

Propuesta de prototipo de vehículo autoguiado de emisión cero en el Campus de Tafira de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Carlos A. Mendieta-Pino^{*a}, Juan J. Santana-Rodríguez^a, Tania del Pino García-Ramírez^a, Saulo Brito-Espino^a, Melania L. Rodríguez-Pérez^a, Federico León-Zerpa^a, Vicente Henríquez-Concepción^b, Alejandro Ramos-Martín^a, Alejandro Ruiz-García^c

^aInstituto de Estudios Ambientales y Recursos Natural (iUNAT) Edificio Polivalente I, Parque Científico Tecnológico;

^bDepartamento de Ingeniería de Procesos; ^cDepartamento de Ingeniería Electrónica y Automática, Campus de Tafira, 35017 Tafira Baja, Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, España

RESUMEN

La consecución de las capacidades y competencias relacionadas con el diseño y construcción de objetos y sistemas, que resuelvan problemas tecnológicos que demanda la sociedad, es el principal objetivo de los estudiantes de las titulaciones de ingenierías. Por otro lado, la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria se encuentra desarrollando un proyecto de movilidad sostenible para el campus universitario y promover así una nueva cultura de movilidad. En este trabajo se presenta una propuesta de desarrollo de un prototipo de vehículo autónomo autoguiado a partir de la experimentación, diseño y construcción por parte de los alumnos de ingenierías utilizando un aprendizaje activo con fomento de su participación e integrándose en una estrategia innovadora educativa. Planteándose los fundamentos, objetivos y fases del proyecto, así como los métricas y resultados esperados del aprendizaje.

Palabras clave: Aprendizaje activo, capacidades, competencia, movilidad sostenible.

1. INTRODUCCIÓN

En marzo de 2022, desde la Dirección de Sostenibilidad de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) ULPGC, y bajo el Proyecto Campus Cero Emisiones, apoyado por el Cabildo de Gran Canaria, se ha propuesto llevar a cabo una acción para el desarrollo de sistemas de movilidad interno de la universidad.

Dentro de este marco surge este proyecto desde el Departamento de Ingeniería de Procesos de la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles (EIIC) que pretende dar una alternativa a la movilidad colectiva dentro del Campus de Tafira. Este trabajo se desarrolla dentro de los Proyectos de Innovación Educativa para la Formación Interdisciplinar (PIEFI) - Línea 3. Contenidos y programas de formación y en el seno del Proyecto de Innovación Educativa “*Laboratorios como entornos de trabajo para el aprendizaje activo y colaborativo mediante el diseño, desarrollo, construcción, utilización y el rediseño de equipos y dispositivos para su aplicación en las prácticas*” (PIE 2022-60)” de la ULPGC.

El objetivo es el diseño, fabricación y puesta en funcionamiento de un Vehículo Autoguiado de Cero Emisiones (VACE) para ser utilizado como transporte colectivo interno dentro del Campus de Tafira de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Este proyecto sería desarrollado y construido por alumnos de ingeniería, a partir de trabajos fin de título (grado y máster) y doctorado, según su especialización, bajo la coordinación de profesores y en instalaciones de la ULPGC.

La estructura de la contribución a la mejora de competencias, conocimientos y capacidad del alumnado sigue los siguientes apartados; Primeramente, se justifica desde el punto de vista docente la necesidad del proyecto, se define el plan de trabajo a seguir en líneas generales, posteriormente se describen los resultados previstos del aprendizaje y su métrica, finalizando con las conclusiones.

* *carlos.mendieta@ulpgc.es; teléfono +34 616 221 076

2. FUNDAMENTOS PARA LA MEJORA DEL APRENDIZAJE Y JUSTIFICACION DOCENTE

La resolución de los diversos problemas de la ingeniería lleva asociado un conjunto considerable de conceptos, fenómenos, propiedades y parámetros de diversa complejidad, que en la mayoría de los casos implica un elevado grado de abstracción. Tradicionalmente los procesos de enseñanza-aprendizaje en las titulaciones de ingenierías se han fundamentado por sesiones teóricas y prácticas, y, en lo referente a las prácticas, en la propuesta y resolución de problemas relacionados con lo trabajado en las sesiones de teoría, y por otro lado en el desarrollo de prácticas de laboratorio. Este método se fundamenta en las técnicas de aprendizaje significativo, según la teoría psicológica cognitiva, en el que las/-os estudiantes van forjando su conocimiento a medida que van trabajando los conceptos desde diferentes puntos de vista, readaptándolos conforme se van realizando las diferentes actividades (teóricas, problemas en aula y prácticas de laboratorio).

Es un hecho que varias de las competencias, que los estudiantes deben adquirir en el desarrollo de las asignaturas de los grados y másteres de ingeniería, se pueden trabajar mediante acciones de aprendizaje activo a través del diseño, construcción y utilización de equipos o dispositivos de laboratorio, fomentando la participación de los estudiantes, suponiendo esto una actividad formativa de gran valor en el campo de la ingeniería, pudiéndose integrar como estrategia educativa innovadora.

El equipo docente que propone este proyecto tiene una trayectoria en estos aspectos de innovación educativa. De forma resumida, se puede resaltar que se posee experiencia en el diseño e implementación de diversos equipos de laboratorio a partir de la elaboración de varios trabajos finales de título, aproximadamente veinte TFT en los últimos diez años, los cuales implementan múltiples experiencias de fenómenos relacionadas con las prácticas de asignaturas que se imparten en los laboratorios del Departamento de Ingeniería de Procesos.

Por otro lado, también se han diseñado e implementado diversos dispositivos para las prácticas de laboratorio por parte de los técnicos de laboratorio y el equipo docente. Como resultado de las acciones comentadas, se ha conseguido realizar la difusión de estos logros en varios foros o medios especializados en la innovación educativa y en revistas internacionales indexadas en el Journal Citation Reports (JCR). Entre estas acciones de difusión, en los últimos diez años, se puede resumir: unas nueve comunicaciones en congresos de innovación educativa con artículos publicados en libro de actas, unas seis comunicaciones en congresos científicos internacionales y cuatro artículos publicados en revistas internacionales indexadas JCR (dos Q4, un Q2 y un Q1).

Por lo expuesto anteriormente, los objetivos de mejora de aprendizaje propuestos se resumen en los siguientes:

- *Objetivo 1 (O1)*. Diseñar estrategias de aprendizaje significativo, con apoyo de las nuevas tecnologías de la información TICs, las cuales ayuden a los estudiantes, de los grados y másteres del campo de la ingeniería, a aprender y entender las relaciones entre las variables y parámetros relacionados con las competencias a adquirir en las respectivas titulaciones.
- *Objetivo 2 (O2)*. Aumentar el conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.
- *Objetivo 3 (O3)*. Aumentar la competencia en el diseño de equipos entre el alumnado como resultado de su aprendizaje.
- *Objetivo 4 (O4)*. Capacitar en la resolución de problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

Para el desarrollo de los equipos y dispositivos, se promoverá el uso de herramientas de código y hardware abierto (Plataforma Arduino, impresión 3D, etc) ¹⁻³ que permitan el estudio y la profundización y difusión del conocimiento de los temas tratados. Igualmente, se pretende someter a una mejora continua el diseño inicial para adaptarlo a necesidades, fenómenos y nuevas variables a estudiar.

La propuesta educacional de este proyecto está basada en las teorías de aprendizaje psicológicas expuestas en diversos trabajos, ⁴⁻⁷ que refieren que los estudiantes refuerzan sus conocimientos a través del uso de adecuados ambientes de aprendizaje, y además a través del diseño, construcción y uso de equipos, dispositivos y prototipos diseñados, para tal

menester. De esta forma se pueden conseguir adecuados ambientes experimentales en línea con las aproximaciones constructivista y construccionistas, así como con el aprendizaje significativo, para aprender a través de técnicas activas ^{5,6,8-10}.

Estos artefactos serán planteados en forma de prototipos, en los que es posible usar sistemas embebidos de bajo coste, permitiendo una considerable versatilidad en el diseño de experimentos, tal y como se refleja en diversos trabajos científicos y trabajos fin de título publicados en este sentido ^{5,6,10}.

Finalmente, el equipo docente, dentro del proceso de evaluación continua, deberá valorar el éxito de la actividad o actividades desarrolladas y cuantificar la mejora obtenida en los Resultados de Aprendizaje de los conceptos/temas trabajados por el estudiantado.

El área de aplicación de este proyecto, en la etapa de ejecución, será algunas de las asignaturas de titulaciones de grado y máster que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. La exportabilidad y replicabilidad se garantiza dada la naturaleza de este proyecto, donde se trabajará con herramientas de código abierto de distribución libre y gratuita, desarrollo, diseño, construcción y modificación, así como su difusión por canales de comunicación y divulgación masiva también gratuitos, los resultados esperados serían totalmente exportables a otras universidades o centros de estudio superior, así como al público en general.

Asimismo, la filosofía del cambio metodológico propuesto, basado en aprendizaje activo, colaborativo y multidisciplinar, así como la creación de los conocimientos para la resolución de problemas de ingeniería por medio del diseño, construcción y uso de equipos y sistemas en general con herramientas de hardware y software abiertas, que permiten su extrapolación a otras asignaturas tanto del mismo ámbito como de otros distintos.

3. PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo a aplicar en este proyecto está formado por ocho etapas de ejecución:

- Fase 0 – Identificación de las necesidades, características y prestaciones.
- Fase 1 – Definición y desarrollo del concepto.
- Fase 2 - Validación del concepto.
- Fase 3 – Definición diseño y cálculo de tren de potencia.
- Fase 4 - Diseño, cálculo y construcción del chasis.
- Fase 5 – Diseño, cálculo de suspensiones y sistema de frenado.
- Fase 6 - Integración del tren de potencia y subsistemas de gestión.
- Fase 7 – Integración del sistema de guiado.
- Fase 8 – Montaje y validación del prototipo completo.

Cada fase se realizará con al menos un trabajo fin de título (TFT) (grado, máster u doctorado), en función del alcance y necesidades del proyecto, cada fase podrá tener más de un TFT asociado.

Los elementos que podrán componer las fases o TFT dentro del proyecto serán, entre otros:

- Sistema o equipo que implementa el fenómeno de estudio, fomentando el uso de herramientas de impresión 3D, entre otras.
- Sensores y actuadores.
- Sistema de adquisición de datos y control digital (microcontroladores digitales basados en las plataformas Arduino, pc, apps, red wifi, tecnología del IoT (internet de las cosas), control remoto mediante entornos digitales, ...).
- Interfaces digitales mediante ordenador, tablets, smartphone, redes sociales, etc...
- Simulación de los fenómenos estudiados, implementados en herramientas numéricas mediante entorno digitales de simulación virtual (Excel, Matlab, Scilab, etc...).

La propuesta de temporalización está basada en 15 semanas según el TFT en el que se aborde parte o fase del proyecto. Este proyecto es susceptible de tener continuidad en cursos posteriores dada la enorme potencialidad de uso de los equipos

y dispositivos a implementar, a lo que se une la dinámica social y tecnológica imperante. Se podría ampliar su alcance a otras asignaturas, mediante el desarrollo de más contenidos o profundizar en los ya desarrollados mediante el desarrollo de nuevos casos de estudio.

Para resolver posibles contingencias como por ejemplo el retraso en el desarrollo de TFT, no asignación de trabajos, etc se plantea las siguientes acciones:

1. Se realizará en los cursos de grado y máster publicidad sobre el proyecto en su conjunto, atrayendo a posibles interesados no matriculados en TFT / TFM siendo necesario superar un test de aptitud para ser candidato a ser participe del proyecto, afianzando la motivación del alumno participante con ello
2. El trabajo se realizará y se facilitarán para su desarrollo en los laboratorios de la Escuela y se planteará un plan de tutorías y seguimiento específico al menos cada 15 días con vistas a realizar un seguimiento pormenorizado de la evolución del trabajo.
3. En caso de ausencia reiterada del alumno con el encargo de TFT, se procederá a otro alumno tanto de grado como máster la asignación del referido TFT.
4. En caso de que existan trabajos que queden sin asignación, se desarrollara por parte de los profesores líneas básicas del trabajo pendiente a fin de hacerlo más atractivo para el alumnado.
5. Se incentivará que los alumnos participantes de grado en el proyecto realicen las practicas externas curriculares desarrollando su TFT en las instalaciones y laboratorios de la Escuela.

4. RESULTADOS PREVISTOS

Los resultados previstos son los siguientes:

- *Resultado 1.* Mejora de las competencias y capacidades del equipo docente para diseñar estrategias de aprendizaje activo en los laboratorios docentes, con apoyo de las nuevas tecnologías de la información TICs, en titulaciones grados y másteres del campo de la ingeniería.
- *Resultado 2.* Aumento y consolidación del conocimiento y de las competencias de las/-os estudiantes de los conceptos o contenidos trabajados en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones. Lo cual implica, en cierta manera, la mejora de la capacidad de aprender a aprender.
- *Resultado 3.* Aumento de la competencia del diseño de equipos entre el alumnado como resultado de su aprendizaje.
- *Resultado 4.* Mejora en la capacidad de resolución de problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en el campo de la Ingeniería Industrial.

Las métricas que se proponen son las siguientes:

- *Métrica 1:* evaluación mediante cuestionarios e informes realizados por las/-os estudiantes de los fenómenos trabajados en las prácticas de laboratorio. Valoración por medio de cuestionarios del nivel de satisfacción de los estudiantes en relación con su aprendizaje, para obtener información acerca de la consciencia que tengan los estudiantes de su aprendizaje.
- *Métrica 2:* evaluación mediante cuestionarios e informes realizados por las/-os estudiantes de la estructura y configuración de los equipos o dispositivos utilizados en las prácticas de laboratorio. Valoración por medio de cuestionarios del nivel de satisfacción de los estudiantes en relación con su aprendizaje, para obtener información acerca de la consciencia que tengan los estudiantes de su aprendizaje.
- *Métrica 3:* evaluación mediante memorias realizadas por las/-os estudiantes de las propuestas de mejora y modificación de la estructura y configuración de los equipos o dispositivos utilizados en las prácticas de laboratorio. Valoración por medio de cuestionarios del nivel de satisfacción de los estudiantes en relación con su autoaprendizaje, así como de su sensación del autoaprendizaje.

La aplicación de las métricas mostradas será según lo reflejado en la siguiente tabla o matriz de correspondencia y valoración de resultados-métricas-objetivos:

Tabla 1. Cuadro de resultados – métricas - objetivos

Resultados/Métrica/Objetivos	M1	M2	M3	O1	O2	O3	O4
R1	X	X	X	X			
R2		X	X		X		
R3			X		X	X	
R4			X	X	X	X	X

Por otro lado, el impacto y proyección de los resultados esperados serían los siguientes:

Impacto:

- Trabajar en conjunto en la actividad las diferentes competencias profesionales generales del título, específicas, y genéricas o transversales y específicas de ambas titulaciones.
- Mejorar los resultados académicos del estudiantado.
- Mejorar las ratios de calidad de la asignatura: tasa de éxito y tasa de rendimiento.
- Aumentar la motivación del grupo clase por la asignatura en cuestión y el Grado en general.

Proyección de los resultados:

- Posibilidad de poner el proyecto en práctica en otras asignaturas, cursos, carreras y otras instituciones.
- Posibilidad de dar continuidad al proyecto en cursos posteriores. De esta forma se podrían optimizar los contenidos, obtener más resultados y una mayor fiabilidad en la generalización de estos.
- Aumento de la colaboración entre varios centros, departamentos, áreas de conocimiento, profesores, etc.
- Extensión de nuevas técnicas docentes en los estudios de Grado y Máster de la Universidad.

En cuanto a las potenciales materias donde se aplicaría la actividad propuesta en el presente proyecto se exponen en la siguiente tabla. Todas ellas son asignaturas técnicas, cuatrimestrales, pertenecientes a las titulaciones de Grado en Ingeniería Química (GIQ), Grado en Ingeniería Mecánica (GIM), Grado de Ingeniería en Organización Industrial (GIOI), Grado en Ingeniería Química Industrial (GIQI) y los Máster de Ingeniería Industrial (MII) y el Máster en Tecnologías y Procesos Industriales Avanzados (MTPIA) se imparten en la Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles (EIIC) de la ULPGC.

5. CONCLUSIONES

Con este proyecto se alcanzan los siguientes hitos:

1. Se promueve una cultura de movilidad sostenible desarrollando un proyecto integrador en la vida del Campus.
2. Se promueve el potencial de diseño e implementación de tecnología educativa.
3. Se promueve el pensamiento crítico, computacional, y científico.
4. Se promueve la competencia de aprender a aprender.

Los resultados previstos con este proyecto serían publicados en abierto, por lo que daría proyección social e internacional a la ULPGC y permitiría la implantación de material de formación a través del aprendizaje autónomo y colaborativo mejorando el rating de la ULPGC en estos términos.

Financiación: Este proyecto es cofinanciado por la Cooperación Interreg V-A España-Portugal. Programa MAC (Madeira-Azores-Canarias) Proyecto MITIMAC MAC2/1.1a/263.

Este proyecto es financiado en parte por los fondos europeos Next Generation EU (NGEU) bajo el “Real Decreto 641/2021, de 27 de julio, por el que se regula la concesión directa de subvenciones a universidades públicas españolas para la modernización y digitalización del sistema universitario español en el marco del plan de recuperación, transformación y resiliencia (UNIDIGITAL) - Proyectos de Innovación Educativa para la Formación Interdisciplinar (PIEFI) - Línea 3. Contenidos y programas de formación” en el seno del Proyecto de Innovación Educativa “Laboratorios como entornos de

trabajo para el aprendizaje activo y colaborativo mediante el diseño, desarrollo, construcción, utilización y el rediseño de equipos y dispositivos para su aplicación en las prácticas” (PIE 2022-60)”.

REFERENCIAS

- [1] Walkowiak, M. and Nehring, A., “Using ChemDuino, Excel, and PowerPoint as Tools for Real-Time Measurement Representation in Class,” *J Chem Educ* **93**(4), 778–780 (2016).
- [2] Enciso, P., Luzuriaga, L. and Botasini, S., “Using an Open-Source Microcontroller and a Dye-Sensitized Solar Cell To Guide Students from Basic Principles to a Practical Application,” *J Chem Educ* **95**(7), 1173–1178 (2018).
- [3] Pino, H., Pastor, V., Grimalt-Álvaro, C. and López, V., “Measuring CO₂ with an Arduino: Creating a Low-Cost, Pocket-Sized Device with Flexible Applications That Yields Benefits for Students and Schools,” *J Chem Educ* **96**(2), 377–381 (2019).
- [4] Mekic, E., Djokic, I., Zejnelagic, S. and Matovic, A., “Constructive approach in teaching of VoIP in line with good laboratory and manufacturing practice,” *Computer Applications in Engineering Education* **24**(2), 277–287 (2016).
- [5] Garcia, I. A. and Cano, E. M., “Designing and implementing a constructionist approach for improving the teaching-learning process in the embedded systems and wireless communications areas,” *Computer Applications in Engineering Education* **22**(3), 481–493 (2014).
- [6] Cano, E. M., Ruiz, J. G. and Garcia, I. A., “Integrating a learning constructionist environment and the instructional design approach into the definition of a basic course for embedded systems design,” *Computer Applications in Engineering Education* **23**(1), 36–53 (2015).
- [7] Sorathia, K. and Servidio, R., “Learning and Experience: Teaching Tangible Interaction and Edutainment,” *Procedia - Social and Behavioral Sciences* **64**, 265–274 (2012).
- [8] Mekic, E., Djokic, I., Zejnelagic, S. and Matovic, A., “Constructive approach in teaching of VoIP in line with good laboratory and manufacturing practice,” *Computer Applications in Engineering Education*, n/a–n/a (2015).
- [9] Smith, R. C., Iversen, O. S. and Hjorth, M., “Design thinking for digital fabrication in education,” *International Journal of Child-Computer Interaction* **5**, 20–28 (2015).
- [10] Gandra, M., Seabra, R. and Lima, F. P., “A low-cost, versatile data logging system for ecological applications,” *Limnol Oceanogr Methods* **13**(3), 115–126 (2015).