

## C1

# LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DEL TIC-150: PROYECTO SIAM

**Parejo Matos, A.; Larios Marín, D.F. ([dflarios@dte.us.es](mailto:dflarios@dte.us.es));**

**Personal Vázquez, E. ([epersonal@us.es](mailto:epersonal@us.es))**

**TIC150: Tecnología Electrónica e Informática Industrial**

### RESUMEN

En este documento se describen las diferentes líneas de investigación en las que actualmente trabaja el grupo TIC 150: Tecnología Electrónica e Informática Industrial del Departamento de Tecnología Electrónica (DTE) de la Universidad de Sevilla.

Este grupo cuenta con una dilatada experiencia en proyectos de investigación, tanto de convocatorias competitivas públicas, como en proyectos de investigación en colaboración con empresas. El TIC150 destaca por su elevada transferencia tecnológica, así como por su producción científica. En este sentido, y a modo de ejemplo, en este trabajo se describen brevemente dentro de cada línea algunos de los proyectos más representativos que reflejan el trabajo realizado.

Así pues, se hará especial hincapié en el proyecto SIAM, proyecto del plan estatal actualmente activo, ya que aúna las distintas líneas de investigación del grupo de investigación y, por tanto, supone un buen ejemplo de aplicación.

**Palabras clave:** *Ciudades Inteligentes, Redes de Sensores, Minería de datos, Inteligencia Computacional, Simulación.*

### ABSTRACT

This document describes the different lines in which currently works the TIC150 research group: Electronic Technology and Industrial Computer Science, joined to the Department of Electronics Technology (DTE) of the University of Sevilla.

This group has extensive experience in research projects, both competitive public calls and collaborative research projects with companies. The TIC150 stands out for its high technology transfer, as well as its scientific production. In this sense, as an example, this paper briefly describes some of the most representative projects (of different lines) which reflect the performed work.

Thus, it will place special emphasis on the SIAM project (funding through a governmental call). It is currently active and combines several lines research of the group, being a great example of application.

**Keywords:** *Smart Cities, Wireless Sensor Network, Data Mining, Computational Intelligence, Simulation.*

## GRUPO DE INVESTIGACIÓN “TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA INDUSTRIAL”

El grupo de Investigación TIC-150, denominado “Tecnología Electrónica e Informática Industrial” (perteneciente al Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Sevilla), está formado por más de 30 investigadores, 14 ellos doctores, procedentes de diferentes ramas del conocimiento, tales como Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Telecomunicaciones, Ingeniería Informática, Ingeniería Industrial, Física, Medicina, etc.



**Figura 1:** Líneas de investigación del TIC-150

Todos los proyectos de investigación del Tic-150 se desarrollan dentro de una o varias de las líneas representadas en la Figura 1, que se corresponden con las áreas de especialización de los diferentes miembros del grupo. Para ello, se forman para cada proyecto equipos de trabajo en los que se van asignando miembros en función de las líneas requeridas por el proyecto.

Estas líneas van a ser descritas brevemente en los próximos apartados, junto con una sucinta descripción de algunos sus proyectos más representativos. Tras esto, se presentará el proyecto SIIAM, que resulta especialmente característico, ya que aúna todas las líneas de investigación del TIC-150.

Finalmente, en este documento se presentarán las conclusiones obtenidas y una discusión de los resultados obtenidos en el desarrollo de estos proyectos.

### INVESTIGACIÓN DEL TIC-150 EN CIUDADES INTELIGENTES

Las ciudades inteligentes, o Smart Cities es un campo de investigación actualmente muy activo. El objetivo de este paradigma es la gestión inteligente, a distintos niveles, de los recursos de información y servicios de un núcleo urbano, aumentado su interacción, y siempre con el objetivo de mejorar la eficiencia y el nivel del servicio de sus usuarios. En este ámbito, dentro de una ciudad podemos encontrar aspectos como movilidad, energías, sociedad, residuos, gobernanza, etc., que ya existían (aunque desde un punto de vista aislado) en el concepto de ciudad tradicional.



Figura 2: Entorno de una Smart City [1]

En los últimos años, gracias a las TICs, el desarrollo de cada uno de esos aspectos ha sido enorme, ya que, al disponer de más información, es posible desarrollar nuevos algoritmos de gestión de servicios más eficientes. No obstante, el concepto de Smart Cities no se ciñe únicamente al aumento de la información y servicios en ésta. También es importante cómo la información se exporta al exterior para la consulta directa del usuario (a través de portales o *apps*) o para la interacción con otros sistemas, que puedan completar a su vez otros servicios de la ciudad.

Desde un punto de vista tecnológico, uno de los principales problemas en su desarrollo es hacer frente al gran volumen de información asociado a este paradigma. Esto abarca desde las necesidades de adquisición de datos (en las que destaca tecnologías de redes de sensores) al procesado y almacenamiento de estos (introduciendo tecnologías de Minería de datos y/o Big Data).

### Proyectos representativos en Smart Cities

A lo largo de los últimos años, el TIC 150 ha ido realizando distintos proyectos en el ámbito de las Smart Cities, destacando los relativos a la gestión de redes eléctricas inteligentes (o Smart Grids). En este sentido se destacan los siguientes proyectos:

- **Smartcity Málaga:** Proyecto liderado por Endesa, con una financiación de 31M€, y que plantea como objetivo evaluar los efectos de distintas tecnologías de Smart Grid y cómo éstas interactuaban entre sí al integrarlas de forma conjunta en una red eléctrica real. Para este proyecto, en colaboración con AYESA A.T., se desarrollaron múltiples tareas de consultoría y diseño, entre las que se destaca el desarrollo de una métrica jerárquica para la evaluación de resultados [2]. Esta métrica estaba constituida por 21 indicadores, 7 objetivos y 4 macroobjetivos (ver Figura 3), que permitían evaluar la consecución global del proyecto, así como la extrapolación de dichos resultados a distintos escenarios con diferentes niveles de despliegue.



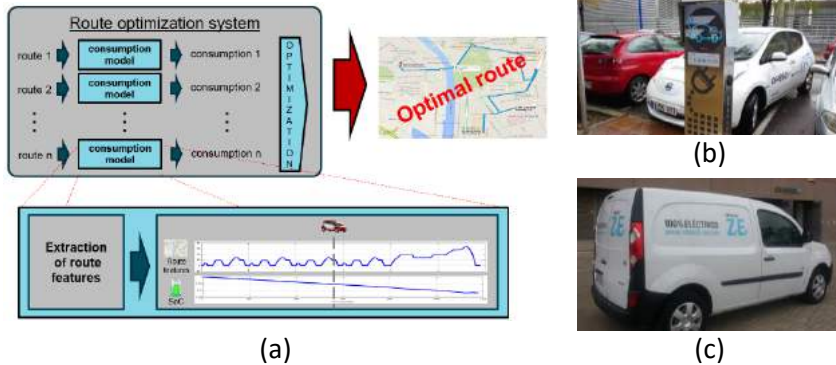
(a)



(b)

**Figura 3:** Estructura jerárquica de indicadores de desempeño; a) interfaz de visualización, b) jerarquía

- **e-Fleet:** Proyecto que estudia el nuevo paradigma del vehículo eléctrico (VE). Concretamente, en este proyecto se plantea el desarrollo de una herramienta de gestión inteligente de flotas de este tipo de vehículos. En este sentido, se establecieron tres tareas principales: diseño de un modelo de predicción de consumo (radicalmente distinto al de los vehículos tradicionales, e imprescindible para la planificación de rutas, ver Figura 4); diseño del sistema de gestión de alarmas y diseño del sistema de gestión inteligente de priorización de recarga.



(a)

(c)

**Figura 4:** Planificador de ruta; a) Optimización basada en el modelo de consumo del VE, b) Nissan LEAF, c) Renault Kangoo ZE

## INVESTIGACIÓN DEL TIC-150 EN REDES DE SENSORES PARA LA MONITORIZACIÓN AMBIENTAL

Las redes de sensores inalámbricas, comúnmente conocidas por las siglas *WSN* (acrónimo en inglés de *Wireless Sensor Network*), son sistemas de computación ubicua [3] integrados en el medio que se despliegan en un entorno a monitorizar y/o controlar [4]. Para ello, no sólo deben ser capaces de extraer información de dicho entorno, sino que además debe de proveer algún método que permita acceder a la información y eventos capturados por los nodos.

Estas redes están formadas por un conjunto de pequeños dispositivos autónomos de bajo consumo y bajo costo, denominados nodos, que tienen capacidades limitadas de monitorización y almacenamiento [5], y que interactúan con su entorno cercano. Además, cada nodo posee un sistema de comunicación inalámbrico de bajo consumo, mediante el que intercambia información con otros nodos. Por tanto, una WSN puede ser vista como un conjunto heterogéneo de nodos sensores, junto con al menos un nodo especial, denominado estación base [6], que actúa de pasarela de la información entre los nodos sensores y el usuario.

Estas redes tienen múltiples aplicaciones, siendo una de las más importantes la Monitorización ambiental [7]. Dentro de esta línea, el TIC-150 ha estado investigando en múltiples proyectos que tratan de dotar de mayor inteligencia a los nodos de la red, buscando incrementar su eficiencia energética o su funcionalidad.

### *Proyectos destacados en Redes de Sensores para la Monitorización Ambiental*

Muchos de los proyectos desarrollados con esta tecnología se han desarrollado para su uso en el Parque Nacional de Doñana. Para ello, se ha contado con la colaboración de los investigadores de dicho parque, lo que ha permitido realizar diversos proyectos de investigación aplicada [8], entre los que destacan:

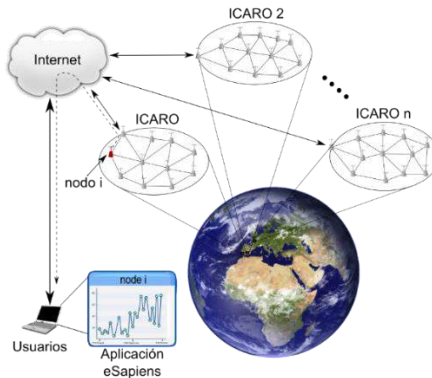
- **ICARO:** Esta red, cuyo nodo sensor aparece en la Figura 5, se diseñó para la monitorización del nivel de agua en las zonas inundables del parque [9]. Estas áreas resultan de especial interés, puesto que constituyen un ecosistema fundamental para la supervivencia de ciertas especies de animales en peligro de extinción que habitan en el parque.



**Figura 5:** Nodo sensor de la red ICARO

- **eSAPIENS:** Esa arquitectura se desarrolla con la finalidad de estudiar problemas globalmente distribuidos, como la monitorización de aves migratorias o el estudio global del cambio climático. Para ello, se diseñó una red de redes de monitorización, representada en la Figura 6, que integraba todas las redes

desplegadas hasta ahora en una estructura heterogénea basada en la especificación IPv6 para redes de sensores (6LowPAN) [10].



**Figura 6:** Arquitectura de la red eSAPIENS

## INVESTIGACIÓN DEL TIC-150 EN MINERÍA DE DATOS

La minería de datos es un campo de investigación basado en análisis automáticos o semiautomáticos de los patrones subyacentes en grandes volúmenes de información, que no resultan obvios a simple vista [11].

Para ello, utilizan diversos métodos estadísticos y de aprendizaje automático para la extracción de conclusiones y estructuras subyacentes de la información, que posteriormente pueden ser usadas para diversos fines, tales como la predicción o la detección de comportamientos anómalos.

### *Proyectos destacados en Minería de Datos*

El TIC 150 ha realizado diversos proyectos de aplicación de minería de datos, especialmente centrados en la detección de fraudes y monitorización de sistemas complejos. En este sentido cabe destacar los siguientes proyectos:

- **MIDAS:** El objetivo de este proyecto es detectar pérdidas no técnicas (*NTLs*) en las redes eléctricas [12]. Las *NTLs* representan la energía consumida pero no facturada debida a fallos o manipulaciones ilegales en las instalaciones de los clientes. La arquitectura de este sistema está representada en la Figura 7, estando basado en la aplicación de diversas técnicas de inteligencia computacional sobre minería de datos, con las que se han conseguido un alto índice de acierto en la detección de *NTLs*.

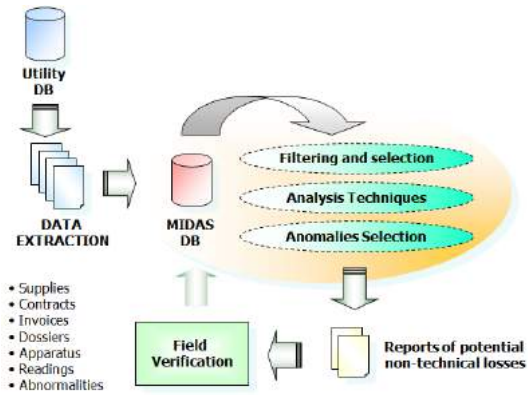


Figura 7: Arquitectura de MIDAS

- OPTISOL:** Este proyecto surge con el objetivo de detectar comportamientos anómalos en parques termosolares. Debido a la complejidad y al gran número de variables involucradas en este proceso, se diseñó para ello el sistema propuesto en la Figura 8, que emplea técnicas de minería de datos para el modelado del comportamiento de distintos elementos de la planta. Gracias a esto, y mediante la comparación de los resultados del modelo con el sistema real, es posible detectar cuándo alguna de las variables se desvía más allá de los valores esperados.

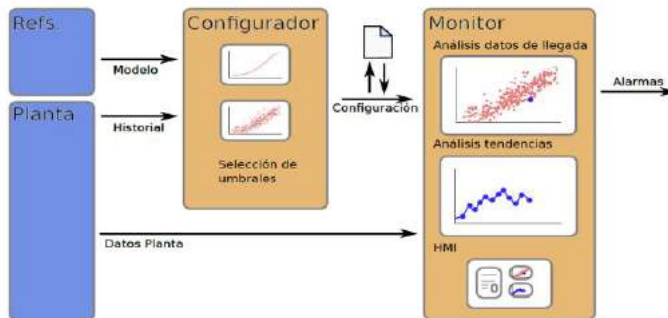


Figura 8: Arquitectura de OPTISOL

## INVESTIGACIÓN DEL TIC-150 EN INTELIGENCIA COMPUTACIONAL

Las técnicas de Inteligencia Computacional (IC) [13] están centradas en el estudio y aplicación de diversos algoritmos adaptativos que permiten el diseño de sistemas con comportamientos inteligentes sobre entornos complejos y cambiantes. La inteligencia de estos sistemas se deriva más de la interacción entre diferentes algoritmos, relativamente simples, que de la ejecución local de un único algoritmo con heurística compleja.

Las técnicas IC combinan elementos de aprendizaje, adaptación y lógica para crear programas que son capaces de adaptarse por sí mismos al entorno de una manera inteligente. Estas técnicas engloban métodos como los sistemas de inferencia difusos, las redes neuronales, la inteligencia del enjambre, los algoritmos evolutivos o las redes bayesianas.

### Proyectos destacados en IC

Tal y como se puede comprobar en los apartados previos, las técnicas IC han sido empleadas tradicionalmente por el TIC 150 en la resolución proyectos de diversa índole. Un ejemplo de esto es el proyecto HORUS (Ver Figura 9), en el que se usaron técnicas de procesamiento de vídeo basadas en algoritmos IC para realizar un estudio fenomenológico de una colonia de Cernícalos Primillas.



Figura 9: Análisis de video del proyecto HORUS

### INVESTIGACIÓN DEL TIC-150 EN SIMULACIÓN

Si bien la investigación realizada por el TIC-150 destaca por ser muy aplicada, el uso de herramientas de simulación permite mejorar el desempeño de los sistemas, en etapas previas a la de instalación.

Por ello, una línea importante de investigación de este grupo consiste en el diseño de esta clase de herramientas, que permiten reducir los tiempos de instalación y los recursos necesarios para realizar los despliegues.

### Proyectos destacados en simulación

Un ejemplo de simulador desarrollado en el TIC 150 es mTOSSIM [14] (ver Figura 10), diseñado para la prueba de algoritmos y el desempeño de redes de sensores.

Este simulador ejecuta exactamente el mismo código que los nodos reales y permite simular de forma realista comportamientos tales como la vida útil de la red, o los efectos que produce la descarga de las baterías en la cobertura de los nodos,



habiéndose obtenido en ambos casos comportamientos simulados muy parecidos a los obtenidos en los sistemas reales.

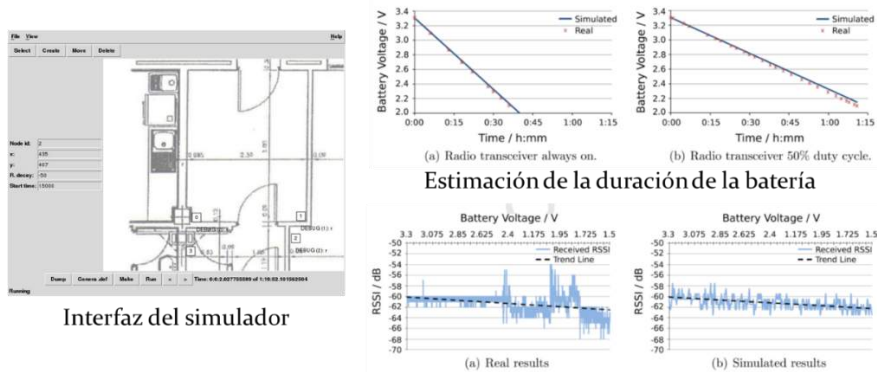


Figura 10: Simulador mTOSSIM

## EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DEL TIC-150: EL PROYECTO SIAM

El proyecto SIAM, actualmente en desarrollo, plantea el diseño de un sistema enmarcado dentro de las ciudades inteligentes que permita la monitorización de las instalaciones de distribución eléctrica subterráneas de media tensión.

Una avería o fallo en este tipo de redes afecta de manera muy significativa a la calidad del servicio de los usuarios. Es por ello que las empresas suministradoras están muy interesadas en la supervisión de estos tipos de redes, que a día de hoy no cuentan con la sensorización adecuada para detectar y localizar estas incidencias.

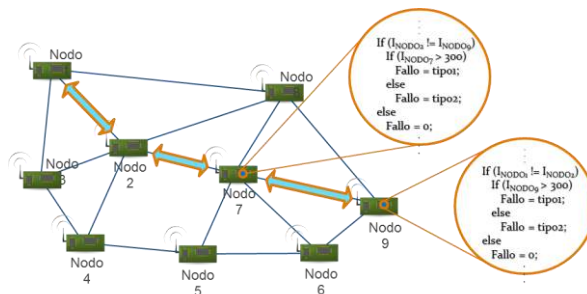


Figura 11: Arquitectura de SIAM

Tal y como se representa en la Figura 11, el proyecto SIAM propone una red de sensores para realizar dicha monitorización, basándose en el empleo de algoritmos IC para la detección de las incidencias, tales como cortocircuitos y/o roturas de los cables. Estos algoritmos han sido testeados mediante simuladores diseñados específicamente para tal fin, demostrando obtener un éxito en la localización de faltas muy superior a la obtenida con otros sistemas de monitorización.

Los nodos de este sistema están basados en los siguientes subsistemas:

- **Subsistema de medida:** se representa en la Figura 12 y es el encargado de medir los armónicos presentes en las corrientes de fase de cada segmento de la línea trifásica a monitorizar. Para ello, se cuenta con diversos sensores de corriente y un sistema de procesado de bajo consumo, capaz de detectar, empleando algoritmos IC, si los valores obtenidos están fuera de rango.

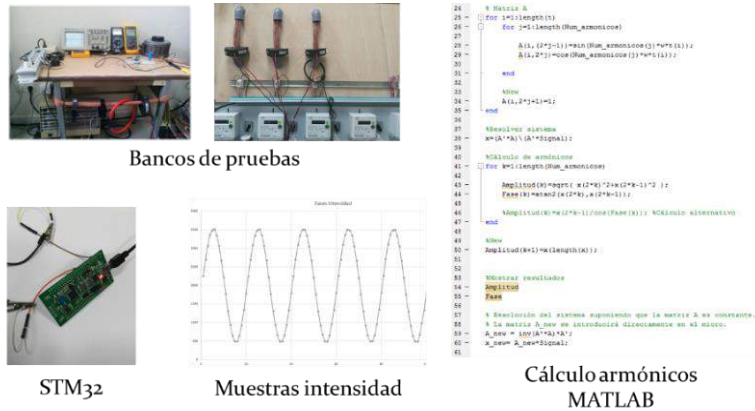


Figura 12: Subsistema de medida

- **Subsistema de comunicaciones:** Está basado en tecnología PLC y permite emplear los propios cables a monitorizar como medio de transporte de la información. Empleando algoritmos de reencaminamiento, es posible recoger en un sistema central toda la información sobre el estado actual de la red.
- **Subsistema de alimentación:** Está basado en tecnología de recolección energética, de forma que aprovecha los campos eléctricos generados por los propios cables, durante su funcionamiento normal, para cargar las baterías que requiere para su funcionamiento.
- **Subsistema de mantenimiento preventivo:** Mediante la recolección de toda la información obtenida por los nodos sensores, este proyecto plantea también un sistema de minería de datos que permitirá predecir el estado de degradación de los cables de la red, de forma que la empresa suministradora pueda actuar de forma preventiva antes de que se produzcan las averías.

## CONCLUSIONES

En este documento se han presentado las líneas de investigación más importantes del grupo de investigación TIC-150. Para ello, se han comentado brevemente una serie de proyectos representativos para cada una de estas líneas, que aparecen referenciadas con diversos artículos de investigación donde se publican los resultados obtenidos en dichos proyectos. Finalmente, también se detalla el proyecto que actualmente se está desarrollando dentro del TIC-150, denominado

SIAM, que abarca todas las líneas de investigación fundamentales del grupo y con el que se están obteniendo resultados prometedores.

Estos trabajos aquí presentados presentan las capacidades técnicas del grupo, que gracias a su carácter multidisciplinar puede hacer frente a proyectos complejos, que implican el dominio de áreas de conocimiento diferentes.

## AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer a la dirección de la Escuela Politécnica Superior por la organización de estas jornadas. También quisiéramos agradecer a los distintos organismos de financiación, estatales o autonómicos, de los proyectos citados en este documento, sin cuales estos no habrían sido posibles.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Chakraborty, *Smart Cities – From concept to action*, <http://blog.schneider-electric.com/smart-cities/2015/09/17/smart-cities-concept-action/>: Scneider Electric, 2015.
- [2] E. Personal, J.I. Guerrero, A. Garcia, M. Peña, and C. Leon, “Key performance indicators: A useful tool to assess Smart Grid goals”, *Energy*, vol.76, Nov.2014, pp.976-988.
- [3] M.Weiser, “Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing”, *Commun ACM*, vol. 36, Jul. 1993, pp. 75-84.
- [4] G.S. Rao and V.V. Kumari, “A Study on Various Deployment Schemes for Wireless Sensor Networks,” *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, Springer Science mathplus Business Media, 2012, pp. 495–505.
- [5] C.-Y. Chong and S.P. Kumar, “Sensor networks: Evolution, opportunities, and challenges,” *Proc. IEEE*, vol. 91, Aug. 2003, pp. 1247–1256.
- [6] R. Machado, N. Ansari, G. Wang, and S. Tekinay, “Adaptive density control in heterogeneous wireless sensor networks with and without power management,” *IET Commun.*, vol. 4, 2010, p. 758.
- [7] M.S. BenSaleh, S.M. Qasim, A.M. Obeid, and A. Garcia-Ortiz, “A review on wireless sensor network for water pipeline monitoring applications,” *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*, Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE), 2013.
- [8] D. Larios, J. Barbancho, J. Sevillano, G. Rodríguez, F. Molina, V. Gasull, J. Mora-Merchan, and C.León, “Five Years of Designing Wireless Sensor Networks in the Doñana Biological Reserve (Spain): An Applications Approach,” *Sensors*, vol. 13, Sep. 2013, pp. 12044–12069.

- [9] D.F. Larios, J. Barbancho, G. Rodriguez, J.L. Sevillano, F.J. Molina, and C. Leon, "Energy efficient wireless sensor network communications based on computational intelligent data fusion for environmental monitoring," *IET Commun.*, vol. 6, 2012, p. 2189.
- [10] D.F. Larios, J.M. Mora-Merchan, E. Personal, J. Barbancho, and C. León, "Implementing a Distributed WSN Based on IPv6 for Ambient Monitoring," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 2013, 2013, pp. 1–14.
- [11] N. Robinson and M. Shapcott, "Data mining information visualisation - beyond charts and graphs," *Proceedings Sixth International Conference on Information Visualisation*, Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE), 2002.
- [12] J.I. Guerrero, Í. Monedero, F. Biscarri, J. Biscarri, R. Millán, and C. León, "Detection of Non-Technical Losses," IGI Global, 2014, pp. 140–164.
- [13] N. Siddique and H. Adeli, *Computational Intelligence*, John Wiley & Sons Ltd, 2013.
- [14] J.M. Mora-Merchan, D.F. Larios, J. Barbancho, F.J. Molina, J.L. Sevillano, and C. León, "mTOSSIM: A simulator that estimates battery lifetime in wireless sensor networks," *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 31, Feb. 2013, pp. 39–51.