GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Sistema IOT para la medida de radiación solar		
TITLE:	Solar Irradiance measurement IOT system		
SUPERVISOR/ES:	Christian Tenllado y José Ignacio Gómez		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	tenllado@ucm.es, jigomez@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental ■	Bibliográfico ☐	Simulación ☐
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ■	Selección por expediente ☐	

OBJETIVOS: El objetivo principal es contribuir al desarrollo y despliegue de un sistema IoT para la medida de irradiación solar.

METODOLOGÍA: El TFG se realizará en el contexto del grupo ArTeCS que incluye el despliegue de una red de nodos de medición en el campus UCM.

La labor del estudiante abarcará diferentes aspectos, no todos ellos en la misma profundidad:

- Desarrollo de software de medida y transmisión de medidas a servidores en la nube en los nodos sensores
- Calibración de los nodos sensores
- Despliegue de servicios en la nube para la gestión de los nodos
- Despliegue de servicios en la nube para el almacenamiento de datos y su procesamiento
- Desarrollo de algoritmos para la obtención de mapas de irradiación a partir de medidas puntuales

El trabajo tendrá una primera fase de estudio, en la que el alumno deberá familiarizarse con las herramientas que vaya s necesitar para el desarrollo del proyecto, y/o los conceptos teóricos que le sean desconocidos. Posteriormente, se elaborará una

planificación temporal para ir cumpliendo los diferentes objetivos enunciados anteriormente.

Los profesores se reunirán periódicamente con el estudiante para discutir temas de técnicos de diseño y desarrollo, y realizar el seguimiento de su progreso. El estudiante deberá ir recopilando la información necesaria para la escritura final de la memoria de su TFG.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Ninguna prevista. Se fomentará la autonomía del estudiante en el desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA:

- Peter van der Burgt. Designing a Low-Cost Autonomous Pyranometer. Bachelor Thesis. 2020. http://essay.utwente.nl/82693/

- Espinosa-Gavira, M.J.; Agüera-Pérez, A.; González de la Rosa, J.J.; Palomares-Salas, J.C.; Sierra-Fernández, J.M. An On-Line Low-Cost Irradiance Monitoring Network with Sub-Second Sampling Adapted to Small-Scale PV Systems. *Sensors* **2018**, *18*, 3405. https://doi.org/10.3390/s18103405

- Rocha, Á.B.d.; Fernandes, E.d.M.; Santos, C.A.C.d.; Diniz, J.M.T.; Junior, W.F.A. Development of a Real-Time Surface Solar Radiation Measurement System Based on the Internet of Things (IoT). *Sensors* **2021**, *21*, 3836. https://doi.org/10.3390/s21113836

- ESP-IDF Programming guide. https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/index.html

- Telegraph. https://www.influxdata.com/time-series-platform/telegraf

- Influxdb. https://www.influxdata.com/products/influxdb

- Grafana. https://grafana.com

- MQTT: http://mqtt.org/
- ESP-IDF: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/index.html

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

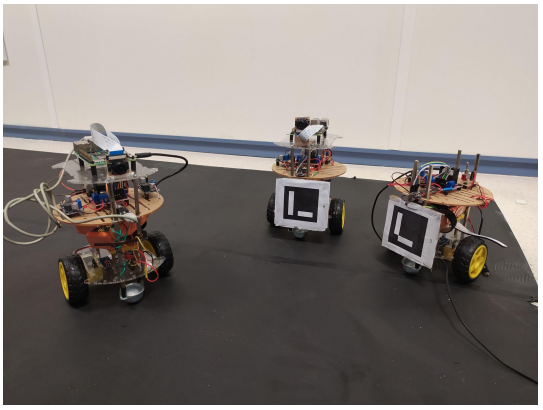
DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Robotarium: navegación de robots en formación		
TITLE:	Robotarium: multi robot navigation in formation		
SUPERVISOR/ES:	Lía García Pérez, Eva Besada Portas		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	liagar05@ucm.es, ebesada@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental ■	Bibliográfico ☐	Simulación ☐
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ■	Selección por expediente ☐	

OBJETIVOS:

El objetivo principal del trabajo es introducirse en la navegación en formación de sistemas multi robot. Entre otras muchas aplicaciones, estos sistemas se pueden explotar para tareas de exploración como barrer grandes volúmenes en operaciones de búsqueda y rescate, o para coordinar robots en tareas de vigilancia.

La propuesta de este Trabajo Fin de Grado (TFG) se centra en analizar, seleccionar e implementar un algoritmo de navegación en formación en el sistema multirobot UCM-Robotarium, que es un entorno multi robot de bajo coste disponible del grupo de Ingeniería de Sistemas, Control, Automatización y Robótica (ISCAR). UCM-Robotarium dispone de al menos 3 robots (que serán próximamente 5), y una cámara cenital y un servidor que proporcionan la localización a cada robot mediante un sistema de marcas.

Sobre el aspecto técnico, este TFG requiere que el estudiante se centre en dos componentes principales. Primero en la implementación del algoritmo de navegación en los robots. Para ello se usarán Python y/o C++. En segundo lugar, este TFG tiene un fuerte carácter experimental, puesto que el/los algoritmos han de ser probados en el UCM-Robotarium, de manera que el estudiante tendrá que trabajar con el hardware de los robots.



Robots de bajo coste del UCM-Robotarium

METODOLOGÍA:

1. Estudio, guiado por los supervisores, de bibliografía relacionada con navegación multi robot en formación.
2. Selección y adaptación de un algoritmo para los robots del UCM-Robotarium.
3. Implementación y análisis del funcionamiento del algoritmo mediante simulación.
4. Implementación y análisis del funcionamiento del algoritmo sobre los robots del UCM-Robotarium.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Se realizarán seminarios y reuniones sobre: (1) navegación en formación de múltiples robots, (2) el funcionamiento hardware y software del UCM-Robotarium, (3) la integración de algoritmos de formación en el software de un robot. Así mismo, se realizarán reuniones formativas sobre cualquier otro aspecto que sea necesario para la realización del TFG.

BIBLIOGRAFÍA:

[1] Sean Wilson, et al., ***The Robotarium: Globally Impactful Opportunities, Challenges, and Lessons Learned in Remote-Access, Distributed Control of Multirobot Systems***. IEEE Control Systems Magazine, vol. 40, no. 1, pp. 26-44, Feb. 2020.

[2] Paull, L., Tani, J., Ahn, H., Alonso-Mora, J., Carlone, L., Cap, M., Chen, Y. F., Choi, C., Dusek, J., Fang, Y., Hoehener, D., Liu, S. Y., Novitzky, M., Okuyama, I. F., Pazis, J., Rosman, G., Varricchio, V., Wang, H. C., Yershov, D., ... Censi, A. ***Duckietown: An open, inexpensive and flexible platform for autonomy education and research***. In ICRA 2017 - IEEE International Conference on Robotics and Automation 2017 (pp. 1497-1504).

[3] HG de Marina. ***Distributed formation maneuver control by manipulating the complex Laplacian*.** Automatica (Journal of IFAC) Volume 132 Issue C Oct 2021 . https://arxiv.org/abs/2009.07625

[4] HG de Marina, J Jiménez, W Yao. ***Leaderless collective motions in affine formation control*.** Proceedings of the 60th IEEE Conference on Decision and Control (CDC) 2021. https://arxiv.org/abs/2104.03412

[5] HG de Marina. ***Maneuvering and robustness issues in undirected displacement-consensus-based formation control*.** *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 66, no. 7, pp. 3370-3377, July 2021 https://arxiv.org/abs/2008.03544

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Monitorización automática de aguas embalsadas mediante vehículos autónomos de superficie		
TITLE:	Automatic monitoring of lentic waters using autonomous surface vehicles		
SUPERVISOR/ES:	Eva Besada Portas, Lía García Pérez		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	ebesada@ucm.es, liagar05@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental ☐	Bibliográfico ☐	Simulación ■
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ■	Selección por expediente ☐	

OBJETIVOS:

El agua potable es un recurso limitado, amenazado por su mal uso y numerosos factores ambientales, cuya fragilidad se encuentra exacerbada por las inundaciones y sequías extremas asociadas al cambio climático. Para determinar la presencia de contaminantes biológicos naturales (p.e. los afloramientos de cianobacterias que generan sustancias tóxicas secundarias y limitan el uso del agua con fines recreativos y de consumo) conviene que sea monitorizada, con una frecuencia temporal y resolución espacial pertinente, que permita a las autoridades alertar sobre su estado y gestionar el recurso hídrico de forma adecuada.

Los Vehículos Autónomos de Superficie (VAS, un tipo de embarcaciones automatizadas) facilitan estas labores de monitorización, si se equipan con sensores capaces de determinar el estado (p.e. pH, temperatura) del agua o la presencia de otras sustancias, y se desplazan sobre la masa de agua tomando las medidas en las localizaciones pertinentes. El grado de intervención humana requerida durante el proceso depende de la autonomía de los VAS, que es soportada sobre los sistemas de control automático de sus desplazamientos y los planificadores de las trayectorias que deben seguir los VAS durante el desarrollo de la misión.

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo que el alumno del Grado de Ingeniería Electrónica de Comunicaciones participe en el desarrollo de los sistemas de control y planificación de trayectorias de los VAS, y que ponga en práctica técnicas y

conocimientos adquiridos en diversas asignaturas del Grado (Sistemas Lineales, Control, Optimización).

Más concretamente, los objetivos del proyecto son:

- Modelado del comportamiento de los VAS, de los sensores que utilice para determinar la calidad del agua, y de su entorno.
- Desarrollo de un sistema automático de control y/o planificación para que los VAS monitoricen la calidad del agua.
- Análisis del funcionamiento del sistema desarrollado mediante simulaciones.

METODOLOGÍA:

Para realizar el trabajo propuesto el alumno deberá seguir los siguientes pasos:

1.- Estudio y análisis del problema de la monitorización de masas de agua contaminantes biológicos. Se le ofrecerá al alumno, por parte de los tutores del trabajo, todo el material necesario para ello.

2.- Modelado del comportamiento de los diferentes elementos del problema.

3.- Desarrollo de los algoritmos de control y/o planificación de los VAS.

4.- Análisis, mediante simulaciones, de los resultados obtenidos por los algoritmos desarrollados frente a diferentes escenarios de contaminación.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Se realizarán seminarios y reuniones: (1) para comprender el problema planteado; (2) sobre el modelado y simulación de los diferentes elementos del problema; y (3) sobre el diseño de los algoritmos de control y planificación. Así mismo, se realizarán reuniones formativas sobre cualquier otro aspecto que sea necesario para la realización del TFG.

BIBLIOGRAFÍA:

E. Besada-Portas, J.M. Girón-Sierra, J Jiménez, J.A. López-Orozco (2021). Data-Driven Exploration of Lentic Water Bodies with ASVs Guided by Gradient-Free Optimization/Contour Detection Algorithms. Proceedings of the 2021 Winter Simulation.

G. Carazo-Barbero, E. Besada Portas, J.M. Girón Sierra, J.A. López Orozco. 2021. “EA-Based ASV Trajectory Planner for Pollution Detection in Lentic Waters”. EvoStar.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Implementación reconfigurable de algoritmos criptográficos		
TITLE:	Reconfigurable implementation of cryptographic algorithms		
SUPERVISOR/ES:	José Luis Imaña Pascual		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	jluimana@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental ☐	Bibliográfico ☐	Simulación ■
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ■	Selección por expediente ☐	

OBJETIVOS:

Al finalizar el trabajo, el alumno será capaz de:

- Comprender las bases criptográficas y el funcionamiento de distintos algoritmos de cifrado.
- Comprender las operaciones involucradas en dichos algoritmos.
- Realizar la descripción en un lenguaje de descripción de hardware utilizando herramientas de diseño electrónico automatizado.
- Realizar la simulación e implementación reconfigurable de dicha descripción.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos.

METODOLOGÍA:

- El alumno adquirirá los conocimientos básicos necesarios sobre criptografía y realizará un estudio previo de distintos algoritmos de cifrado.
- El alumno realizará una descripción sintetizable en el lenguaje de descripción de hardware VHDL de uno de los algoritmos criptográficos.
- El alumno utilizará una herramienta de diseño electrónico automatizado para la implementación y simulación de dicha descripción sobre dispositivos reconfigurables.
- El alumno realizará el análisis de los resultados experimentales obtenidos y extraerá conclusiones de los mismos.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Tutorías de un profesor experto en el tema.

BIBLIOGRAFÍA:

1.- A.J. Menezes, P.C. van Oorschot, S.A. Vanstone. “Handbook of Applied Cryptography”, CRC Press, 1997.

2.- J. Pastor Franco, M.A. Sarasa López, J.L. Salazar Riaño. “Criptografía Digital. Fundamentos y Aplicaciones”, Prensas Universitarias de Zaragoza, 2001.

3.- S. Brown, Z. Vranesic. “Fundamentos de lógica digital con diseño VHDL”, McGraw-Hill, 2000.

4.- P.J. Ashenden. “The designer’s guide to VHDL”, Morgan Kaufmann, 2008.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Personalización de la estimulación transcraneal para su aplicación en enfermedades neurodegenerativas		
TITLE:	Personalized protocols of transcranial stimulation in neurodegenerative disorders		
SUPERVISOR/ES:	José L. Ayala		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	jayala@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental X	Bibliográfico	Simulación X
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa X	Selección por expediente ☐	

OBJETIVOS:

La estimulación transcraneal directa (tDCS) y la estimulación transcraneal magnética (TMS) son dos técnicas muy novedosas en el área de la neurociencia que, mediante la aplicación de campos eléctricos o magnéticos en el cráneo, permiten modular la actividad neuronal y tratar un variado número de síntomas asociados a enfermedades neurológicas, psiquiátricas y sistemas como : depresión, ansiedad, dolor crónico, fatiga, migraña, ictus, demencia, etc. Para ello, es fundamental realizar una ubicación precisa de los electrodos (tDCS) o el coil (TMS), de forma que el campo generado module la actividad eléctrica en la región cerebral de interés. En este contexto, las técnicas de neuroimagen (PET, MRI, etc.) proporcionan una valiosa información con respecto al alcance de la enfermedad, lo que permite parametrizar de forma objetiva los parámetros de la estimulación transcraneal.

Así, este proyecto se enuncian los siguientes objetivos:

- Desarrollar modelos de campo eléctrico comparando diferentes dianas y tipos de estimulación cerebral no invasiva en pacientes con

afasia progresiva primaria (siendo esta enfermedad un modelo muy interesante de neurodegeneración en estadíos previos a su conversión en Alzheimer o Demencia Fronto Temporal).

- Correlacionar el campo eléctrico con variables clínicas y de neuroimagen.

METODOLOGÍA:

1. Estudio de la técnica de estimulación transcraneal no invasiva: fundamentos físicos y clínicos
2. Evaluación del flujo de ejecución de un software de simulación de estimulación cerebral no invasiva
3. Definición de casos de interés (de acuerdo con equipo clínico)
4. Análisis de parámetros de neuroimagen y variables clínicas (proporcionadas por equipo clínico del Hospital Clínico San Carlos)
5. Parametrización de las regiones de estimulación cerebral sobre atlas AAL/Brodmann
6. Realización de las simulaciones
7. Generación de modelos de correlación
8. Análisis de resultados (de acuerdo a las especificaciones del equipo clínico)

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

• Formación en neuroimagen y evaluación clínica neurológica
• Formación en modelado de efectos biológicos de las radiaciones electromagnéticas.
• Sesiones de discusión clínica-ingeniería con equipo de trabajo multidisciplinar (online).
• Formación en herramientas de modelado electromagnético de la actividad cerebral
• Formación en técnicas de procesamiento de datos basadas en aprendizaje automático

BIBLIOGRAFÍA:

- Simnibs Tutorial
- Fregni F, El-Hagrassy MM, Pacheco-Barrios K, Carvalho S, Leite J, Simis M, Brunelin J, Nakamura-Palacios EM, Marangolo P,

Venkatasubramanian G, San-Juan D, Caumo W, Bikson M, Brunoni AR; Neuromodulation Center Working Group (2020). Evidence-based guidelines and secondary meta-analysis for the use of transcranial direct current stimulation (tDCS) in neurological and psychiatric disorders. Int J Neuropsychopharmacol. pyaa051. Advance online publication. https://doi.org/10.1093/ijnp/pyaa051

- Masina, F., Arcara, G., Galletti, E., Cinque, I., Gamberini, L., & Mapelli, D. (2021). Neurophysiological and behavioural effects of conventional and high definition tDCS. Scientific reports, 11(1), 7659 . https://doi.org/10.1038/s41598-021-87371-z
- Antonenko, D., Grittner, U., Saturnino, G., Nierhaus, T., Thielscher, A., & Flöel, A. (2021). Inter-individual and age-dependent variability in simulated electric fields induced by conventional transcranial electrical stimulation. NeuroImage, 224, 117413. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.117413
- Kalloch, B., Bazin, P. L., Villringer, A., Sehm, B., & Hlawitschka, M. (2020). A flexible workflow for simulating transcranial electric stimulation in healthy and lesioned brains. PloS one, 15(5), e0228119. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228119
- Wang, H., Wang, X., Jin, J., Zhang, W., Li, Y., Liu, Z., & Yin, T. (2019). Simultaneous stimulation using rTMS and tDCS produces the most effective modulation of motor cortical excitability in healthy subjects: A pilot study. Neuroscience letters, 694, 46–50.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática.		
TÍTULO:	Detección de defectos con Deep Learning en imágenes industriales tomadas con rayos X.		
TITLE:	Defects detection in X-ray industrial images using Deep Learning.		
SUPERVISOR/ES:	María José Gómez Silva y Jesús Chacón Sombría		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	mgomez77@ucm.es y jeschaco@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental [X]	Bibliográfico [ ]	Simulación [ ]
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa [X]	Selección por expediente [ ]	

OBJETIVOS:

La inspección de imágenes industriales de piezas de fundición tomadas con rayos X permite realizar un control de calidad no destructivo sobre las piezas. Por ello, esta práctica es común en la industria aeroespacial, nuclear y de automoción, donde es necesario garantizar la integridad estructural de algunos componentes. Sin embargo, el análisis e interpretación de esas radiografías es un trabajo arduo para los expertos a quienes les lleva una gran cantidad de tiempo la localización de los defectos.

En este Trabajo Fin de Grado se propone el desarrollo de un Red Neuronal Artificial para automatizar la labor de detección y clasificación de defectos. Se aplicarán técnicas de Deep Learning, en concreto algoritmos de detección, clasificación y segmentación sobre una base de datos pública compuesta por radiografías de piezas de fundición.

Los objetivos que alcanzar por el alumno son:

1. Preprocesamiento de las imágenes de la base de datos y generación de anotaciones adicionales sobre su contenido. Todo ello en el formato necesario para entrenar y testear un modelo neuronal.
2. Estudio y comprensión de arquitecturas neuronales de detección, clasificación y segmentación.
3. Desarrollo, entrenamiento y test de un modelo neuronal que localice automáticamente los defectos presentes en una radiografía de una pieza mecánica.

METODOLOGÍA:

Para realizar el trabajo propuesto el alumno deberá seguir los siguientes pasos:

1. Estudiar y analizar el material y recursos necesarios para el desarrollo de algoritmos de Deep Learning. Se proporcionará al alumno todo el material necesario para realizar este paso.
2. Aprendizaje del uso del software necesario para la implementación de modelos neuronales. Se emplearán librerías de uso extendido, con documentación disponible, y modelos neuronales ya publicados, como Tensorflow.
3. Entendimiento y organización de las bases de datos para entrenamiento y test. Esto incluye la generación de anotaciones adicionales que indiquen la localización de los defectos en las imágenes a nivel de segmentación. Para este propósito se emplearán herramientas ya existentes como la Image Labeler app de Matlab.
4. Desarrollo, entrenamiento y test de modelos neuronales basados en diferentes técnicas y arquitecturas. Cada versión entrenada y testeada será considerada como un experimento realizado.
5. Evaluación comparativa de los resultados. Uso de métricas de evaluación conocidas. El alumno recibirá la formulación necesaria para implementar los protocolos de evaluación.
6. Elaboración de la memoria del trabajo realizado.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Seminario para la definición de los objetivos, planificación de las tareas, entendimiento de las herramientas y conceptos necesarios para el desarrollo de redes neuronales, y la realización de los experimentos, y para la facilitación de cualquier otra información necesaria para la realización del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA:

García Pérez, A., Gómez Silva, M. J., & de la Escalera Hueso, A. (2022). Automated Defect Recognition of Castings Defects Using Neural Networks. Journal of Nondestructive Evaluation, 41(1), 1-15.

Mery, D.: Aluminum casting inspection using deep object detection methods and simulated ellipsoidal Defects. Mach. Vis. Appl. (2021). https://doi.org/10.1007/s00138-021-01195-5

Ferguson, M., Ak, R., Lee, Y.T.T., Law, K.H.: Detection and segmentation of manufacturing defects with convolutional neural networks and transfer learning. arXiv:1808.02518 [cs] (2018)

Mery, D., Riffo, V., Zscherpel, U., Mondragon, G., Lillo, I., Zuccar, I., Lobel, H., Carrasco, M.: GDXray: the database of X-ray images for nondestructive testing. J. Nondestr. Eval. 34(4), 42 (2015). https://doi.org/10.1007/s10921-015-0315-7

Pajares, G., Herrera, P. J., & Besada, E. (2021). Aprendizaje Profundo. RC-Libros, Madrid.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Desarrollo de modelos neuronales para la predicción del rendimiento académico.		
TITLE:	Developing neural network models to predict academic performance.		
SUPERVISOR/ES:	Jesús Chacón Sombría y María José Gómez Silva		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	jeschaco@ucm.es, mgomez77@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	[X] Experimental	Bibliográfico [ ]	Simulación [ ]
ASIGNACIÓN DE TFG:	[X] Selección directa	Selección por expediente [ ]	

OBJETIVOS:

El uso de herramientas software interactivas para la realización de prácticas de laboratorio, ya sea en modalidad virtual, presencial o remota, permite facilitar la recogida de una gran cantidad de información sobre la actividad del alumno durante la realización de la práctica. Resulta interesante abordar el estudio de estos datos para analizar el propio proceso de aprendizaje del alumno, con la intención de comprenderlo mejor y poder utilizar este conocimiento en su beneficio. Para ello, pueden ser de gran utilidad las técnicas de *Learning Analytics*, un área de investigación de creciente importancia en los últimos años [1-2], y cuyas aplicaciones más frecuentes se centran en la optimización del entorno de aprendizaje, en la mejora del proceso de aprendizaje y, especialmente, en la mejora de los resultados de aprendizaje [1]. En general, dentro del proceso de análisis del aprendizaje se pueden identificar diferentes fases: medida, recolección, análisis e interpretación [3]. En nuestro caso, la medida y recolección de datos provendrá principalmente de las actividades realizadas durante las prácticas, registros de actividad y calificaciones del alumno, usando las capacidades disponibles para tal fin en el sistema de gestión del aprendizaje Moodle y en la herramienta EJS [4].

En este Trabajo Fin de Grado se propone realizar un análisis sistemático de datos del aprendizaje del alumno, fundamentalmente datos de calificaciones, registros de actividad en la plataforma Moodle LMS y datos de interacción de los alumnos con las prácticas de laboratorio de Procesamiento de Señales. Para ello, se utilizarán técnicas

basadas en redes neuronales y deep learning [5,6], con el objetivo de entrenar modelos neuronales que sean capaces de hacer predicciones sobre el rendimiento académico del alumno en base a los datos recogidos sobre el proceso de aprendizaje.

Más en concreto, los objetivos del Trabajo Fin de Grado son que el alumno:

1.- Realice un preprocesamiento de datos de aprendizaje disponibles del curso 2021/2022, agrupando datos de diversas fuentes, eliminando información redundante y estableciendo un formato adecuado para el posterior procesamiento.

2.- Estudie el uso de diferentes técnicas (p.ej. basadas en RNN, LSTM y Attention Mechanism) para analizar los datos y realizar predicciones.

3.- Realice el entrenamiento y test del modelo neuronal.

4.- Genere un repositorio de datos y documentación para tener disponible la información para futuras consultas.

METODOLOGÍA:

Para realizar el trabajo propuesto el alumno deberá seguir los siguientes pasos:

1.- Estudiar y analizar el material y recursos bibliográficos que se le proporcionará al alumno para familiarizarse con las técnicas y herramientas que se utilizarán en el trabajo.

2.- Determinar qué técnicas y modelos neuronales son más adecuados para y se determinará un flujo de trabajo para facilitar el posterior procesamiento y análisis de esos datos.

3.- Implementar los modelos neuronales elegidos (p.ej en Tensorflow o PyTorch).

4.- Realizar el entrenamiento y tests de validación de los modelos neuronales.

5.- Elaborar la memoria.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Seminario para la definición de los objetivos, técnicas y herramientas; para la configuración y manejo del software necesario para dar soporte a la implementación de los modelos neuronales y de cualquier otra información necesaria para la realización del trabajo.

BIBLIOGRAFÍA:

[1]. Knobbout and E. van der Stappen, “Where is the Learning in Learning Analytics? A Systematic Literature Review on the Operationalization of Learning-Related Constructs in the Evaluation of Learning Analytics Interventions”. European Conference on Technology Enhanced Learning, 2018.

[2] H. Vargas; R.Heradio; J. Chacón; L. de la Torre; G. Farias; D. Galán; S. Dormido; “Automated Assessment and Monitoring Support for Competency-Based Courses”, IEEE Access, 7, 2019.

[3] F. Esquembre, F.J. García Clemente; R. Chicón; L. Wee.; L. Kwang; D. Tan. “Easy Java/JavaScript Simulations as a tool for Learning Analytics”. In Proceedings of the International Conference on Computers in Education, 2019.

[4] J. Chacon; E. Besada-Portas; G. Carazo-Barbero; J. A. Lopez-Orozco; “Enhancing EJsS with Extension Plugins”, Electronics, 1 (5) 2021

[5] Chen, F., & Cui, Y. Utilizing Student Time Series Behaviour in Learning Management Systems for Early Prediction of Course Performance. Journal of Learning Analytics, 7(2), 1-17. https://doi.org/10.18608/jla.2020.72.1

[6] Mubarak, A. A., Cao, H., & Ahmed Salah, A. M. (2021). Predictive learning analytics using deep learning model in MOOCs’ courses videos. Education and Information Technologies, 26(1), 371-392. doi:https://doi.org/10.1007/s10639-020-10273-6

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática				
TÍTULO:	Control del Robot de ABB con soporte de visión artificial				
TITLE:	ABB robot control with machine vision support				
SUPERVISOR/ES:	José Antonio López Orozco				
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	jalo@dacya.ucm.es				
NÚMERO DE PLAZAS:	1				
TIPO DE TFG:	Experimental	X	Bibliográfico		Simulación	X
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa	X	Selección por expediente			

OBJETIVOS:

Hoy en día los robots industriales se utilizan en multitud de operaciones en infinidad de empresas y son fundamentales en la producción mundial, logrando importantes mejoras en la producción, la calidad de los productos, reducción de tiempo de producción y de parada, disminución de los costos operativos y menor mano de obra humana. Actualmente no se podría prescindir de ellos.

Ejemplos de aplicaciones donde los robots industriales son utilizados son la tareas monótonas o peligrosas, como levantar y trasladar objetos pesados o manejo de productos nocivos; o las tareas de producción, como tallado, barnizado, pintado, empaquetan, soldado, clasificación o montaje de estructuras.

En concreto, los robots de ABB son utilizados en miles de instalaciones en todo el mundo con más de medio millón de unidades operativas. Existen diferentes modelos según su aplicación, pero todos ellos utilizan elementos similares como efectores finales, cámaras, software de simulación y programación, etc.

El objetivo de este TFG es que el alumno se introduzca en la programación de este tipo de robots utilizando RobotStudio (software de simulación y programación offline de ABB que permite la programación del robot de forma offline y su traslado directo para el control del robot en producción) y lo aplique a una tarea sencilla de producción, apoyado por una cámara para reconocimiento de elementos de su zona de trabajo.

METODOLOGÍA:

Para la realización del trabajo el alumno deberá seguir los siguientes pasos:

1.- Estudio de la herramienta de simulación y programación en el entorno de *RobotStudio* para realizar una estación virtual.

2.- Diseño y simulación en la herramienta Matlab de un ejemplo de escenario de operación industrial para su análisis y verificación.

3.- Programación de puntos y trayectorias usando la herramienta adecuada a los objetos y tareas diseñados empleando el lenguaje de programación RAPID y cuaterniones.

4.- Utilización de los elementos *Smart Components* para simular en la estación virtual el entorno real de trabajo.

5.-Programación de algoritmos para identificación y posicionamiento de piezas mediante visión artificial.

6.- Análisis del funcionamiento de la cámara de visión artificial disponible (cámara Cognex), su conexión, calibrado, reconocimiento del entorno del robot.

7. Elección del efector/herramienta adecuada para las tareas a ejecutar, diseño para la fabricación en 3D de los soportes y piezas necesarias para la conexión a la brida del robot.

8.- Traslado del entorno diseñado en el entorno de simulación RobotStudio, mediante la carga de los programas que deben realizar las operaciones previstas, al robot real ABB IR120 para la verificación de su correcto diseño y funcionamiento.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

El alumno debe haber cursado la asignatura de Robótica para poder realizar este TFG. Se proporcionará al alumno una licencia del software RobotStudio para el diseño del escenario y de la operación del robot y las explicaciones necesarias para su desarrollo. Así mismo, se le darán los seminarios necesarios para el diseño de los algoritmos de visión artificial que deba programar, así como todos aquellos seminarios explicativos que sean necesarios para el desarrollo del TFG.

BIBLIOGRAFÍA:

- https://new.abb.com/products/robotics
- “Introductory Computer Vision and Image Processing”. A. Low. Mc. Graw-Hill, 1991.
- "Visión por computador. Imágenes digitales y aplicaciones” 2ª edición. Gonzalo Pajares y Jesús M. de la Cruz. RA-MA, 2008.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Diseño e implementación de nodo IoT para la captura y monitorización de datos de una estación meteorológica		
TITLE:	Design and implementation of IoT node to capturing and monitoring meteorological data		
SUPERVISOR/ES:	José Antonio López Orozco y Luis Piñuel Moreno		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	jalo@dacya.ucm.es; lpinuel@dacya.ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental [X]	Bibliográfico [ ]	Simulación [ ]
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa [X]	Selección por expediente [ ]	

OBJETIVO:

El uso de estaciones meteorológicas para el estudio de la calidad medioambiental en diversos biotipos está muy extendido. Estas estaciones se mueven en el rango entre los cientos y miles de euros, dependiendo de la calidad, precisión y tipo de sensores que integran.

A pesar de disponer diferentes estaciones para cubrir un territorio concreto, la integración de los datos de las múltiples estaciones distribuidas y su correspondencia con registros de otros instrumentos no es sencilla. Las soluciones comerciales, aparte de ser caras, limitan el alcance de los análisis que se pueden realizar puesto que no permiten integrar de forma sencilla todos los datos en una única base de datos.

Un ejemplo donde la captación e integración de los datos de las diferentes estaciones en una base de datos común y que permita su análisis y comparación con los datos de otros sensores de microorganismos es el proyecto multidisciplinar Microairpolar-2. La finalidad de este proyecto es la comprensión del tránsito de microorganismos por el aire de las zonas polares. Uno de los objetivos precisos de este proyecto consiste en entender los procesos de aerosolización de la materia particulada, esto es, cómo pasan los microorganismos de las superficies (agua, suelo, superficies biológicas) al aire para poder ser transportados. Para ello se utilizan una serie de capturadores de partículas situados de forma simultánea a diferentes alturas en una torre de captación en la Antártida (de 10 m de altura) y en un globo cautivo que muestreará microorganismos a

diferentes alturas. Al lado de cada uno de los colectores se situará una estación meteorológica que medirá fundamentalmente el viento (velocidad y dirección) y otras variables. Como se puede ver, no existe una solución comercial directa que permitiese captar y referenciar adecuadamente diferentes estaciones meteorológicas para su análisis y mucho menos su conexión con los otros sensores.

El objetivo de este TFG es encontrar una solución, basada en IoT, de bajo coste y replicable que pueda captar los datos de las diferentes estaciones meteorológicas de manera simultánea, por radiofrecuencia y a distancia, para el almacenamiento y procesado de los datos.

METODOLOGÍA:

Para la realización del trabajo el alumno deberá seguir los siguientes pasos:

1.- Estudio y análisis de una estación meteorológica Davis cuyos datos se transmiten vía radio.

2.- Estudio de las diferentes alternativas para la captura de los datos de la estación y su viabilidad: coste, gasto de energía, código libre, ...

3.- Diseño del sistema de recepción de datos escogido e implementación del nodo IoT.

4.- Instalación/implementación de un entorno local para la monitorización y análisis de los datos.

5.- Implementación de un servicio en la nube para la monitorización y análisis de los datos.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Se proporcionará al alumno una estación meteorológica y aquellos elementos que identifique como necesarios para implementar el nodo de IoT que capture y procese los datos.

Así mismo, se le darán los seminarios necesarios para el desarrollo del TFG.

BIBLIOGRAFÍA:

- https://www.davisinstruments.com/pages/weather-stations
- https://github.com/dekay/DavisRFM69
- https://jeelabs.org
- https://www.digitalsmarties.net

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Sistema AIoT basado en SoCs Kendryte K210		
TITLE:	AIOT system based on Kendryte K210 SoCs		
SUPERVISOR/ES:	Luis Piñuel y Francisco Igual		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	lpinuel@ucm.es, figual@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental ■	Bibliográfico ☐	Simulación ☐
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ■	Selección por expediente ☐	

OBJETIVOS:

El objetivo del Trabajo Fin de Grado es el diseño e implementación de una solución basada en el paradigma AIoT (Artificial Intelligence of Things) basada en el chip Kendryte 210, un SoC de bajo coste/consumo que incluye entre otros un procesador de doble núcleo RISC-V y un acelerador de redes neuronales convolucionales (KPU CNN).

El trabajo consistirá en escoger un modelo existente pre-entrenado, portarlo y optimizarlo para el chip objetivo, para posteriormente integrarlo en una solución IoT de procesamiento de imágenes (ej. clasificación de imágenes, detección de objetos, etc.).

METODOLOGÍA:

El desarrollo del TFG se dividirá en las siguientes fases:

1. Selección de la aplicación objetivo y del modelo de red neuronal convolucional
2. Estudio de la arquitectura objetivo y de sus herramientas de desarrollo (especialmente el compilador nncase)
3. Cuantización del modelo y migración al formato KModel
4. Caracterización y optimización del modelo
5. Despliegue del modelo en dos nodos con cámara integrada (ej. Maix Bit o similar)

6. Integración de estos en la plataforma IoT Thingspeak
7. Despliegue y prueba de la solución completa
8. Elaboración de la memoria

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Seminario para la definición del problema y objetivos, en el que se presentará los conceptos básicos sobre sistemas AIoT tratando especialmente los aspectos más relevantes para el desarrollo del TFG.

BIBLIOGRAFÍA:

- Q. F. Hassan, “Internet of Things A to Z: Technologies and Applications”, Wiley-IEEE Press, 2018.
- F. Javed, M. K. Afzal, M. Sharif and B. Kim, “Internet of Things (IoT) Operating Systems Support, Networking Technologies, Applications, and Challenges: A Comparative Review,” in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 20, no. 3, pp. 2062-2100, 2018, doi: 10.1109/COMST.2018.2817685.
- J. Chen and X. Ran, "Deep learning with edge computing: A review", Proc. IEEE, vol. 107, no. 8, pp. 1655-1674, Aug. 2019.
- S. Deng, H. Zhao, W. Fang, J. Yin, S. Dustdar and A. Y. Zomaya, "Edge intelligence: The confluence of edge computing and artificial intelligence", IEEE Internet Things J., vol. 7, no. 8, pp. 7457-7469, Aug. 2020.
- Z. Chang, S. Liu, X. Xiong, Z. Cai and G. Tu, “A Survey of Recent Advances in Edge-Computing-Powered Artificial Intelligence of Things,” in IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 18, pp. 13849-13875, 15 Sept.15, 2021, doi: 10.1109/JIOT.2021.3088875.
- https://canaan.io/product/kendryteai
- https://github.com/kendryte

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Utilización de técnicas de aprendizaje profundo y mediante refuerzo a aplicaciones robóticas		
TITLE:	Deep Reinforcement Learning for Robotics Applications		
SUPERVISOR/ES:	María José Gómez Silva y Eva Besada Portas		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	mgomez77@ucm.es, ebesada@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental ☐	Bibliográfico ☐	Simulación ■
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa ■	Selección por expediente ☐	

OBJETIVOS:

Las técnicas de Aprendizaje mediante Refuerzo (RL, Reinforcement Learning) constituyen una de las tres áreas fundamentales del aprendizaje máquina, en el que que también se incluyen las técnicas de aprendizaje supervisado y no supervisado. En el ámbito del RL se considera que hay que determinar cuales son las acciones más apropiadas que deben realizar uno o varios agentes con el objetivo de maximizar la recompensa que éstos acumulan durante el desarrollo de una misión determinada. El RL profundo (DLR, Deep RL) es una variante moderna de la técnica, que aprovecha la versatilidad de las redes neuronales profundas en los elementos que son responsables, dentro del paradigma de RL, de aprender que acciones deben realizar los agentes en diferentes tipos de situaciones. Aún más, el DRL está siendo utilizado con éxito en numerosas aplicaciones reales en la que los agentes son robots móviles o vehículos autónomos, para lograr variado tipo de objetivos, como por ejemplo esquivar objetos, seguir trayectorias o determinar la mejor trayectoria de un vehículo en un entorno determinado.

La búsqueda de acciones óptimas hace que los problemas que resuelven las técnicas de DRL sean también tratados, bajo una perspectiva diferente, dentro del ámbito de la teoría del Control Óptimo, cuyos fundamentos se encuentran relacionados con conocimientos adquiridos por los alumnos de la titulación de Ingeniería Electrónica de Comunicaciones en las asignaturas de Control de Sistemas y de Optimización. Por lo tanto, la aplicación de DLR a un problema real permitirá que el alumno relacione los conocimientos de ambas materias y los trate desde un enfoque que está siendo utilizado en la actualidad en números problemas.

Los objetivos específicos del trabajo son:

- La elección y solución de un problema con agentes robóticos o vehículos autónomos mediante técnicas de DRL.
- El análisis sistemático de las limitaciones y soluciones proporcionadas por las técnicas implementadas.

METODOLOGÍA:

Para realizar el trabajo propuesto el alumno deberá seguir los siguientes pasos:

- Revisión del estado del arte en algoritmos y aplicaciones de DRL, haciendo un hincapié especial en aquellos relacionados con problemas robóticos o con vehículos autónomos.
- Resolución de un problema concreto mediante alguna de las técnicas identificadas durante la revisión del estado del arte, usando las librerías de DLR de MATLAB o Python.
- Análisis sistemático de los resultados obtenidos por la técnica implementada en diferentes escenarios del problema elegido. Determinación de las limitaciones e incorporación de modificaciones en la técnica.
- Elaboración de la memoria.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Seminario para la definición del problema y objetivos; sobre las técnicas de DRL; sobre el problema concreto que se desea resolver; y sobre cualquier otra información necesaria para la realización de este Trabajo Fin de Grado.

BIBLIOGRAFÍA:

- DRL for real world robotics (último acceso 21/05/2020) https://towardsdatascience.com/reinforcement-learning-for-real-world-robotics-148c81dbdcff
- Pagina web de aplicaciones y dificultades del RL (último acceso 21/05/2020) https://medium.com/@mohamadtweets/reinforcement-learning-in-the-wild-and-lessons-learned-c4b7aa04c3a5
- How to train your robot with DRL (último acceso 21/05/2020) https://es.mathworks.com/videos/how-to-train-your-robot-with-deep-reinforcement-learning-1580377250741.html
- S. Aradi. Survey of Deep Reinforcement Learning for Motion Planning of Autonomous Vehicles. 2020.
- A. Cabañeros. Autonomous Vehicle navigation with Deep Reinforcement Learning. Trabajo Fin de Master, 2019.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Unidad o subsistema de satélite académico.		
TITLE:	Academic satellite subsystem or unit.		
SUPERVISOR/ES:	Segundo Esteban San Román		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	sesteban@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental [v]	Bibliográfico [ ]	Simulación [v]
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa [v]	Selección por expediente [ ]	

OBJETIVOS:

Se debe desarrollar un subsistema o unidad de un pequeño satélite académico.

Algunos ejemplos de subsistemas: OBDH, Potencia, Comunicaciones, OBS, ACS, Térmico, etc.

Algunos ejemplos de unidades: IMU, sensor solar, sensor estelar, sensor de horizonte, propulsor, rueda de inercia, rueda de reacción, brazo robótico, actuador de anclaje, etc.

METODOLOGÍA:

Primero se acordará con el profesor un tipo de subsistema o unidad a desarrollar o integrar en el satélite.

Posteriormente se planteará e implementará una solución hardware/software. Se puede desarrollar la unidad/subsistema o integrar una existente en el satélite.

Finalmente se debe desarrollar una documentación técnica que permita su reutilización.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

En función del subsistema o unidad a trabajar el profesor iniciará al alumno en la búsqueda de documentación relacionada.

BIBLIOGRAFÍA:

https://alen.space/es/guia-basica-nanosatelites/

https://www.cubesat.org/

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Modelo a escala de aerogenerador para pruebas de control.		
TITLE:	Wind turbine scale down model for control testing.		
SUPERVISOR/ES:	Segundo Esteban San Román		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	sesteban@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental [v]	Bibliográfico [ ]	Simulación [v]
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa [v]	Selección por expediente [ ]	

OBJETIVOS:

Se debe seguir desarrollando un modelo a escala reducida de aerogenerador flotante. Es necesario caracterizar el sistema para posteriormente desarrollar lazos de control avanzados.

METODOLOGÍA:

Se dispone de un prototipo a escala reducida de aerogenerador flotante, que es necesario actualizar. Además, se deben monitorizar otras propiedades del modelo, como son: la actitud, elongación de ola, velocidad del viento, etc.

Se debe caracterizar el sistema e identificar un modelo matemático de éste.

A continuación, se deben diseñar controlares para el paso de aspa y el par de carga.

Finalmente se debe generar una documentación técnica.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Los profesor iniciará al alumno en la búsqueda de documentación y componentes.

BIBLIOGRAFÍA:

Carlo L. Bottasso, Filippo Campagnolo, Vlaho Petrović, “Wind tunnel testing of scaled wind turbine models: Beyond aerodynamics”, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 127, 2014, Pages 11-28, ISSN 0167-6105, https://doi.org/10.1016/j.jweia.2014.01.009.

Tutoriales de Arduino, RaspBerry y Matlab.

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIONES

Curso 2022-23

Ficha de Trabajo Fin de Grado

DEPARTAMENTO:	Arquitectura de Computadores y Automática		
TÍTULO:	Evolución gramatical antagónica para la ciberseguridad		
TITLE:	Adversarial Grammatical Evolution for Cyber Security		
SUPERVISOR/ES:	José Manuel Velasco Cabo, José Ignacio Hidalgo Pérez		
E-MAIL SUPERVISOR/ES:	mvelascc@ucm.es, hidalgo@ucm.es		
NÚMERO DE PLAZAS:	1		
TIPO DE TFG:	Experimental ☐	Bibliográfico ☐	Simulación x
ASIGNACIÓN DE TFG:	Selección directa x	Selección por expediente ☐	

OBJETIVOS:

El objetivo del Trabajo Fin de Grado es el aprendizaje por parte del alumno de:

- Una serie de conceptos nuevos como:
  - Algoritmos evolutivos y co-evolución.
  - Evolución Gramatical y Programación Genética.
- Y de habilidades prácticas:
  -Programación con Python.
  -Modificación de un entorno de software.
  -Diseño de un simulador.
  -Diseño, análisis y comprensión de experimentos en ciberseguridad.

METODOLOGÍA:

Partiendo del framework de simulación “CyberBattleSim”, diseñado para la experimentación con aprendizaje por refuerzo, el alumno implementará un simulador para ciberseguridad que empleará co-evolución antagónica basado en evolución gramatical.

Los pasos principales son:

1- Exploración bibliográfica y comprensión de los conceptos nuevos.
2- Familiarización con el entorno de simulación “CyberBattleSim”.
3- Definición de las gramáticas para el defensor y el atacante.

4- Programación de los algoritmos evolutivos.
5- Desarrollo y análisis de experimentos.
6- Presentación de resultados en la memoria del trabajo.

ACTIVIDADES FORMATIVAS:

Seminario para la definición del problema y objetivos, en el que se presentará los conceptos básicos sobre Algoritmos Evolutivos y Evolución Gramatical.

Tutorías de seguimiento.

BIBLIOGRAFÍA:

CyberBattleSim : https://github.com/microsoft/CyberBattleSim

O'Reilly, U.M., Toutouh, J., Pertierra, M., Sanchez, D.P., Garcia, D., Luogo, A.E., Kelly, J. and Hemberg, E., 2020. Adversarial genetic programming for cyber security: A rising application domain where GP matters. *Genetic Programming and Evolvable Machines*, *21*(1), pp.219-250.

Toutouh, J., Hemberg, E. and O'Reilly, U.M., 2020, September. Analyzing the Components of Distributed Coevolutionary GAN Training. In *International Conference on Parallel Problem Solving from Nature* (pp. 552-566). Springer, Cham.

Conor Ryan, Michael O'Neill, and J. J. Collins. 2018. Handbook of Grammatical Evolution (1st. ed.). Springer Publishing Company, Incorporated.