los “puentes cognitivos” entre lo que el sujeto ya conoce (que es el nivel de desarrollo real vygotskyano) y lo que necesita conocer para asimilar significativamente los conocimientos nuevos (zona de desarrollo próximo que nos lleva al nivel de desarrollo potencial). Dichos puentes son lo que denominamos organizadores previos: conceptos, ideas iniciales, material introductorio, presentados como marco de referencia para introducir los conceptos y relaciones nuevos (Tobón Tobón et al., 2010, p. 50).

En el plan de estudios de *Ingeniería Electrónica* de la Universidad Industrial de Santander, las asignaturas de Automatización de Procesos, Instrumentación Electrónica y Control II, tienen unos requisitos previos para ser cursadas, los cuales consisten en haber aprobado otras asignaturas que a su vez necesitaban de otros requisitos, hecho que comprueba que el estudiante para llegar hasta este punto ha desarrollado progresivamente competencias y ha adquirido los conceptos básicos y necesarios para poder entender y resolver la guía.

La integración de los conocimientos nuevos y su asimilación en novedosas estructuras cognoscitivas supone, desde nuestro punto de vista, dos condiciones y no sólo una, como se ha planteado tradicionalmente: la disposición activa del alumno para aprender y un trabajo activo del maestro mediador con el fin de lograr en sus estudiantes el proceso de

construcción de los aprendizajes. Es decir, implicar al alumno en actividades “situadas” (contextualizadas) (Tobón Tobón et al., 2010, p. 50).

Un aspecto que favorece la disposición activa del estudiante es que en pocas asignaturas se tiene la posibilidad de trabajar con una planta a escala de un sistema real, que podrán llegar a encontrar en la industria al momento de laborar como ingenieros. El trabajo activo de los maestros se garantiza, ya que antes de culminar con este trabajo de grado, ellos resolvieron las guías e interactuaron con la planta, aprendiendo a manejarla adecuadamente y solucionando las dudas respecto al funcionamiento del sistema. Esto con el fin que primero se realizara una validación de las rutinas empleadas para luego poder implementarlas en sus respectivas clases.

La clave del aprendizaje significativo está en relacionar el material nuevo con las ideas ya existentes en la estructura cognitiva del alumno. Por consiguiente, la eficacia de este aprendizaje está en función de su significatividad, no en las técnicas memorísticas.

Con estas guías se pretende que el estudiante esté en la capacidad de aprender conceptos nuevos y visualice cómo llevar la teoría aprendida al mundo práctico, no obstante, también las preguntas que se realizan al finalizar la práctica permiten que el estudiante desarrolle un pensamiento crítico y plantee una solución viable en base a lo aprendido en la sesión de laboratorio. En la Figura 2 se presentan los elementos básicos del aprendizaje significativo.

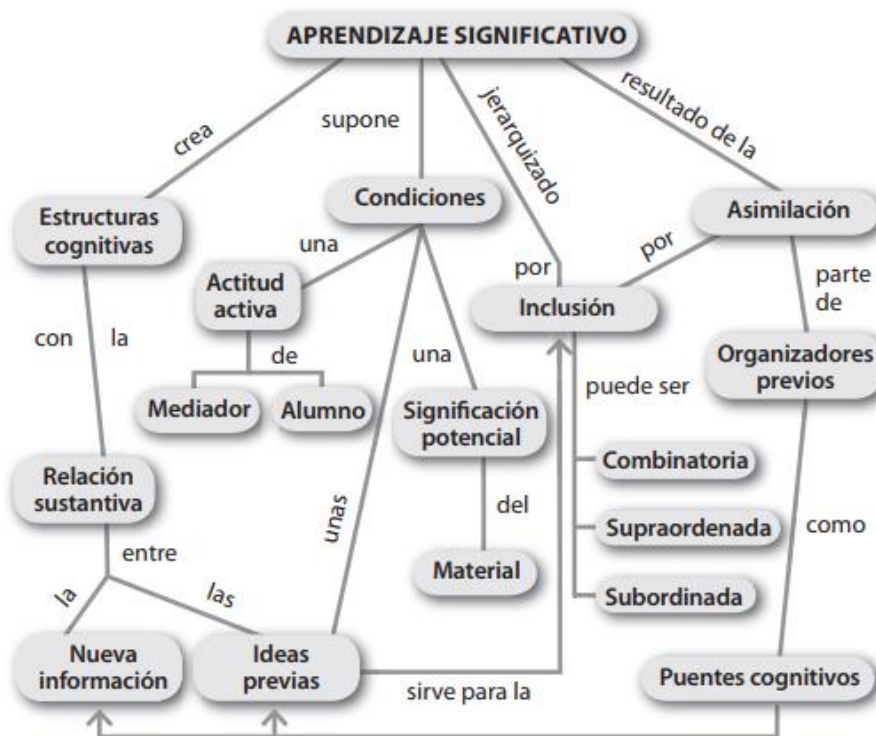
En resumen, los prerrequisitos básicos son:

- a) La tendencia del alumno al aprendizaje significativo, es decir, una disposición en el estudiante que indica interés por dedicarse a un aprendizaje en el que intenta darle un sentido a lo que aprende, y que cuente con saberes previos que le permitan aprender significativamente.

- b) Que el material sea potencialmente significativo, es decir, que permita establecer una relación sustantiva con conocimientos e ideas ya existentes. En esto el mediador juega un importantísimo papel, pues la significatividad lógica potencial no sólo depende de la estructura interna del contenido, sino también de la manera como éste es presentado al alumno.
- c) Una actitud activa del profesor mediador con la intención de lograr tal aprendizaje significativo en sus alumnos (Tobón Tobón et al., 2010, p. 51).

Figura 2.

Elementos básicos del aprendizaje significativo



Nota: Tomado de (Tobón Tobón et al., 2010, p. 52)

3.4 Metodología JiTT

La metodología Just-in-Time Teaching (JiTT para abreviar) es una estrategia de enseñanza y aprendizaje fundamentada en la interacción entre tareas de estudio basadas en la web y un aula de aprendizaje activa. Los estudiantes responden electrónicamente a las tareas basadas en la web cuidadosamente construidas que vencen poco antes de la clase, y el instructor lee las entregas de los estudiantes "justo a tiempo" para ajustar la lección del salón de clases a las necesidades de los estudiantes. Por lo tanto, el corazón de JiTT es el "ciclo de retroalimentación" formado por la preparación fuera de clase de los estudiantes que afecta fundamentalmente lo que sucede durante el tiempo posterior en clase (Gavrin, 2006).

Es importante mencionar *el PLC Allen-Bradley* ubicado en el *Laboratorio de Control e Instrumentación*, cuenta con un folder que contiene el manual de usuario del controlador y adicionalmente tiene los planos que permiten identificar cuáles son los componentes del *PLC* tales como: bloques de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, sistemas de protección, puerto ethernet, entre otros. Para ajustarlo a este método se digitalizó el material, de tal forma que pudiese ser accedido virtualmente y así, el estudiante antes de la primera clase revise el material y esté preparado para el desarrollo de la práctica.

La investigación educativa ha permitido identificar las diferencias de estilo de aprendizaje y de la importancia de pasar cierto control del proceso de aprendizaje a los estudiantes. Los entornos de aprendizaje activos producen mejores resultados, pero son más difíciles de gestionar que los enfoques orientados a la lectura. Tres de los "Siete principios para las buenas prácticas en la educación de pregrado" fomentan el contacto entre estudiantes y profesores, un mayor tiempo para el estudio de los estudiantes y el aprendizaje cooperativo entre los estudiantes.

Para enfrentar estos desafíos, la estrategia de Enseñanza Just-in-Time persigue tres objetivos principales:

- 1) Para maximizar la eficacia de la sesión de aula, donde los instructores humanos están presentes;
- 2) Estructurar el tiempo fuera de clase para el máximo beneficio de aprendizaje;
- 3) Crear y mantener el espíritu de equipo. Los estudiantes y los instructores trabajan en equipo hacia el mismo objetivo, para ayudar a todos los estudiantes a aprobar el curso con la máxima cantidad de conocimiento retenible.

La sesión de clase de JiTT está íntimamente vinculada a las tareas preparatorias electrónicas que los estudiantes completan fuera de clase. La forma exacta en que se dedica el tiempo del salón de clases depende de una variedad de temas como el tamaño de la clase, las instalaciones del salón de clases y las personalidades de los estudiantes y los instructores (Indiana University – Purdue University Indianapolis, 2018).

Esta metodología de JiTT se aplica al proyecto como una herramienta que permita a los estudiantes establecer una conexión entre guías y evitar que se conviertan en prácticas aisladas, es decir, existe una guía cero o guía inicial mediante la que se introduce a los estudiantes al manejo de controladores Allen Bradley y el software correspondiente, seguido de dos guías por asignatura, que son secuenciales y complementarias entre sí. De esta forma se garantiza un mejor proceso de aprendizaje para el estudiante y una mejor preparación de la clase para el docente.

En un aula JiTT, los estudiantes construyen el mismo contenido que en una clase pasiva con dos beneficios adicionales importantes. Primero, habiendo completado la tarea web muy recientemente, ingresan al aula listos para participar activamente en las actividades.

En segundo lugar, tienen un sentimiento de pertenencia ya que la lección interactiva se basa en su propia redacción y comprensión de los temas relevantes.

Just-in Time Teaching es un sistema altamente flexible que puede adaptarse a diferentes horarios y niveles de clase, diferentes materias, diferentes modalidades y las preferencias personales de diferentes instructores. El principio clave es siempre la retroalimentación entre lo que hacen los estudiantes durante la clase y lo que hacen antes y después. Al mejorar y confiar en esta retroalimentación, los instructores y sus estudiantes pueden lograr muchos beneficios (Indiana University – Purdue University Indianapolis, 2018).

El método que se implementó, para garantizar un espacio de realimentación de las prácticas realizadas en clase, fue una sección de resolución de preguntas, que deben ser respondidas por los estudiantes como trabajo independiente fuera del laboratorio. Pero será necesario que el docente encargado de la componente práctica de la asignatura, en la siguiente sesión, al inicio de la clase, dedique un espacio para debatir y socializar las respuestas a dichas preguntas, con el fin de aclarar posibles dudas existentes, refrescar el tema trabajado y entablar la conexión con la siguiente guía a resolver.

3.5 Secuencia didáctica

Las secuencias didácticas son, sencillamente, conjuntos articulados de actividades de aprendizaje y evaluación que, con la mediación de un docente, buscan el logro de determinadas metas educativas, considerando una serie de recursos. En la práctica, esto implica mejoras sustanciales de los procesos de formación de los estudiantes, ya que la educación se vuelve menos fragmentada y se enfoca en metas.

En el modelo de competencias, las secuencias didácticas son una metodología relevante para mediar los procesos de aprendizaje en el marco del aprendizaje o refuerzo de competencias; para ello se retoman los principales componentes de dichas secuencias, como las situaciones didácticas (a las que se debe dirigir la secuencia), actividades pertinentes y evaluación formativa (orientada a enjuiciar sistemáticamente el proceso) (Tobón Tobón et al., 2010, p. 20).

Para este proyecto, se planteó la guía como un conjunto de términos y definiciones que, trabajadas y acopladas de la mejor manera, ayudarían en el diseño apropiado de una secuencia didáctica, en donde se abordan: las competencias a construir, activación de presaberes, objetivos, introducción, marco teórico, materiales necesarios, actividades pertinentes para el laboratorio, preguntas extra-clase, resultados de aprendizaje y niveles de desarrollo.

Desde las competencias, las secuencias didácticas ya no proponen que los estudiantes aprendan determinados contenidos, sino que desarrollen competencias para desenvolverse en la vida, para lo que será necesaria la apropiación de los contenidos en las diversas asignaturas. En la Tabla 1 se describen los componentes de la secuencia didáctica (Tobón Tobón et al., 2010, p. 21).

Tabla 1.

Componentes de una secuencia didáctica por competencias

Principales componentes de una secuencia didáctica por competencias	
Situación problema del contexto	Problema relevante del contexto por medio del cual se busca la formación
Competencias por formar	Se describe la competencia o competencias que se pretende formar

Principales componentes de una secuencia didáctica por competencias		
Actividades de aprendizaje y evaluación	de y	Se indican las actividades con el docente y las actividades de aprendizaje autónomo de los estudiantes
Evaluación		Se establecen los criterios y evidencias para orientar la evaluación del aprendizaje, así como la ponderación respectiva. Se anexan las matrices de evaluación
Recursos		Se establecen los materiales educativos requeridos para la secuencia didáctica, así como los espacios físicos y los equipos
Proceso metacognitivo		Se describen las principales sugerencias para que el estudiante reflexione y se autorregule en el proceso de aprendizaje

Nota: Adaptado de (Tobón Tobón et al., 2010, p. 22)

Aquí hay entonces un importante reto para los docentes: cómo cambiar la meta del paradigma educativo tradicional en torno a los contenidos, para enfocar los procesos de formación y aprendizaje en torno a las competencias. Por ello, con el apoyo de CEDEUIS se establecieron estas secuencias didácticas, que basadas en el enfoque de formación por competencias, permitan a los docentes un proceso de enseñanza y evaluación más pertinente, que garantice que el estudiante al final de cada sesión de laboratorio logre desarrollar las competencias plasmadas en el contenido de asignatura y satisfacer el plan de estudios de la carrera.

3.6 Componente disciplinar de la secuencia didáctica

Hasta el momento se han presentado las bases conceptuales del contexto pedagógico sobre las cuales se conciben las secuencias didácticas para las asignaturas del área de *Control y Automatización* en el programa de pregrado en *ingeniería electrónica* de la *Universidad Industrial*

de Santander. Sin embargo, es también relevante el aspecto técnico que debe cubrir esta área disciplinar de ingeniería en cada una de las prácticas de laboratorio a ser diseñadas.

Para ello, se realizó un esfuerzo por parte de los autores del presente trabajo de grado para involucrar permanentemente a los actores importantes en las diferentes etapas del proceso, tomando en cuenta que el mismo constituye una parte integral de los planes de mejoramiento y evaluación de la calidad de los programas académicos de la *Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones*.

Tomando en cuenta lo anterior, se acudió a la opinión de los profesores de carrera (planta – tiempo completo) relacionados con las asignaturas de importancia para el proyecto, particularmente a los doctores: Rodolfo Villamizar Mejía (responsable de la asignatura *Control II*), Julián Rodríguez Ferreira (responsable de la asignatura *Instrumentación Electrónica*) y Ricardo Alzate Castaño (responsable de la asignatura *Automatización de Procesos*).

De esta manera, el procedimiento ejecutado para construir las guías de laboratorio consistió en el levantamiento de información relevante para la estructuración de las prácticas en cada una de las asignaturas, a partir de la elaboración de una encuesta constituida de las siguientes partes esenciales (la encuesta completa puede visualizarse en el **Apéndice A**):

- Una introducción general donde se explica el contexto de la actividad;
- Datos del encuestado;
- Tema, objetivo, actividades y competencias a desarrollar en la práctica 1;
- Tema objetivo, actividades y competencias a desarrollar en la práctica 2;
- Espacio para incluir comentarios adicionales.

A modo de ilustración, se presentan en la Tabla 2 los resultados de la encuesta para el caso de la asignatura *Automatización de Procesos*. Procedimientos similares aplicados sobre las otras

dos asignaturas permitieron ajustar los aspectos disciplinares para las actividades de laboratorio formuladas, que en conjunto con la base metodológica y conceptual pedagógica discutida previamente, permitieron constituir las secuencias didácticas analizadas a continuación.

Tabla 2.

Resultados encuesta construcción guías: Automatización de Procesos

Automatización de Procesos	
3.1.a. Tema práctica 1:	Programación de un autómatas para efectuar el llenado y vaciado de tanques
3.1.b. Objetivo de la práctica 1:	Realizar una secuencia de llenado y vaciado de tanques en el sistema disponible en laboratorio
3.1.c. Actividades a realizar en la práctica 1:	Desarrollar una rutina para PLC que permita implementar las maniobras de llenado y vaciado de tanques, aplicando el diseño de automatismos y su ejecución a través de lenguaje LADDER
3.1.d. Competencia(s) de la asignatura a desarrollar en la práctica 1:	Configurar periféricos de un PLC a través de programación empleando lenguaje LADDER
3.2.a Tema práctica 2:	Implementación de interfaz HMI para supervisión de un proceso
3.2.b Objetivo de la práctica 2:	Aplicar técnicas de diseño para constituir interfaces HMI
3.2.c. Actividades a realizar en la práctica 2:	Realizar la interacción con las herramientas de software necesarias para diseñar y programar una interfaz, que facilite monitorear las variables de un proceso industrial. Comprender la configuración y ejecución de la interfaz en una pantalla de visualización (hardware)
3.2.d. Competencia(s) de la asignatura a desarrollar en la práctica 2:	Utilizar normatividad vigente para diseñar e implementar interfaces HMI para monitoreo de procesos en la industria
4.Comentarios adicionales	Al momento de diseñar las prácticas de laboratorio intenten que todos los procedimientos puedan realizarse en no más de 90 minutos de clase


3.7 Análisis de las secuencias didácticas diseñadas

En esta sección se presenta una de las guías diseñadas para la asignatura de Automatización de Procesos, con el fin de presentar el resultado final de aplicar toda la metodología presentada en las secciones previas. Puesto que todas las guías fueron planteadas con la misma estructura, bastará con presentar el análisis de una sola y así extenderlo de la misma manera a las demás.


Las Figuras 3, 4, 5 y 6 ilustran la composición de las guías diseñadas, que cuentan con un rótulo en donde se presentan los datos de la asignatura, tales como: el nombre, el código correspondiente al plan de estudios, el nombre de los docentes encargados, la fecha y el título de la práctica a realizar.

Figura 3.

Composición guía de laboratorio elaborada



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES



1

ASIGNATURA: Automatización de procesos	CÓDIGO: 27143	FECHA: 20/10/2020
DOCENTES: Ricardo Alzate Castaño - Guillermo Humberto Gallón Ortiz	GUÍA No 3: Diseño e Implementación de HMI para supervisión de un proceso	

Competencias por formar

→

1. COMPETENCIAS COGNITIVAS

- Desarrolla Interfaces humano máquina (HMI) utilizando las prácticas recomendadas por ISA para supervisión de un proceso.

2. COMPETENCIAS ACTITUDINALES Y AXIOLÓGICAS

- Reconoce la importancia que tiene la Automatización Industrial para el ejercicio de la Ingeniería Electrónica.
- Muestra habilidades para el trabajo en equipo, el aprendizaje autónomo y la convivencia.

3. PRESABERES REQUERIDOS

- Conocimiento de la norma ANS/ISA-101.01-2015 para elaboración de Interfaces hombre-máquina en sistemas de automatización de procesos.

4. OBJETIVO

Diseñar e implementar una HMI para supervisión de un proceso de acuerdo con criterios y normas de diseño.

5. INTRODUCCIÓN (5 min)

Según (Bohórquez, Prado, & Ramírez, 2019), en la actualidad se habla de Industria 4.0, la cual está fuertemente soportada en los desarrollos tecnológicos de mediados del siglo XX (el desarrollo del transistor), la integración de los avances en electrónica, la electrónica de potencia, los avances en computación, las redes de datos y los dispositivos de instrumentación que han dado paso a los equipos que se ofrecen comercialmente en la actualidad.

La revolución industrial en el siglo XVIII también abrió la necesidad de medir y monitorear las variables físicas del proceso. Para finales del siglo XX la industria de las refinerías necesitaba medir las señales (de diferentes dispositivos de instrumentación) que podían ir desde unos cuantos miles hasta cientos de miles, y lo más importante en tiempo real, dadas las condiciones inherentes a los procesos petroquímicos (Carugo, 2013)*.

En la búsqueda por facilitar tareas y gracias al avance de la industria electrónica, se logró la integración de grandes bloques de control en pequeños equipos capaces de ejecutar HMI, brindando al operario la posibilidad de supervisar un gran número de elementos de campo, sin que esto le conlleve años de formación en el reconocimiento del funcionamiento de la planta.

Activación de presaberes

→

3. PRESABERES REQUERIDOS

- Conocimiento de la norma ANS/ISA-101.01-2015 para elaboración de Interfaces hombre-máquina en sistemas de automatización de procesos.

Adquisición de conceptos nuevos

→

5. INTRODUCCIÓN (5 min)

Según (Bohórquez, Prado, & Ramírez, 2019), en la actualidad se habla de Industria 4.0, la cual está fuertemente soportada en los desarrollos tecnológicos de mediados del siglo XX (el desarrollo del transistor), la integración de los avances en electrónica, la electrónica de potencia, los avances en computación, las redes de datos y los dispositivos de instrumentación que han dado paso a los equipos que se ofrecen comercialmente en la actualidad.

La revolución industrial en el siglo XVIII también abrió la necesidad de medir y monitorear las variables físicas del proceso. Para finales del siglo XX la industria de las refinerías necesitaba medir las señales (de diferentes dispositivos de instrumentación) que podían ir desde unos cuantos miles hasta cientos de miles, y lo más importante en tiempo real, dadas las condiciones inherentes a los procesos petroquímicos (Carugo, 2013)*.

En la búsqueda por facilitar tareas y gracias al avance de la industria electrónica, se logró la integración de grandes bloques de control en pequeños equipos capaces de ejecutar HMI, brindando al operario la posibilidad de supervisar un gran número de elementos de campo, sin que esto le conlleve años de formación en el reconocimiento del funcionamiento de la planta.

Competencias por formar: Es necesario establecer las competencias cognitivas, actitudinales y axiológicas desde el inicio, para que los estudiantes y el docente tengan claridad sobre qué competencias van a desarrollar al finalizar la guía. Adicionalmente, se tendrá mayor claridad en el aporte que hará la asignatura en la construcción del perfil del egresado.

Activación de presaberes: El aprendizaje significativo está relacionado con los conocimientos que el estudiante ya posee y los que necesita conocer para poder introducir nuevos conceptos. Por este motivo, es de vital importancia que los estudiantes activen los presaberes requeridos, que se plantee un objetivo de enseñanza, una introducción y que se les brinde un marco teórico acorde al tema que se va a tratar en la guía. Esto garantiza que se genere un punto cognitivo, lo cual permitirá que los estudiantes estén en una mejor disposición para adquirir nuevos conocimientos.

Figura 4.

Recursos necesarios para el desarrollo de la práctica

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES

la HMI que resultan en un control más seguro, más efectivo y eficiente del proceso, tanto en situaciones normales como anormales (Fitzpatrick, 2012). Con esta idea general se puede llevar a cabo esta implementación en cualquier proceso, ya que brinda la garantía de tener procesos más eficientes, de mayor seguridad y calidad puesto que la información se presenta de la mejor manera y puede ser procesada para toma de decisiones más acertadas en cuanto a mejoras y mantenimientos de procesos se refieren. Dichos datos pueden estar dirigidos a usuarios los cuales estarán directamente involucrados con el proceso y su operación, a diseñadores que en su mayoría son Ingenieros dedicados a integrar este tipo de tecnologías a la Industria, o porque no a vendedores los cuales usan como estrategias la información para las ventas.

7. EQUIPOS Y MATERIALES

- Sistema de tanques acoplados e Instrumentados.
- Tablero de control laboratorio de Instrumentación.
- Equipo de cómputo con software RSLogix 5000, RSLinx y DOPSoft.
- Cable ethernet.

8. ACTIVIDADES DEL LABORATORIO (30 min)

Solicite al docente el material didáctico para el desarrollo de la práctica. Luego copie el archivo `Diseño_Implementación_HMI_ACD` y guárdelo en una ubicación de su equipo de cómputo. Dentro del material didáctico también encontrará algunos archivos de referencia, así como el software para la configuración de la HMI en el archivo comprimido `DELTA_IA-HMI_DOPSoft`.

Solicite al laboratorista la llave para el tablero de control y el cable de red. Abra el tablero de control y active los disyuntores para tensión AC y DC. Finalmente realice la conexión entre su equipo de cómputo y el PLC mediante el cable de red.

Inicie el software RSLinx Classic y compruebe que la comunicación entre su equipo de cómputo y el PLC se encuentra activa, tal como se aprecia en la Figura 2.

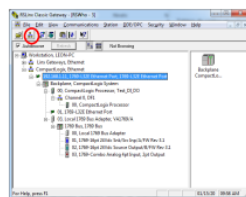


Figura 2. Comunicación PLC – Equipo de cómputo.



En una secuencia didáctica es importante establecer las actividades apropiadas, que le permitirán al estudiante desarrollar las competencias mencionadas al inicio de la guía de manera óptima y se apropien de los contenidos de la asignatura. Estos contenidos han sido previamente establecidos desde el Proyecto Educativo del Programa (PEP) y consignados en los planes de asignatura. Al trabajar bajo el Enfoque de Formación por Competencias, se abordan los contenidos de manera integral mas no lineal. Esto hace que se propenda por el desarrollo no solamente de competencias específicas sino también las genéricas.

Figura 6.

Actividades de trabajo individual y proceso de autoevaluación

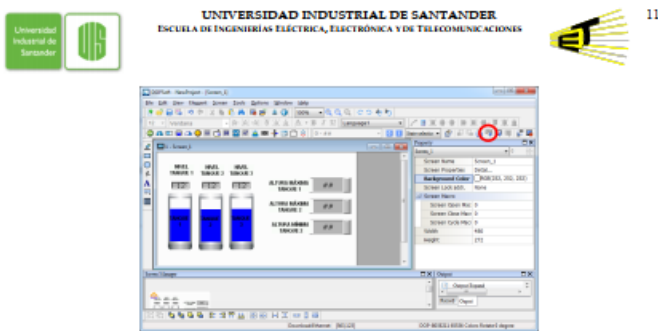


Figura 16. Cargar diseño interfaz gráfica en HMI.

Seleccione la HMI correspondiente y haga clic en OK para continuar con el proceso. Compruebe que la interfaz gráfica se cargó exitosamente en la HMI.

9. RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS (TI)

Al finalizar la clase el estudiante deberá responder las siguientes preguntas:

- ¿El valor leído en la HMI corresponde al nivel observado en cada tanque? Justifique su respuesta.
- ¿Puede usarse otro protocolo de comunicación entre el PLC y la HMI? Justifique su respuesta.
- ¿Qué criterios de diseño se usan en la Industria a la hora de implementar una HMI en un proceso? Justifique su respuesta.

10. RESULTADO DE APRENDIZAJE

Mediante el desarrollo de la presente práctica el estudiante estará en la capacidad de desarrollar interfaces humano máquina (HMI) para supervisión de un proceso, utilizando las prácticas recomendadas por ISA.

11. NIVELES DE DESARROLLO

De acuerdo con la experiencia durante el desarrollo de la práctica, califique de 1 a 5, donde 1 significa muy bajo y 5 significa muy alto, el nivel de desarrollo adquirido.

Indicador	1	2	3	4	5
Se familiariza con el software para dar cumplimiento a la norma ANS/ISA-101.01-2015.					
Diseña una interfaz HMI. Implementa el diseño.					
Ejecuta la rutina.					
Comprueba el funcionamiento de la interfaz.					

Actividades trabajo independiente (JiTT)



Proceso de Autoevaluación



Las actividades de trabajo independiente son fundamentales para que los estudiantes interioricen los conceptos aprendidos durante la práctica y logren emplearlos para dar solución a las preguntas propuestas al finalizar la guía, adicionalmente estas respuestas deberán ser socializadas con el docente en la siguiente clase, lo cual permitirá que se aplique la metodología de Just-in-Time Teaching (JiTT).

Para finalizar, es importante que el estudiante realice un proceso de autoevaluación, es por esto, que se establecen los niveles de desarrollo, en donde están descritos cada uno de los logros que se debieron alcanzar a medida que se resolvieron las actividades de laboratorio. También es un referente para el docente, debido a que puede determinar si es necesario dedicar más tiempo de clase para finalizar la práctica si la mayoría de los estudiantes no lograron cumplir con dichos niveles.

Las guías diseñadas se encuentran en la sección de Apéndices en el orden presentado a continuación:

- **Apéndice B.** Guía general para todas las asignaturas;
- **Apéndice C.** Diseño de una secuencia de llenado y vaciado del líquido de un sistema de tanques empleando los actuadores de la planta;
- **Apéndice D.** Diseño e implementación de HMI para supervisión de un proceso;
- **Apéndice E.** Diseño de diagramas P&ID;
- **Apéndice F.** Calibración sensor de ultrasonido;
- **Apéndice G.** Identificación y parametrización de modelos a partir de datos experimentales;
- **Apéndice H.** Control de nivel para un sistema de tanques acoplados.

3.8 Procedimiento de evaluación para secuencias didácticas

Para nosotros es relevante que los docentes puedan resolver las guías en su totalidad y que no tengan dudas respecto al funcionamiento de los equipos empleados en desarrollo de las mismas (*PLC y sistema de tanques acoplados*). Asimismo, se requiere del insumo provisto por la opinión de los estudiantes en cuanto respecta a la verificación de tiempos para las actividades propuestas, la comprensión de las guías y el apropiado desarrollo de las prácticas y el proceso de autoevaluación.

Por tanto, para corroborar la validez de las guías de laboratorio diseñadas fue necesario diseñar y aplicar un formato de encuesta de satisfacción usando la escala de Likert, con el fin de registrar la opinión de docentes y estudiantes que interactuaran con las secuencias didácticas.

La escala de Likert es una herramienta de medición que, a diferencia de preguntas dicotómicas con respuesta sí/no, nos permite medir actitudes y conocer el grado de conformidad del encuestado con cualquier afirmación que le propongamos. Resulta especialmente útil emplearla en situaciones en las que queremos que la persona matice su opinión. En este sentido, las categorías de respuesta nos servirán para capturar la intensidad de los sentimientos del encuestado hacia dicha afirmación (Llauradó, 2014).

La estructura general de la encuesta de evaluación de las guías se compone de (la encuesta completa puede visualizarse en el **Apéndice F**):

- Una introducción general donde se explica el contexto de la actividad;
- Datos del encuestado;

- 6 preguntas directas con escala de valoración entre: bajo, medio y alto, cubriendo aspectos tales como: desarrollo de competencias cognitivas y actitudinales, cumplimiento de objetivos, asignación apropiada del tiempo, claridad y calidad del material suministrado;
- Espacio para incluir comentarios adicionales.

El diligenciamiento de la encuesta fue orientado a la participación de docentes de laboratorio y de estudiantes de pregrado en ingeniería electrónica que hubiesen cursado las asignaturas de interés. Sin embargo, debido a inconvenientes ligados a la emergencia sanitaria por cuenta del virus SARS-CoV-2 (COVID 19) solamente fue posible evaluar las guías correspondientes a la asignatura: Automatización de Procesos, por parte del ingeniero y profesor cátedra: Guillermo Humberto Galindez Ortiz y el estudiante de último nivel: Sebastián Benjumea Cerpa, quedando pendiente repetir el ejercicio para las secuencias didácticas de las asignaturas: Control II e Instrumentación Electrónica.

Los resultados generales por tipo de pregunta se muestran en las Figuras 7 y 8, respectivamente para cada una de las guías evaluadas. Adicionalmente, se presenta en la Tabla 3 el registro de la respuesta a la Pregunta 9 de la encuesta, con el propósito de conocer las sugerencias o comentarios adicionales, por parte del profesor cátedra y el estudiante.

Figura 7.

Respuestas encuesta para guía N°1: Automatización de Procesos

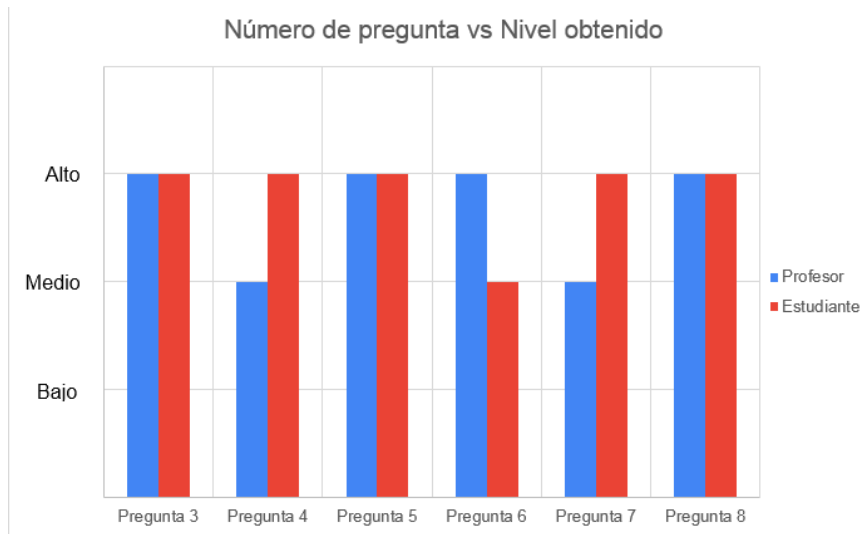


Figura 8.

Respuestas encuesta para guía N°2: Automatización de Procesos

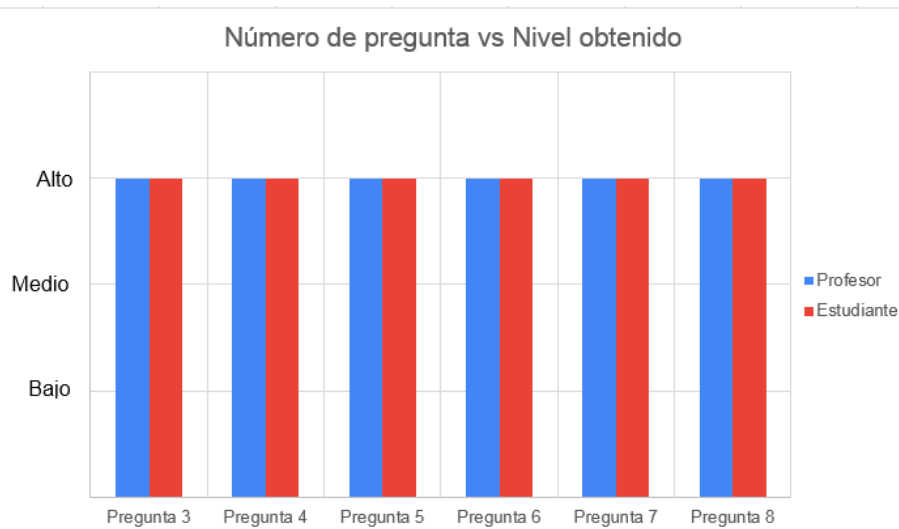


Tabla 3.

Comentarios adicionales por encuesta (Pregunta 9)

Guía Evaluada	Respuesta Profesor	Respuesta Estudiante
<p>GUÍA No 1: Diseño de una secuencia de llenado y vaciado del líquido de un sistema de tanques empleando los actuadores de la planta.</p>	<p>- Mejorar la redacción de la competencia cognitiva: Programa un PLC mediante el lenguaje Ladder, empleando las entradas y salidas (analógicas y digitales), temporizadores, contadores y bloque de comunicación.</p> <p>- Mejorar el orden que se presenta el material para desarrollar la actividad. - En las preguntas ser un poco más específico es decir cuál comparador o temporizador.</p>	<p>El estudiante no realizó comentarios adicionales</p>
<p>GUÍA No 2: Diseño e implementación de HMI para supervisión de un proceso</p>	<p>- Tener en cuenta la numeración de la guía.</p> <p>- En los presaberes incluir el haber realizado la guía 0.</p> <p>- Finalmente mejorar la redacción de las preguntas</p>	<p>El estudiante no realizó comentarios adicionales</p>

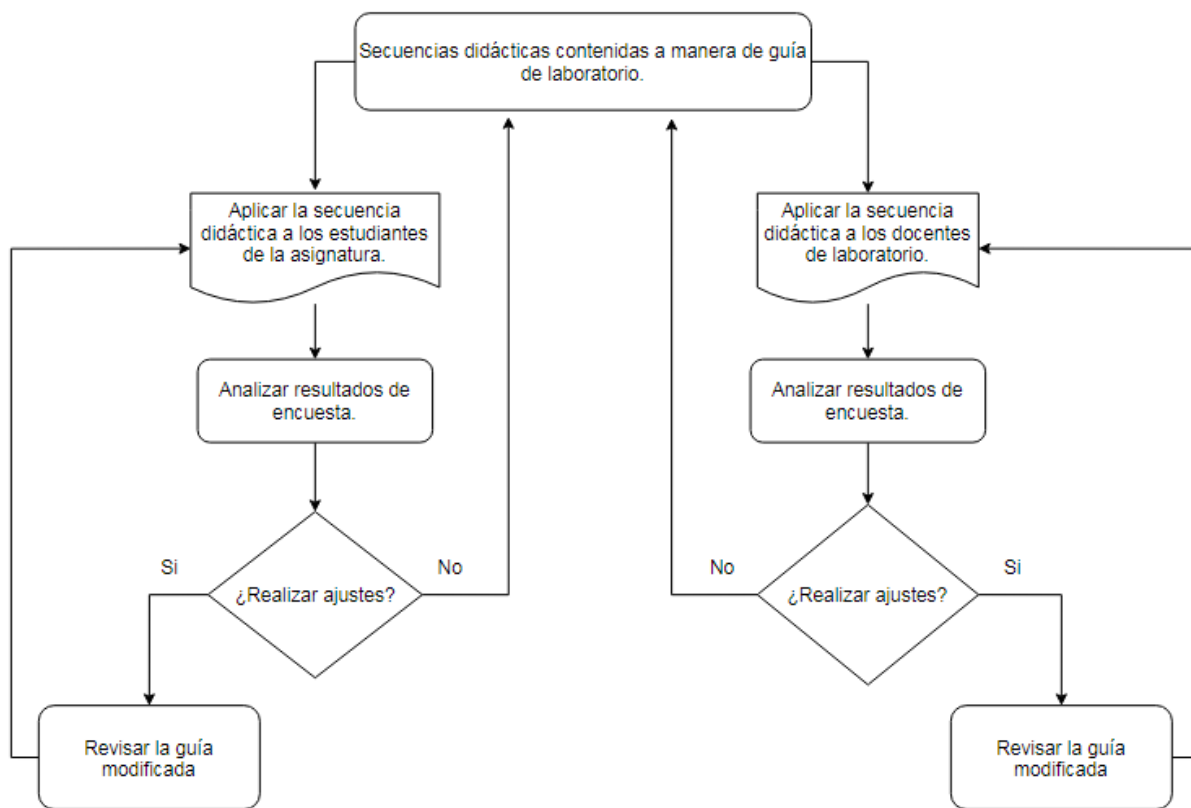
De estos resultados se observa una percepción satisfactoria de los encuestados, debido a que en la mayoría de los casos se obtuvo la calificación máxima (“Alto”). De otro lado, en dos ocasiones se obtuvo una calificación de “Medio” que fue analizada a partir de la realimentación proporcionada, para proponer los ajustes pertinentes. En particular, el tiempo de ejecución de la práctica: *“Diseño de una secuencia de llenado y vaciado del líquido de un sistema de tanques empleando los actuadores de la planta”* fue revisado y ajustado. Asimismo, fueron modificadas las competencias actitudinales y axiológicas para aparecer menos generales y se reestructuró el material de la práctica para clarificar mejor las actividades y preguntas de trabajo independiente.

Por su parte la guía de: “*Diseño e implementación de HMI para supervisión de un proceso*”, fue modificada adicionando el desarrollo de la guía cero “*Introducción al manejo de autómatas Allen Bradley de Rockwell Automation*” como parte de sus presaberes y se mejoró la redacción de las preguntas de trabajo independiente.

Finalmente, el procedimiento general de evaluación de las secuencias didácticas implementado se resume a partir del flujograma mostrado en la Figura 9.

Figura 9.

Procedimiento general de evaluación de las secuencias didácticas



4. Conclusiones

A partir de los desarrollos presentados y los resultados obtenidos, es posible enunciar la siguiente conclusión general:

- Se diseñaron prácticas de laboratorio para las asignaturas en el área de automatización, instrumentación y control, utilizando el sistema de tanques rectangulares acoplados del laboratorio de control e instrumentación. En particular, utilizando un enfoque basado en formación por competencias, implementado a través de la metodología JiTT (Just-in-Time Teaching), fue posible desarrollar 2 secuencias didácticas para cada una de las asignaturas en mención (Automatización de Procesos, Instrumentación Electrónica y Control II), a manera de prácticas de laboratorio, incorporando elementos pedagógicos y técnicos que cubriesen de manera suficiente aspectos correspondientes con: el saber, el hacer y el conocer.

De manera más puntual:

- Se definieron, con la participación del cuerpo docente de la E3T-UIS, las características técnicas de dos prácticas de laboratorio sobre un prototipo de sistema de tanques rectangulares acoplados, para cada una de las asignaturas del área de control e instrumentación electrónica. Tal y como fue abordado en la Sección 2.6, se realizó consulta a los profesores de planta vinculados con las asignaturas en mención para determinar (a través de una encuesta) las competencias y temáticas específicas para dos prácticas de laboratorio en las asignaturas de: Automatización de Procesos, Instrumentación Electrónica y Control II. A partir de ello, se procedió con la

construcción de guías de laboratorio que fueron posteriormente ejecutadas y probadas (para el caso de Automatización de Procesos) por profesores cátedra y estudiantes de la asignatura.

- Se establecieron, con la supervisión del CEDEDUIS, guías de laboratorio que buscaron satisfacer los requerimientos pedagógicos del programa y de las asignaturas, en la ejecución de las prácticas de laboratorio diseñadas. De esta manera, en las Secciones 2.1 y 2.2 se abordaron las ideas que definen el enfoque de formación basado en competencias, a partir de lo cual se planteó en la Sección 2.3 la construcción de un aprendizaje significativo como alternativa viable para ser desarrollada en entornos de laboratorio de cursos de formación en ingeniería. A partir de ello, se planteó un complemento para las actividades de aula a partir de estrategias del tipo JiTT (Just-in-Time Teaching), que aprovechan recursos tecnológicos para la entrega de actividades con ciertas condiciones preestablecidas, según fue descrito en la Sección 2.4. De lo anterior, se deriva la estructura para las secuencias didácticas propuesta en la Sección 2.5 y analizada en la Sección 2.7, junto con las guías de laboratorio adjuntas en los Apéndices B, C, D y E.

- Se desarrollaron pruebas piloto con estudiantes para evaluar y ajustar las prácticas de laboratorio diseñadas. Según indicado en la Sección 2.8, se realizó una verificación de los procedimientos sugeridos para la asignatura: Automatización de Procesos, por parte del profesor cátedra que orienta las actividades de laboratorio para dicha asignatura, además de un estudiante que ya la hubiese cursado y aprobado. Posteriormente, a partir del diligenciamiento de una encuesta se pudieron cuantificar las percepciones de ambos usuarios (puntos de vista de estudiante y profesor) al respecto de aspectos positivos y otros por mejorar, al respecto de dichas actividades. El procedimiento general desarrollado en dicha evaluación se resume en el flujograma de la Figura 9.

5. Recomendaciones

Para la correcta operación del sistema de tanques rectangulares en el laboratorio y la apropiada ejecución de las guías de laboratorio diseñadas en el presente trabajo de grado, se recomienda prestar atención al respecto del apropiado manejo de la herramienta de programación RSLogix 5000, debido a las limitaciones de licenciamiento, que muchas veces no permiten realizar una interacción adecuada con el PLC Allen-Bradley.

6. Trabajo futuro

Como actividad complementaria, se propone la verificación por parte del personal docente y estudiantil, para las guías de laboratorio correspondientes a las asignaturas; Instrumentación Electrónica y Control II, debido a que su ejecución debió interrumpirse por cuenta de la emergencia sanitaria causada por el virus SARS-CoV-2.

Referencias bibliográficas

Acelas Suarez, S. J., & Mendoza Diaz, A. M. (2016). *Control de nivel para un sistema de tanques en cascada empleando un PLC SIEMENS S7-1200*. Universidad Industrial de Santander.

Amarís de Arco, A. Z., & Benavides Robles, M. T. (2016). *Controlador LQR para un prototipo real de péndulo invertido*. Universidad Industrial de Santander.

Atuesta Robledo, A. J., & Velandia Suárez, J. A. (2016). *Instrumentación y puesta en marcha de un control de nivel de líquidos empleando un PLC ALLEN-BRADLEY*. Universidad Industrial de Santander.

Camacho Pineda, D. (2019). *Instalación y puesta en marcha de un sensor de flujo industrial SIEMENS en el laboratorio de control e instrumentación de la E3T-UIS*. Universidad Industrial de Santander.

Castillo Arredondo, S., & Cabrerizo Diago, J. (2010). Evaluación educativa de aprendizajes y competencias. In *Pearson Educación*.

Forgas, J. (2003). *Diseño Curricular por Competencias: Una Alternativa para la Formación de un Técnico Competente*.

Gavrin, A. (2006). *Just-in-Time Teaching*. 10.

Herrera Sepúlveda, L. V., & Melo Pinzón, U. A. (2013). *Control en espacio de estados para un prototipo real de péndulo invertido*. Universidad Industrial de Santander.

Indiana University – Purdue University Indianapolis. (2018). *Just-in-Time Teaching*. <http://jittdl.science.iupui.edu/>

Llauradó, O. (2014). *La escala de Likert: qué es y cómo utilizarla*. <https://www.netquest.com/blog/es/la-escala-de-likert-que-es-y-como-utilizarla>

Martínez, M. (1994). *La enseñanza problémica y el desarrollo de la creatividad*.

Mulder, M., Weigel, T., & Collins, K. (2007). The concept of competence in the development of vocational education and training in selected EU member states: A critical analysis. *Journal of Vocational Education and Training*. <https://doi.org/10.1080/13636820601145630>

Muñoz, S. F., Guarín Mantilla, D. F., & Sarmiento Cruz, G. R. (2013). *Instrumentación y control de velocidad para un motor de corriente alterna en el laboratorio de control e instrumentación de la E3T-UIS*. Universidad Industrial de Santander.

Neita Duarte, L. Y., & Prada Medina, R. I. (2008). *Diseño del proyecto para implementación de una sala TIA (Totally Integrated Automation) y adaptación de un proceso industrial para desarrollo de prácticas de entrenamiento en las áreas de instrumentación, automatización y control*. Universidad Industrial de Santander.

Novoa Díaz, D. F., & Prada Mejía, J. A. (2001). *Planeación, diseño y realización del laboratorio de instrumentación electrónica para la E3T*. Universidad Industrial de Santander.

OCDE. (2005). *Definition and Selection of Competencies. Executy Summary*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

Peñaranda, C. Y., Silva, W. R., & Gómez Arias, E. (2014). *Instrumentación y control de nivel para un sistema de tanques acoplados en el laboratorio de control e instrumentación de la E3T-UIS*. Universidad Industrial de Santander.

Robles, I. A., & Galvis, J. A. (2018). *Instrumentación y puesta en marcha de un sistema de tanques rectangulares para realizar el control de nivel empleando el PLC Compactlogix 1769-L32E*. Universidad Industrial de Santander.

Tobón Tobón, S., Pimienta Prieto, J. H., & García Fraile, J. A. (2010). Secuencias didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias. In *Revista Mexicana de Educación a Distancia* (Vol. 12, Issue October). www.pearsoneducacion.net

Torres Sanchez, E. E., & Ramirez Vega, D. H. (2007). *Sistema de gestión para un prototipo de sistema SCADA en el laboratorio de instrumentación de la E3T*. Universidad Industrial de Santander.