

MODELO DIDÁCTICO: Técnicas y tecnologías aplicadas al control automático de nivel y temperatura

Javier AZCURRA¹, Lucas RENNA²

¹ Alumno, GIEDI/Departamento Ingeniería Eléctrica, FR Santa Fe, UTN

² Alumno, GIEDI/Departamento Ingeniería Mecánica, FR Santa Fe, UTN

E-mail: javier.e32@gmail.com, l.e.renna@outlook.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección de la Dra. Gloria Alzugaray y el Ing. Matías Orué, en el marco del proyecto “El Laboratorio de Tecnologías Aplicadas: Experiencias en contexto para generar competencias en carreras de Ingeniería Mecánica y Eléctrica” (2016 - 2017).

Eje Temático (Programa I+D): Tecnología educativa y enseñanza de la ingeniería

Resumen

El propósito de este trabajo se enfoca en potenciar el aprendizaje, a través de aplicaciones concretas, fomentando el trabajo interdisciplinario e integrando los conocimientos específicos de las especialidades Electrónica, Control y Sistemas. Esto se da en la necesidad de incorporar conocimiento sobre innovaciones tecnológicas, en un mundo signado por dinámicos cambios científicos tecnológicos, debe acompañar la formación de los estudiantes de carreras de ingeniería. En este trabajo se describe la construcción de un modelo físico a escala con el objetivo de controlar el nivel de líquido y su temperatura. Este sistema simplificado se aplica como una herramienta potencialmente eficaz para la enseñanza en el área del control, la automatización y la comunicación de datos.

Palabras Claves: Control; Electrónica; Nivel; Temperatura.

1. Introducción

El ejercicio frecuente de la interdisciplinariedad, la integración de contenidos y los mecanismos puestos en juego para lograrla, incorporados en las materias del ciclo de “tecnologías aplicadas” favorecen la comprensión, la creatividad, la capacidad de abstracción, el trabajo compartido y la responsabilidad social, Alzugaray (2016). Estas características son deseables para el desarrollo de competencias superiores y más específicas, CONFEDI (2010), que atañen a la formación profesional, con criterio social; de tal modo que el proceso de formación del alumno de ingeniería no debe olvidar que el futuro profesional será un actor de un sistema, donde todas las partes interactúan con un fin común.

Las tecnologías de la información (TIC) actualmente influyen de forma determinante en la educación científica, tanto en la enseñanza secundaria como en la universitaria, porque ofrecen grandes posibilidades desde el punto de vista de la comunicación interactiva, el tratamiento de imágenes, la simulación de fenómenos o experimentos, la construcción de modelos, la resolución de problemas, el acceso a la información y el manejo de todo tipo de datos; sin embargo, la

experiencia de contacto directo del alumno y la implementación física sigue proporcionando un medio para la asimilación eficaz de conceptos teóricos.

Este trabajo centra su atención en un modelo físico que aprovecha tecnologías de gran impacto entre los estudiantes ya que promueven la creatividad e incentivan el estudio de la ingeniería a través de métodos actuales que permiten despertar el interés y favorecer el aprendizaje reflexivo de conceptos y modelos teóricos, Prieto, L. (2008).

Dentro del Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería –GIEDI– se propone la construcción física de un modelo a escala didáctico que permita controlar el nivel y la temperatura en un líquido.

2. Materiales y Métodos

El desafío planteado para este proyecto específico consistió en diseñar y desarrollar un equipo didáctico que resulte atractivo y despierte el interés en alumnos de distintas especialidades, tales como ingeniería eléctrica, electrónica, mecánica, sistemas o cualquier otra carrera que aborde temas relacionados a la automatización industrial y a los sistemas de control.

La propuesta del modelo a escala en conjunto con el diseño de un circuito electrónico y la programación de un microcontrolador representan el vínculo entre las diferentes áreas mencionadas, enriqueciendo aún más el proyecto y favoreciendo la relación entre estudiantes de distintas disciplinas.

En las siguientes sub secciones se describirán brevemente los diferentes aspectos tenidos en cuenta para el desarrollo de este proyecto, tales como: consideraciones técnicas, cálculos, materiales y funcionamiento general.

1. Construcción de la planta

La premisa de este trabajo es realizar un equipo didáctico que permita a los alumnos hacer tangible la conexión entre el marco teórico y las aplicaciones prácticas.

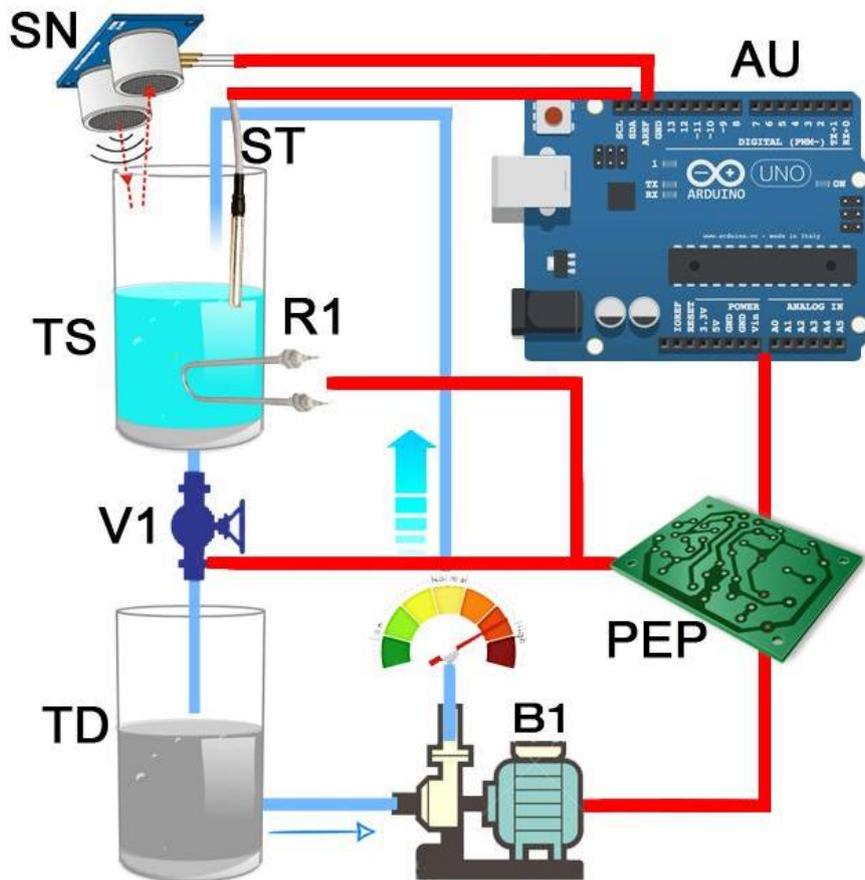


Figura 1. Componentes físicos del modelo a escala

El dispositivo en sí consta de dos tanques, uno para sensar el nivel y la temperatura del líquido (TS) y otro para depositar el líquido al inicio y al final del proceso (TD); una bomba centrífuga (B1) que permite la circulación del líquido desde TD hacia TS; una electroválvula (V1) que permite la descarga del líquido desde TS hacia TD y una resistencia calefactora (R1) que permite calentar el líquido hasta una temperatura máxima de 50°C. Además, se dispone de dos sensores que permiten recolectar los datos necesarios para controlar las variables antes mencionadas: sensor de nivel (SN) y sensor de temperatura (ST). Además, se diseñó exclusivamente para este proyecto, una placa electrónica de potencia (PEP), la cual permite realizar la conexión de los distintos sensores y actuadores, como así también la placa microcontroladora **Arduino UNO** (AU), que es el “cerebro” de este sistema (tabla 1). Todos estos elementos, con los demás accesorios que permiten la conexión del circuito hidráulico (mangueras, válvulas, codos, nipples, etc.), fueron montados sobre un carro móvil, a efectos de facilitar el transporte de la planta, para en un futuro poder llevarla a clases prácticas y que los alumnos puedan trabajar sobre ella.

Tabla I. Elementos utilizados en el proyecto

Elemento	Denominación	Descripción
Tanque p/depósito	TD	Permite almacenar el líquido al inicio y al final del proceso.
Tanque p/sensado	TS	Permite sensar el nivel y la temperatura del líquido.
Bomba	B1	Bomba centrífuga. Permite la circulación del líquido desde TD hacia TS.
Válvula	V1	Electroválvula. Permite la descarga del líquido desde TS hacia TD.
Resistencia	R1	Resistencia calefactora. Permite elevar la temperatura del líquido hasta 50°C.
Sensor de Temperatura	ST	Sensor de temperatura tipo Pt-100.
Sensor de Nivel	SN	Sensor de nivel tipo ultrasónico.
Arduino UNO	AU	Placa microcontroladora que interpreta y ejecuta las acciones de la planta.
Placa de potencia	PEP	Circuito electrónico pensado para conectar los elementos actuadores e indicadores.

2. Funcionamiento del lazo

El modelo físico básicamente permite controlar en TS dos parámetros; **velocidad** de suministro de agua y **temperatura**.

El **primero** en función del nivel en que se encuentra, donde B1 es comandada por la PEP, encargada de regular su velocidad mediante la técnica de modulación por ancho de pulso –PWM– (siendo a plena carga para el tanque con nivel mínimo y disminuyendo su velocidad hasta detenerse en su nivel máximo de capacidad) en función valor de *nivel* que es adquirido por el SN.

El **segundo** mediante el accionamiento de la resistencia calefactora incluida en el mismo. Considerando que tanto la resistencia calefactora (R1) y la electroválvula (V1) se alimentan a una tensión alterna de 220 [V] se procedió a diseñar un circuito sencillo que permita encender o apagarla en función del estado que lea e interprete nuestro AU.

Cuando la termocupla acuse un valor de temperatura inferior a los 30°C la R1 se accionará elevando el valor del líquido hasta “T_{máx}” para posteriormente detenerse y esperar que naturalmente el valor de temperatura vuelva a disminuir. En cuanto a la descarga del tanque la EV actuará una vez que TS se encuentre en el nivel máximo, vaciándolo hacia TD que posee la misma capacidad y se encuentra inmediatamente debajo. Una vez completo el depósito, el tanque en su nivel mínimo, el proceso vuelve a comenzar.

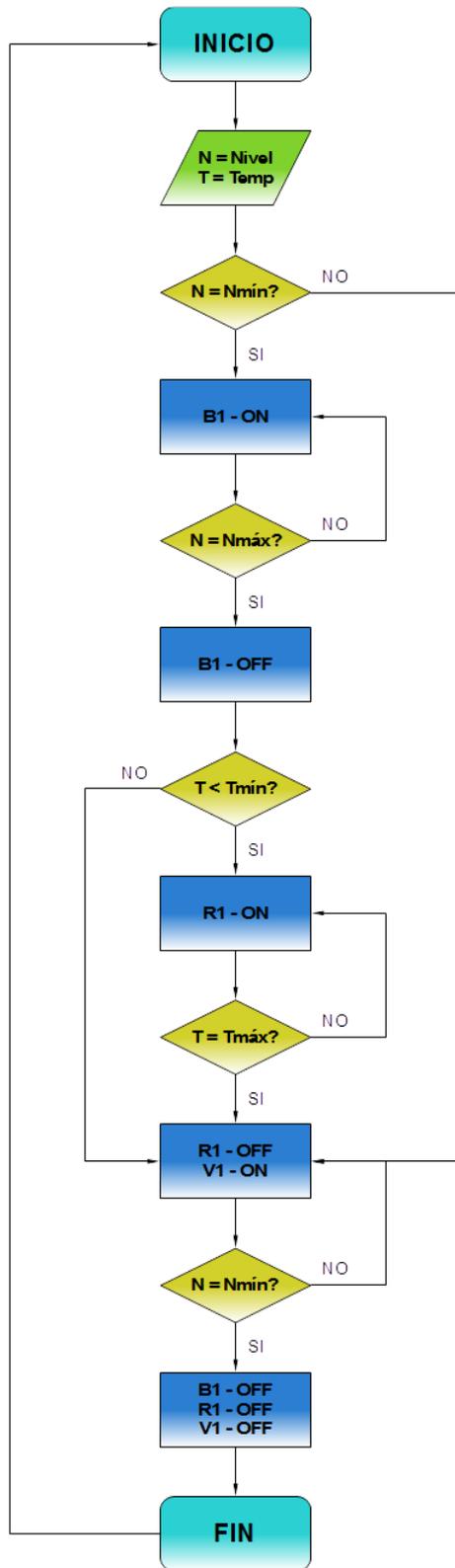


Figura 2. Diagrama de flujo.

Básicamente, el diagrama esquematizado en la Figura 2, simplifica las decisiones planteadas en el lazo cerrado y que son ejecutadas por el modelo físico.

Previamente, para poder dar comienzo al proceso, se debió declarar las siguientes variables: nivel (N) y temperatura (T); y cuatro variables de comparación: nivel mínimo (Nmín), nivel máximo (Nmáy), temperatura mínima (Tmín) y temperatura máxima (Tmáy).

Posteriormente, el SN lee el valor de la variable N; si la misma es igual a Nmín, B1 actúa llenando a velocidad variable el TS en función de N, hasta Nmáy. Si por algún motivo el proceso hubiera iniciado con un valor N mayor a Nmín, V1 actúa vaciando a velocidad constante el TS para asegurar que el proceso se inicie en Nmín.

La lectura del valor N continúa siendo tarea del SN, hasta que el mismo indique que se ha llegado al Nmáy. En ese instante, con B1 y V1 en estado bajo, ST lee el valor de la variable T; si la misma es menor a Tmín, R1 actúa calentando el líquido hasta Tmáy.

Por último, con B1 y R1 en estado bajo, V1 actúa vaciando el TS hasta lograr nuevamente Nmin. Finalizada la descarga y establecidas las condiciones iniciales del sistema, el lazo vuelve a comenzar.

3. Control de la bomba centrífuga

Para el control de nivel de líquido de la planta se diseñó el circuito esquemático mostrado en la figura 3, que luego será plasmado en una placa electrónica, con el fin de **regular la velocidad de la bomba** con la técnica de modulación por ancho de pulso (PWM).

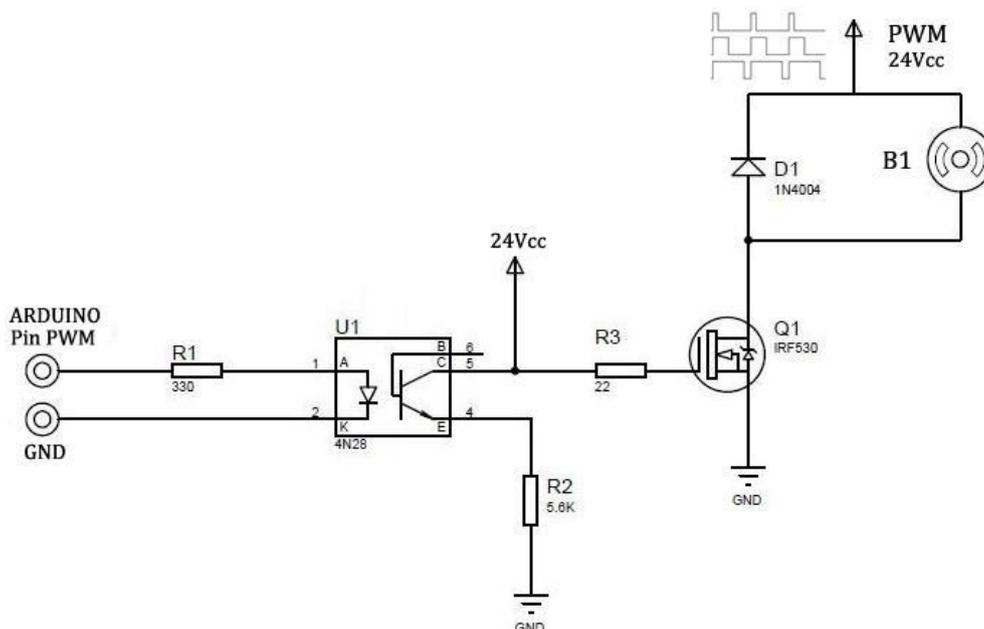


Figura 3. Circuito esquemático PWM.

La modulación de ancho de pulso de una señal es una técnica que logra producir el efecto de una señal analógica sobre una carga, a partir de la variación de la frecuencia y ciclo de trabajo de una señal digital. El ciclo de trabajo describe la cantidad de tiempo que la señal está en un estado lógico alto, como un porcentaje del tiempo total que esta toma para completar un ciclo completo.

Para el desarrollo del circuito esquemático en una placa PCB (Printed Circuit Board) se utilizó "CS Eagle (free versión for students)" que permite su uso libre y gratuito para estudiantes durante

un tres años; este es un software que permite ordenar en escala real los componentes utilizados (ver apéndice) en el diagrama esquemático, realizar el ruteo de las pistas, imprimirlas en papel.

Luego de obtener la impresión en papel del circuito final, se transfiere a la placa virgen de cobre, valiéndose de un método intuitivo ampliamente utilizado en el desarrollo de prototipos hogareños, que consta de la aplicación de calor por medio de una placa calefactora.

4. Accionamiento de la electroválvula de descarga y resistencia calefactora

Siguiendo con la premisa de automatizar el sistema de carga y descarga como así también el de elevar la temperatura del líquido, se diseñó un circuito (figura 4) de tal manera que se pueda encender o apagar una determinada *carga* que funciona con una tensión alterna de 220 [V]; en este caso estaría representada por la electroválvula de descarga ó la resistencia calefactora incluida en el TS.

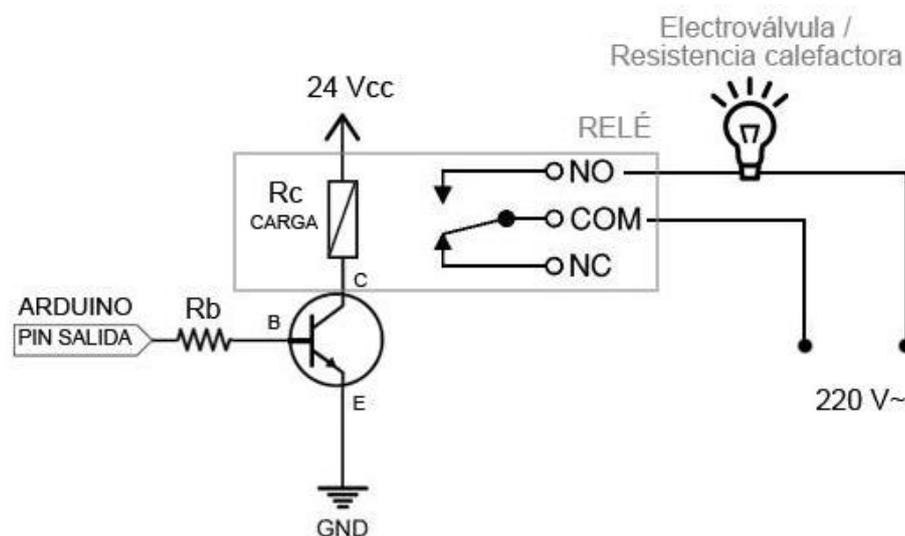


Figura 4. Circuito esquemático para accionamiento.

Utilizando **un transistor** (tipo BJT) con el fin de utilizar los modos *corte* y *saturación* en forma conjunta para formar un “interruptor” controlado eléctricamente por intensidad con la salida del AU. La **resistencia de base (Rb)** sirve para regular la intensidad que atraviesa la base del transistor, y la elección de su valor es crítica para el correcto funcionamiento del circuito e impedir que el Arduino se queme.

Además sabiendo que la bomba centrífuga es alimentada con una fuente de tensión continua de 24 [V] como actuador se emplea un **relé** común de idéntica tensión. De esta manera estamos separando dos circuitos que funcionan con diferentes valores de tensión.

5. Indicadores LED

Además de todos los elementos que hacen al funcionamiento del proceso, se optó por incluir una interfaz básica que permita al usuario iniciar el lazo con un pulsador y visualizar de manera rápida la condición en que se encuentra la planta y el estado de los parámetros a controlar en un cierto instante de tiempo.



Figura 5. Interfaz básica con LEDs.

De acuerdo a la Figura 5, existen dos bloques diferenciados; el primero indica las condiciones en que se encuentra la planta y el segundo muestra las variaciones de nivel y temperatura durante el proceso.

Para el primer bloque se incluyeron dos LEDs; uno verde, de estado continuo, que indica que la PEP ha sido alimentada y está lista para iniciar el lazo, y uno amarillo, de estado intermitente, que indica que se ha dado inicio al proceso.

Para el segundo bloque se incluyeron dos LEDs azules para indicar la variación de N y dos LEDs rojos para indicar la variación de T. Ambos indicadores poseen el mismo principio de funcionamiento; esto es, para $N_{mín}$ los dos LEDs azules estarán apagados y a medida que los parámetros varíen uno de los LEDs variará su intensidad hasta llegar al máximo, momento en el que se encienden ambos LEDs, indicando que se ha llegado a $N_{máx}$. De igual manera para la variación de temperatura.

3. Resultados

En este trabajo se identificó una situación que se propone novedosa para adquirir los conceptos requeridos para el control, automatización y la comunicación de datos y abordarlos de inmediato con los alumnos. Se recurrieron a conocimientos de otras asignaturas para comprender y explicar el funcionamiento de cada dispositivo y del conjunto. Fue importante la realimentación con los docentes de la cátedra, mostrando una base teórica-conceptual disponible amplia.

En cuanto a la exposición sobre el dispositivo estudiado, se presentaron descripciones con un grado de detalle de básico a complejo. Se incorporaron dimensiones precisas de algunas partes y se requirió cierto conocimiento de las magnitudes fundamentales y sus correspondientes unidades y escalas.

El análisis de la información registrada proporcionó indicación sobre la calidad de los aprendizajes y las competencias adquiridas por los alumnos.

4. Discusión

La experiencia realizada en la asignatura por los alumnos becarios se ha transformado en una herramienta pertinente para desarrollar competencias que indiquen el saber hacer. Esto implica que el estudiante en su formación, además de conocimientos, debe adquirir una serie de habilidades y destrezas. El ámbito de experiencias prácticas integradoras es una propuesta pedagógica que permite el desarrollo de las mismas.

5. Conclusiones

Dadas las características del trabajo del profesional de la ingeniería, la dinámica con que evoluciona la tecnología en el mundo actual y el carácter estratégico de estas últimas, para el desarrollo económico social de cualquier país, las prácticas de enseñanza de las carreras de Ingeniería deben estar basadas en espacios de integración que generen el ambiente adecuado para el aprendizaje de conceptos específicos a cada disciplina involucrada.

Se ha detectado a través de la implementación de actividades que contemplen la automatización, el control y el cómputo, el incremento en la predisposición de los alumnos hacia el abordaje de temas relacionados con éstas áreas. Esto se ve al momento de la presentación de informes, la profundidad de tratamiento de los temas, la complejidad de las lógicas y esquemas de control diseñados, el nivel de las consultas de los alumnos sobre características de sensores, actuadores, autómatas y otros componentes.

6. Trabajos Futuros

El desarrollo y mejora continua de este proyecto implica profundizar en automatización industrial y sistemas de control automático; cuya versatilidad permita al docente planificar múltiples actividades, según el área de desarrollo en la que se realice: control de sistemas automáticos, relevación de distintos parámetros y variables, programación de controladores y actuadores y adquisición, sincronización de datos con aplicaciones locales, o nubes informáticas.

Por este motivo se detallan a continuación una serie de aspectos que se desean implementar sobre este proyecto, con el fin de mejorar su funcionamiento y su aplicación:

1. *Interfaz gráfica y adquisición de datos*

También, se proyecta desarrollar un entorno gráfico que permita observar en tiempo real los distintos parámetros del proceso, como así también realizar la actuación del mismo.

A su vez, se piensa a futuro en realizar la toma de datos que interesen para la evaluación del prototipo, y poder subir un registro de los mismos a la nube, con el objetivo de poseer información relevante en el momento y lugar que uno quiera.

2. *Estudio de implementación en la industria*

Otra de las aplicaciones que encontramos interesante, en este caso para la gama *Arduino*, es poder utilizarla como placa de control programable en la industria. Por este motivo, se desea investigar y desarrollar mejoras, con el fin determinar todo tipo de perturbaciones, interferencias y ruidos, como por ejemplos las generadas por campos eléctricos y magnéticos, que puedan afectar el rendimiento óptimo de dicha placa.

Reconocimientos

Resulta importante destacar el apoyo en conjunto recibido por miembros el Grupo de Investigación en Enseñanza de la Ingeniería; agradeciendo a la Dra. Gloria Alzugaray, Ing. Matías Orué, Tec. Martín Bär y Elián Cerbán.

Además a la Facultad Regional Santa Fe por brindarnos el espacio y recursos necesarios para llevar a cabo el modelo físico a escala.

Bibliografía

Alzugaray, G., Rodríguez Virasoro L. y Orué, M (2016). El trabajo práctico integrador como estrategia de enseñanza: su pertinencia didáctica para el desarrollo de competencias en carreras de ingeniería. Revista RADI CONFEDI ISSN-L 2314-0925 ISSN 2314-288X. Editorial CONFEDI.

Prieto, L. (2008). La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje. Barcelona: Octaedro/ICE UB

CONFEDI (2010). La Formación del Ingeniero para el Desarrollo Sostenible. Aportes del - *Congreso Mundial Ingeniería*. Buenos Aires.