

ESTRATEGIA DIDACTICA EN REDES DE SENSORES: DESARROLLO DE COMPETENCIAS

Alicia Polanco Risquet¹, Agnes S. Nagy²

¹⁻² Universidad Tecnológica de La Habana. “José Antonio Echevarría”, CUJAE,
Ave 114 #11901 e/ Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba

¹e-mail: alicia.polanco@cime.cujae.edu.cu

²e-mail: agnes.nagy@cime.cujae.edu.cu

RESUMEN

El rápido desarrollo tecnológico impone retos a la formación universitaria tanto para modificar la metodología empleada en el proceso enseñanza aprendizaje, como para incluir nuevas áreas de conocimiento, aplicación y competencias, de acuerdo a las exigencias de la formación profesional actual y las necesidades sociales y económicas presentes. Una de ellas es el diseño de redes inalámbricas de sensores, extensamente utilizadas para obtener información e interactuar con el entorno natural y/o industrial. Aunque en las universidades en el mundo entero, incluyendo las universidades cubanas, se desarrollaron numerosas tesis de grado y de maestría en esta temática, sus enfoques de diseño específicos impiden la generalización necesaria para su enseñanza durante la formación profesional. Para brindar solución a la situación problemática señalada, se realizó una investigación cualitativa, cuyos resultados se presentan en este artículo en forma de una estrategia didáctica elaborada sobre conceptos básicos pedagógicos y profesionales. Su validez fue confirmada a través de experiencias obtenidas en aplicaciones medioambientales, tanto en recintos cerrados como en el exterior. Se presentan los procesos de diseño de ambos casos, reflejando como los enlaces establecidos entre los tres pilares –Escenario, Requisitos y Arquitectura– guían el pensamiento del diseñador para organizar su trabajo, prever la relevancia social y utilidad de la aplicación, así como impulsan el desarrollo de competencias para alcanzar la meta planteada. Debido a su flexibilidad y adaptabilidad demostrada, esta estrategia didáctica puede ser utilizada en escenarios muy diversos.

PALABRAS CLAVES: estrategia didáctica, redes inalámbricas de sensores, competencias.

DIDACTIC STRATEGY IN SENSOR NETWORKS: DEVELOPMENT OF COMPETENCES

ABSTRACT

The rapid technological development imposes challenges to university education both to modify the methodology used in the teaching-learning process, and to include new areas of knowledge, application and competences, according to the demands of current professional training and present social and economic needs. One of them is the design of wireless sensor networks, widely used to obtain information and interact with the natural and/or industrial environment. Although in universities around the world, including Cuban universities, numerous undergraduate and master's theses have been developed on this subject, their specific design approaches prevent the necessary generalization for their teaching during professional training. In order to provide a solution to the aforementioned problematic situation, a qualitative research was carried out, the results of which are presented in this article in the form of a didactic strategy elaborated on basic pedagogical and professional concepts. Its validity was confirmed through experiences obtained in environmental applications, both indoors and outdoors. The design processes of both cases are presented, reflecting how the links established between the three pillars–Scenario, Requirements and Architecture–guide the designer's thinking to organize his work, foresee the social relevance and usefulness of the application, as well as drive the development of competencies to achieve the stated goal. Due to its flexibility and proven adaptability, this didactic strategy can be used in very diverse scenarios.

INDEX TERMS: didactic strategy, wireless sensor networks, competences.

1. INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo tecnológico no solo se refleja en la vida cotidiana, sino con frecuencia impone retos a la formación universitaria tanto para modificar la metodología empleada en el proceso enseñanza aprendizaje [1] [2] [3], como para incluir nuevas áreas de aplicación, conocimiento y competencias [4], teniendo en cuenta los factores sociales y económicos presentes.

Una de estas nuevas áreas de conocimiento y aplicación, es la de las Redes Inalámbricas de Sensores (WSN Wireless Sensor Networks en inglés), cuyo auge se ubica en la segunda década del siglo XXI [5]. Actualmente representan las formas más extendidas de obtener información del entorno y también pueden formar parte de los sistemas complejos conocidos como Internet de las Cosas (IoT, Internet of Things en inglés) [6] y el Internet Industrial de las cosas (IIoT, Industrial Internet of the Things en inglés) [7].

Las universidades en el mundo entero, incluyendo las universidades cubanas, acogieron con mucho interés el estudio y aplicación de las redes inalámbricas de sensores, motivado tanto por su impacto social, como por la necesidad de formación educacional de sus egresados [8,9,10]. En la Universidad Tecnológica de La Habana (CUJAE), esta temática forma parte de una asignatura optativa de pregrado introducida en el plan E de estudio y de la asignatura obligatoria Sensores y Redes de Sensores, del perfil de Electrónica de la Maestría. [11]. Numerosas tesis de grado, maestría y doctorado [12,13,14] así como artículos publicados tienen por objetivo el diseño de redes inalámbricas de sensores [15,16, 17,18,19]. En cada uno de ellos se enfoca el diseño de la red de sensores con perspectivas diferentes o con enfoques específicos dirigidos a ciertas características de la red. Aunque sus valores son indiscutibles, los métodos de trabajo que emplean son diversos y no generalizables, por lo que estas metodologías no pueden ser utilizadas en el proceso enseñanza – aprendizaje de la formación profesional universitaria. Surge entonces la necesidad de elaborar una nueva metodología –basada en una planificación didáctica [20]– en el tema de diseño de redes de sensores.

El objetivo de la investigación cualitativa realizada consiste en elaborar una estrategia didáctica flexible y adaptable, con una visión sistémica, que contribuya al desarrollo de competencias en el diseño de redes de sensores inalámbricas para la gran variedad de aplicaciones.

2. CONCEPTOS BÁSICOS DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

La investigación que se presenta está fundamentada en los conceptos básicos de la estrategia didáctica, cuyo empleo en el entorno de diseño de redes de sensores permitió obtener como producto un diseño estratégico específico para este fin.

Una estrategia expresa el proceso de ideas enfocadas en anticipar acciones para conseguir un objetivo o conjunto de objetivos. Se trata de una herramienta del pensamiento que, a través de una serie de procedimientos, guían las acciones para alcanzar un objetivo o determinadas metas de aprendizaje. La estrategia siempre debe estar fundamentada en un método [20]. Por esta razón, en el campo propiamente educativo, algunas veces se habla de estrategias de enseñanza y otras de estrategias didácticas.

Según el método utilizado en la estrategia didáctica, esta puede representar una vía ascendente o descendente entre la teoría y la práctica, respondiendo a la secuencia encadenada de acciones que facilitan el logro eficaz del objetivo. Dado el carácter cambiante, interactivo y adaptativo de la realidad social y educativa, en [21] se propone una interpretación del concepto de estrategia “como procedimiento adaptativo o conjunto de ellos por lo que se organiza secuencialmente la acción para lograr el propósito o meta deseado.

En la formulación de una estrategia didáctica intervienen varios componentes [21]:

- Consideración teórica o perspectiva de conjunto del proceso, que proporciona direccionalidad y visión de conjunto a las acciones concretas a realizar.
- Finalidad o meta deseada, en que el trabajo a realizar encuentra su razón de ser y la motivación para su realización.
- Secuencia adaptativa, que permite flexibilidad e interacción, propiciando el desarrollo de competencias, como la creatividad, previsión y toma de decisiones acertadas.
- La realidad contextual, siendo esta el elemento clave en el diseño estratégico. Es el punto de partida del proceso de diseño y su punto de retorno, donde se manifiestan los resultados alcanzados.

Elaboración de la estrategia didáctica para el diseño de redes de sensores

La teoría general del diseño ingenieril considera tres aspectos como fundamentales para el diseño:

- Escenario, para el cual se propone el diseño
- Requisitos, que el diseño debe cumplir para satisfacer las demandas del escenario
- Arquitectura, la estructura física – lógica que posibilita el cumplimiento de los requisitos

En la elaboración del diseño estratégico estos tres aspectos se consideran como pilares, cuya interrelación determinará una serie de procedimientos que guiarán el pensamiento y las acciones a realizar, para alcanzar un objetivo o determinadas metas.

Para establecer el encadenamiento de procedimientos y acciones, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

a) La verdadera **relevancia social** de las redes inalámbricas de sensores no consiste en el inmenso número y variedad de los datos que son capaces de obtener, sino en el uso que se hace de ellos para el bien de la sociedad: mejorar la calidad de la vida, aumentar la eficiencia de los procesos de la producción, el cuidado del medioambiente, entre muchos otros.

b) El beneficio del uso específico y práctico a que se destinan los datos adquiridos, en adelante llamado **Utilidad**, se debe tener en cuenta desde el inicio del diseño, para:

- asegurar la cantidad y calidad requerida de los datos, su almacenamiento y facilidad de acceso, lo que contribuye a su relevancia social.
- asegurar los recursos de hardware y software necesarios, evitando modificaciones (mayores o menores) en el diseño ya realizado, así como si es preciso, proporcionar o prever herramientas para el análisis de los datos.

c) Secuencia adaptativa que permita el desarrollo de competencias: creatividad, previsión, organización, estructuración de lo no estructurado y toma de decisiones acertadas [21,22,23]

d) Escenario, como realidad contextual para el diseño de redes de sensores. Con el escenario empieza y a él retorna el diseño, con los resultados obtenidos.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se elaboró la estrategia didáctica de ciclos cerrado, cuya representación gráfica se muestra en la Fig. 1.

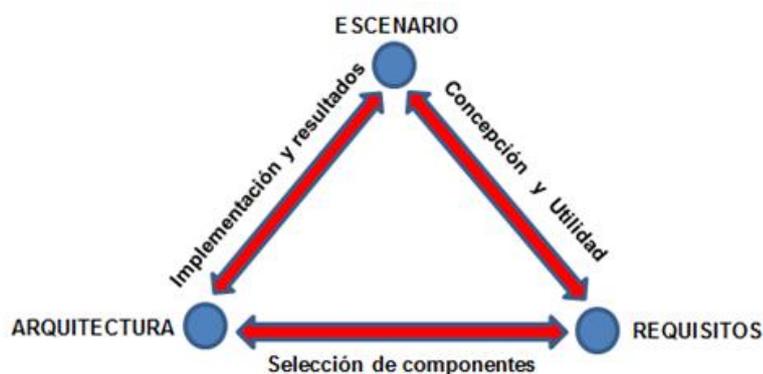


Figura 1: Representación gráfica de la Estrategia didáctica.

Esta estrategia didáctica se basa en tres pilares: Escenario, Requisitos y Arquitectura, que se entrelazan a través de puentes, guiando el pensamiento objetivo y creador del diseñador, enfocado a organizar y realizar una serie de procedimientos y anticipar acciones para alcanzar un objetivo o determinadas metas del diseño. Esta visualización gráfica del proceso de diseño a ciclo cerrado ayuda a profundizar y madurar ideas, promover la visión sistémica y la integración de conocimientos.

El proceso del diseño comienza con el estudio del Escenario. Los Escenarios donde se emplean las redes inalámbricas de sensores son muy diversos, cada uno con sus propias condiciones, características y necesidades, cuyo estudio *creativo* permite determinar qué información (dato) debe ser adquirida, y cómo estos deben ser procesados y presentados en el escenario al concluir la implementación de la red propuesta, para que los resultados obtenidos sean socialmente relevantes.

Para establecer los requisitos del diseño con precisión, el puente entre Escenario y Requisitos se le denomina *Concepción y Utilidad* (ver Fig. 1), ya que la Utilidad prevista en el estudio del escenario puede generar requisitos adicionales tanto de hardware como de software. Este paso contribuye a la formación de *competencias organizativas, de previsión y creatividad*. Los requisitos que se establezcan influyen tanto en las *decisiones a tomar* respecto a la Arquitectura, *estructurando lo no estructurado*, como en la selección de componentes convenientes para su materialización. Además, a la vez, estos influyen sobre la implementación de la aplicación (que es el puente a través del cual se retorna al escenario), permitiendo *prever* –según la experiencia del diseñador– *los retos que deben ser resueltos*, y resolverlos (*creatividad*) para o durante la implementación de una aplicación dada.

La *Implementación y comprobación* de los *Resultados* cierra el ciclo de la estrategia didáctica de diseño, donde los resultados incluyen tanto la prueba funcional, como la obtención de la Utilidad prevista, que debe poner en evidencia su relevancia social.

Lo antes expuesto expresa que la estrategia didáctica elaborada para el diseño de redes inalámbricas de sensores potencialmente cumple con las expectativas planteadas. Aunque esta investigación es cualitativa, su efectividad fue comprobada a través del tutorado de tesis de grado y –su enseñanza y aplicación– en un curso de capacitación para profesionales [23].

3. APLICACIÓN DEL DISEÑO ESTRATÉGICO: DESARROLLO DE COMPETENCIAS

Conociendo el fuerte impacto de la contaminación ambiental a la salud humana [24,25], dos de las tesis de grado tutoradas se dedicaron al estudio ambiental; una al medioambiente en recintos cerrados y la otra en el exterior [26]. En el tutorado de ambas tesis se utilizó la estrategia didáctica antes descrita. La tabla 1 resume los aspectos esenciales del proceso de diseño realizado en los dos casos, así como las competencias desarrolladas y los resultados obtenidos. Los pilares de la estrategia didáctica, ESCENARIO, REQUISITOS, ARQUITECTURA, se presentan en letra mayúscula, mientras los puentes que guían el pensamiento y las competencias desarrolladas en minúscula.

Competencias desarrolladas

En los procesos enlazados de la estrategia didáctica, los autores de las tesis desarrollaron competencias individuales generales y/o específicas diversas [4]. Estas competencias contribuyeron a mejorar la calidad y utilidad social de las redes diseñadas.

Las competencias tienen una componente fuertemente individual. Como concepto general, incluye características personales tales como conocimientos (saber), aptitudes (saber hacer) y actitudes (querer hacer) [22], que forman parte del perfil profesional de cada carrera. Sin embargo, la adquisición de competencias individuales más allá de los tres componentes antes mencionados, depende de cómo el individuo logra desarrollar e integrar estos tres componentes [21], motivado por el reconocimiento de la necesidad, por el aprendizaje creativo, por alcanzar las metas propuestas, y por la satisfacción personal y profesional que se experimenta con la terminación exitosa de un trabajo.

En el caso de la red para el exterior, se encontró una solución original para la medición simultánea de 7 gases contaminantes, publicada después de la defensa de la tesis [27].

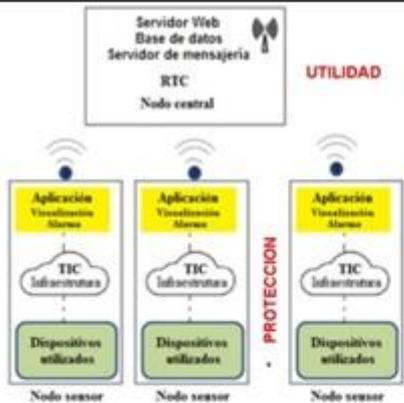
La observación de las competencias individuales adquiridas durante el desarrollo de los trabajos confirma que la estrategia didáctica empleada dinamizó la integración de conocimientos, aptitudes y actitudes a nivel individual para el logro de las metas finales, enriqueciendo con nuevos valores la formación profesional.

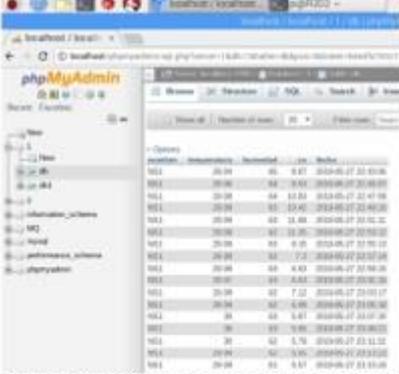
La estrategia didáctica presentada puede ser utilizada por tutores y estudiantes en tesis y/o diseñadores de redes de sensores, para organizar su trabajo, prever problemas a resolver y buscar sus soluciones, con vistas a la utilidad y relevancia social.

Tabla 1. Aplicación de la estrategia didáctica elaborada en el estudio del medioambiente.

	Red inalámbrica de sensores para recintos cerrados	Red inalámbrica de sensores para el exterior
ESCENARIOS		
	Construcciones estáticas, posiciones fijas con acceso frecuente.	Campo abierto: dinámico, cambiante, de difícil acceso humano.
OBJETIVOS	El objetivo de esta aplicación es la medición de la concentración del monóxido de carbono (CO) en aire en recintos cerrados (<i>indoor</i>), para proteger la salud de las personas.	El objetivo de este trabajo es el estudio del comportamiento medioambiental en regiones naturales externas (<i>outdoor</i>), por lo que se necesita adquirir procesar y almacenar los valores de 9 variables medioambientales.
CONCEPCION y UTILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hay que brindar protección a cada recinto ▪ Es conveniente almacenar la historia de cada local ▪ Es mejor almacenar la historia de todos los locales centralmente, así se tiene acceso a toda la información. ▪ La historia de los recintos pudiera utilizarse para prever o verificar afectaciones de la salud por el CO. ▪ Seria practico y funcional tener acceso a distancia 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se necesita de internet para acceder a los datos, porque está muy alejado de todo y el acceso es difícil. ▪ Si pasa algo en la red (ej. paso de un animal) se pierde información. ¡Hay que almacenar datos en varios lugares! ▪ ¿A cuál nodo se conecta internet? ▪ Hay que decidir, que contaminantes se van a medir
	Observacion activa Imagination creativa	Observacion activa Imagination creativa
REQUISITOS	<p>En cada recinto se debe</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Medir la temperatura, humedad relativa y concentración de CO en intervalos de tiempo preestablecidos. 2. Visualizar resultados de medición 3. Emitir señal de alarma <p>Se deben recoger y almacenar con fecha y hora los valores medidos en cada local para:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Conocer la historia de los locales 5. Verificar las condiciones ambientales en caso de enfermedad 6. Calcular el valor medio horario de la concentración de CO 	<p>Generales</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizar Internet para asegurar el acceso a la información almacenada ▪ Obtener la información de las variables medioambientales: temperatura, humedad relativa y la concentración de los gases contaminantes LPG (<i>liquified petroleum gas</i>), monóxido de carbono, propano, metano, alcohol, hidrógeno y humo. <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cada nodo sensor debe tener capacidad de cálculo suficiente para adquirir, procesar y almacenar las nueve variables medioambientales.



<p>REQUISITOS</p>	<p>Se debe brindar la posibilidad de obtener información a distancia</p>	<ul style="list-style-type: none"> La información medioambiental obtenida por cada uno de los nodos debe almacenarse en varios lugares para evitar la pérdida de la información en caso de fallas. Toda la red debe trabajar de forma continua y sincronizada. Uno de los nodos de la red debe tener conexión a internet y debe ser sustituible en caso de fallar esta conexión (AUTOCONFIGURACION).
<p>Competencias</p>	<p>Creatividad en diferenciar entre: Protección de las personas en tiempo real, Utilidad para uso posterior, o a distancia.</p>	<p>Creatividad en diferenciar entre Requisitos generales y específicos Previsión y Protección contra posibilidad de fallos en la red, de difícil acceso humano. Previsión para la implementación: Hay que resolver la medición simultanea de 7 gases contaminantes y la presentación de los resultados.</p>
<p>Selección de componentes</p>	<p>Para el nodo sensor se eligió la plataforma Arduino Uno, mientras para el nodo central de funciones más complejas se seleccionó la plataforma Raspberry Pi 3 B. Para la medición de CO se utilizó el sensor MQ7.</p>	<p>Se seleccionó la plataforma Raspberry Pi 3 para los nodos sensores, por tener acceso directo a Internet y capacidad de cálculo suficiente para adquirir, procesar y almacenar las nueve variables medioambientales. Para la medición de los 7 gases se utilizaron los sensores MQ2 y MQ5.</p>
<p>Competencias</p>	<p>Criterios certeros en la selección de componentes</p>	<p>Criterios certeros en la selección de componentes</p>
<p>ARQUITECTURA</p>	 <p>Arquitectura vertical. Cada nodo sensor realiza las mismas funciones, pero en locales diferentes. Todos se comunican con el nodo central.</p>	 <p>Arquitectura horizontal. Los resultados de las mediciones se almacenan en ambos nodos para no perderlos en caso de algún fallo. La relación de los nodos es maestro-esclavo. Si el maestro pierde su conexión a internet, el esclavo asume sus funciones, y se los devuelve cuando la conexión se reestablece.</p>
<p>Competencias</p>	<p>Estructurar lo no estructurado</p>	<p>Estructurar lo no estructurado Creatividad:</p> <ul style="list-style-type: none"> almacenamiento de los datos en ambos nodos relación maestro-esclavo de los nodos <p>Previsión: Autoconfiguración para la implementación.</p>

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Implementación y Resultados que confirman UTILIDAD y RELEVANCIA</p>	 <p>Datos almacenados en la base de datos</p>  <p>Información recibida en el teléfono móvil</p> <p>Todas las mediciones se almacenan en una base de datos, para conocer la historia de los locales. Las mediciones de cualquiera de los recintos se pueden observar en tiempo real, a distancia.</p>	<p>Nodo1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fecha</th> <th>Gas Lixivado del petróleo</th> <th>Monóxido de carbono</th> <th>Humo</th> <th>Propano</th> <th>Acetileno</th> <th>Oxígeno</th> <th>Metano</th> <th>Temperatura</th> <th>Humedad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2018-06-10 19:21:55</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> <tr><td>2018-06-10 19:22:09</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> <tr><td>2018-06-10 19:22:26</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> <tr><td>2018-06-10 19:22:34</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> <tr><td>2018-06-10 19:22:46</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> <tr><td>2018-06-10 19:22:57</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> <tr><td>2018-06-10 19:23:08</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> </tbody> </table> <p>Nodo2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fecha</th> <th>Gas Lixivado del petróleo</th> <th>Monóxido de carbono</th> <th>Humo</th> <th>Propano</th> <th>Acetileno</th> <th>Oxígeno</th> <th>Metano</th> <th>Temperatura</th> <th>Humedad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2018-06-10 19:22:34</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> <tr><td>2018-06-10 19:22:46</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> <tr><td>2018-06-10 19:22:57</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> <tr><td>2018-06-10 19:23:08</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>0ppm</td><td>20°C</td><td>90%</td></tr> </tbody> </table> <p>Resultados de las mediciones almacenadas en la base de datos de uno de los nodos</p>  <p>Valor promedio de la concentración de los siete gases para 8 horas de medición</p> <p>En cada nodo se almacenan las mediciones de los dos nodos (protección contra fallos). El cálculo del valor promedio de contaminantes y su presentación gráfica permite la comparación rápida con los valores permitidos</p>	Fecha	Gas Lixivado del petróleo	Monóxido de carbono	Humo	Propano	Acetileno	Oxígeno	Metano	Temperatura	Humedad	2018-06-10 19:21:55	0ppm	20°C	90%	2018-06-10 19:22:09	0ppm	20°C	90%	2018-06-10 19:22:26	0ppm	20°C	90%	2018-06-10 19:22:34	0ppm	20°C	90%	2018-06-10 19:22:46	0ppm	20°C	90%	2018-06-10 19:22:57	0ppm	20°C	90%	2018-06-10 19:23:08	0ppm	20°C	90%	Fecha	Gas Lixivado del petróleo	Monóxido de carbono	Humo	Propano	Acetileno	Oxígeno	Metano	Temperatura	Humedad	2018-06-10 19:22:34	0ppm	20°C	90%	2018-06-10 19:22:46	0ppm	20°C	90%	2018-06-10 19:22:57	0ppm	20°C	90%	2018-06-10 19:23:08	0ppm	20°C	90%																																																																		
Fecha	Gas Lixivado del petróleo	Monóxido de carbono	Humo	Propano	Acetileno	Oxígeno	Metano	Temperatura	Humedad																																																																																																																											
2018-06-10 19:21:55	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
2018-06-10 19:22:09	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
2018-06-10 19:22:26	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
2018-06-10 19:22:34	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
2018-06-10 19:22:46	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
2018-06-10 19:22:57	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
2018-06-10 19:23:08	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
Fecha	Gas Lixivado del petróleo	Monóxido de carbono	Humo	Propano	Acetileno	Oxígeno	Metano	Temperatura	Humedad																																																																																																																											
2018-06-10 19:22:34	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
2018-06-10 19:22:46	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
2018-06-10 19:22:57	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
2018-06-10 19:23:08	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	0ppm	20°C	90%																																																																																																																											
<p>Competencias</p>	<p>Destreza en programación para la aplicación desarrollada.</p>	<p>Destreza en programación para la aplicación desarrollada, en que se destaca:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Solución: medición simultanea de 7 contaminantes, ▪ Autoconfiguración de la red. 																																																																																																																																		

4. CONCLUSIONES

El auge y uso extendido de las redes de sensores en la segunda década del siglo XXI planteó un reto a la formación universitaria, en la enseñanza y aprendizaje del diseño de las redes de sensores. La investigación realizada para encontrar la solución perseguía el doble objetivo de establecer un procedimiento de diseño flexible y adaptable a diferentes escenarios, y que a la vez impulsara el desarrollo de competencias profesionales.

Como resultado, se elaboró la estrategia didáctica, fundamentada en conceptos básicos pedagógicos y profesionales, aquí presentada. Su novedad consiste en su carácter cerrado, siendo el Escenario el punto de partida y de retorno, donde se manifiesta la relevancia y utilidad social de la aplicación, que el diseñador debe tener presente durante todo el proceso. Los puentes, que enlazan los tres pilares –Escenario, Requisitos y Arquitectura– guían el pensamiento objetivo y creador del diseñador a organizar y llevar a cabo la secuencia de procedimientos, prever y anticipar acciones necesarias a realizar para alcanzar la meta final. A la vez, promueven la visión sistémica, la integración de conocimientos y ayudan en profundizar y madurar ideas,

La efectividad de esta estrategia didáctica fue confirmada a través de su aplicación en dos trabajos. En ambos trabajos se miden variables medioambientales, pero en un caso en local cerrado, en el otro en el exterior. Consecuentemente, las observaciones realizadas respecto al escenario, sus necesidades, y la utilidad social que se pueden derivar del desarrollo de estas dos aplicaciones, permite establecer las diferencias entre las dos. Como demuestran los resultados, se obtienen Requisitos diferentes, Arquitecturas diferentes, componentes utilizados diferentes, procesamiento y presentación de los datos diferentes. También plantean retos diferentes en la programación para la implementación de la aplicación. Pero los diseñadores de ambos adquirieron competencias profesionales, algunos iguales y otros diferentes. Los resultados anteriores también confirman la flexibilidad y adaptabilidad de la estrategia didáctica elaborada.

RECONOCIMIENTOS

Las autoras desean agradecer el trabajo esmerado de sus tutorados, Osmanys Martínez de la Cotera Garciga, Omar Carralero Ibargollen y Daniel Henrríguez Rodríguez, quienes siempre estuvieron abiertos a los planteamientos y exigencias de sus tutoras. Este trabajo de mano a mano, unido con la experiencia como tutoras, permitió la elaboración de una estrategia didáctica que puede ser útil a la comunidad de diseñadores de redes de sensores.

REFERENCIAS

- [1] MJ. Flores, MC.Ortega, y MC. Sánchez, «Las nuevas tecnologías como estrategias innovadoras de enseñanza-aprendizaje en la era digital», *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado.*, vol. 24, n.º 1, pp. 29-42, 2021, doi: 10.6018/reifop.406051.
- [2] R. García, AI. Valencia, CM. González, y MC. Barrios, «Experiencia de docencia a distancia, funcionamiento psicológico positivo y factores de personalidad en profesores mexicanos», *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 14, n.º 1, pp. 462-468, feb. 2022, ISSN: 2218-3622.
- [3] H. Alvarez, R. Avello, y R. López, «Los entornos virtuales de aprendizaje como recurso didáctico en el ámbito universitario», *Revista Universidad y Sociedad.*, vol. 5, n.º 1, pp. 1-10, abril. 2013, ISSN: 2218-3620.
- [4] E. Vidal-Duarte y A. Padrón, «Del diagnóstico al perfil por competencias: lecciones aprendidas en Ingeniería de Sistemas», *Revista Referencia Pedagógica*, vol. 8, n.º 2, pp. 267-286, julio – diciembre, 2020, ISSN: 2308-3042
- [5] Johan S. Rueda, y JM. Talavera, «Similarities and differences between Wireless Sensor Networks and the Internet of Things: Towards a clarifying position», *Revista Colombiana de Computación*, vol. 18, n.º 2, pp. 58-74, jul-dic., 2017, doi:10.29375/25392115.3218
- [6] MA. Aceves, JE. Vargas, CA. Ramos, y SM. Fernández, Eds., *Sistemas embebidos: Estado actual con visión al futuro*, Primera edición. Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C., y Asociación Mexicana de Software Embebido A.C., Querétaro, México, 2017.
- [7] CB. Yuzunza, JM. Izar, JG. Bocarando, F. Aguilar, y M. Larios, «El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras», *Revista Conciencia Tecnológica.*, n.º 54, 2017, ISSN: 1405-5597.
- [8] «ANX-PR/CL/001-01 GUÍA DE APRENDIZAJE. Redes Inalámbricas de Sensores», Universidad Politécnica de Madrid, 1S_2023-24. https://www.upm.es › publico › guias › GA_12TG (accedido mayo, 25, 2024).
- [9] «Repositorio Institucional de Documentos. Redes de sensores electrónicos», Universidad Zaragoza, <https://zaguan.unizar.es › files › guia-60945-es> (accedido may 25, 2024)
- [10] «Guía docente de la asignatura REDES INALAMBRICAS DE SENSORES» Universidad Politécnica de Cartagena; <https://autentica.upct.es › apps › guiasdocentes> (accedido may 25, 2024)
- [11] A. Nagy y A. Polanco, «Resultados de las Metodologías elaboradas y aplicadas en Cursos Optativos y de Maestría», Monografías Cujee 2024: ISBN: 978-959-261-633-2
- [12] V de P. Gonzalo, «Diseño e Implementación de un Sistema Portátil de Medida de Emisiones de CO2», Tesis de grado, E.T.S.I Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid, 2020.
- [13] A. Cobos, «Diseño e implementación de una arquitectura IoT basada en tecnologías Open Source», Tesis de Maestría, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 2016.
- [14] CA. Moreno, «Redes Autónomas e Inteligentes para la Monitorización de Variables Ambientales», Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 2019.
- [15] A. Camas, G. Piñeres, Z. Comas, J. Velez y F. Gómez, «Design of a monitoring Network of meteorological variables related to tornadoes in Barranquilla - Colombia and its metropolitan area», *Revista Chilena de Ingeniería.*, vol. 25, n.º 4, pp. 585-598, 2017, ISSN 0718-3305.

- [16] PA. Quezada, PM. Chango, J. López, FA. Pacheco, y L. Enciso, «Design of a Wireless Network of temperature and lighting sensor for gastronomic laboratories under the principles of agile Scrum methodology», *Revista ESPACIOS.*, vol. 38, n.º 46, jun. 2017, ISSN 0798 1015.
- [17] L. Romero, FJ. Artigas, y C. Anias, «Redes de Sensores Inalámbricos Definidas por Software: revisión del estado del arte», *RIELAC.*, vol. 41, n.º 2, pp. 39-50, mayo-agosto. 2020, ISSN: 1815-5928.
- [18] JC. Chacón, L. Alfonso, y DP. Solomatine, «Rainfall and streamflow sensor network design: a review of applications, classification, and a proposed framework», *Hydrology and Earth System Sciences.*, vol. 21, n.º 2, pp. 3071-3091, 2017. doi.org/10.5194/hess-21-3071-2017.
- [19] M. Sulaiman, R. Saida, M. Yadj, y M. Abid, «Wireless Sensor Network Design Methodologies: A survey, Journal of Sensors», *Journal of Sensors.*, vol. 20, n.º 1, pp. 1-13, ene. 2020, doi: 10.1155/2020/9592836.
- [20] W. Casasola, «El papel de la didáctica en los procesos de enseñanza y aprendizaje», *Revista Comunicación.*, vol. 29, n.º 1, pp. 38-51, jun. 2020, Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18845/rc.v29i1-2020.5258>.
- [21] «Estrategias Creativas en la Enseñanza Universitaria», (Estudio científico interno de profesores de la Universidad de Barcelona). Documento en formato pdf. http://www.ub.edu/sentipensar/pdf/saturnino/estrategias_creativas_universitaria.pdf (accedido junio 2022)
- [22] DB. Mata, y M. García, «Desarrollo de competencias comunicativas en la formación de profesionales de inglés», *Revista Referencia Pedagógica.*, vol. 10, n.º 2, pp. 121-133, may-ago. 2022, ISSN 2308-3042.
- [23] A. Nagy, A. Polanco, D. Henríquez, y TA. Morales, «Experiencia y resultados del curso de capacitación semipresencial sensores y redes de sensores», *Revista Telemática.*, vol. 4, n.º 20, pp. 78-379 ene. 2021, ISSN: 1729-3804.
- [24] «World Health Organization. Air pollution is one of the biggest environmental threats to human health, alongside climate change», New release. Copenhagen and Geneva, 2021. <https://www.who.int/news/item/22-09-2021-new-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution>
- [25] MP. Neira, «Air Pollution and Human Health: A Comment from the World Health Organization», *Annals of Global Health.*, vol. 85, n.º 1, 2019.
- [26] A. Nagy, A. Polanco, D. Henríquez, O. Carralero y OL. Martínez de la Cotera, «Medición de variables medioambientales en diferentes escenarios», *Revista Telemática.*, vol. 19, n.º 1, pp. 22-31, ene- abr. 2020, ISSN 1729-3804.
- [27] A. Nagy, A. Polanco, OL. Martínez de la Cotera, y O. Carralero, «Medición simultanea de gases con sensores MQ», *Revista de Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones.*, vol. 41, n.º 1, pp. 34-43, mar. 2020, ISSN: 1815-5928.

SOBRE LOS AUTORES

Alicia Polanco Risquet, Graduada en 1981 de Ingeniera Eléctrica en la CUJAE, Especialista en Microelectrónica, CIME/CUJAE 1985, Doctor en Ciencias Técnicas CIME/CUJAE, 2001. Investigadora Titular, Profesora Auxiliar, Consultante del Centro de Investigaciones en Microelectrónica CIME de la Facultad de Telecomunicaciones y Electrónica de la CUJAE.
ORCID: 0000-0001-5189-3492.

Agnes S. Nagy, Licenciada en Física (1972, UH), Especialista en Microelectrónica (1982, CUJAE), Doctor en Ciencias Técnicas (1998, CUJAE), Miembro Titular de la ACC desde 2006. Profesora auxiliar, consultante del Centro de Investigaciones en Microelectrónica CIME de la Facultad de Telecomunicaciones y Electrónica de la CUJAE.
ORCID: 0000-0001-5046-0820.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses entre los autores, ni con la institución.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- **Autor 1:** Alicia Polanco Risquet: 50% Contribución a la idea y organización del artículo, revisión crítica de cada una de las versiones del borrador del artículo y aprobación de la versión final a publicar.
- **Autor 2:** Agnes S. Nagy: 50% Conceptualización, preparación, creación y desarrollo del artículo, sugerencias

acertadas para la conformación de la versión final

