



# Alcoi

Small and Medium **Smart Cities**  
CONGRESS







---

---

# Alcoi

---

---

Small and Medium **Smart Cities**  
CONGRESS  
February 14-15, 2018

Edita:  
Begoña Cantó Colomina  
Vanessa G. Lo Iacono Ferreira  
Universitat Politècnica de València Campus  
d'Alcoi

ISBN: 978-84-09-02970-9

Primera edición: junio 2018

Diseño gráfico: M. Isabel Escarabajal

## Editor científico

**Begoña Cantó Colomina**  
**Vanesa G. Lo Iacono Ferreira**

## Comité organizador

**Juan Ignacio Torregrosa López**  
Director del Campus de Alcoy de la Universitat Politècnica de València  
Director Cátedra Ciudad del Conocimiento

**Manolo Gomicia**  
Concejal de Empresa, Formación e Innovación  
Ayuntamiento de Alcoy

**Manuel Llorca Alcón**  
Director de cátedra de empresa Smart City  
Universitat Politècnica de València

**Vanesa G. Lo Iacono Ferreira**  
Coordinadora general Congreso Small & Medium Smart Cities

## Comité científico

**Begoña Cantó Colomina**  
Presidenta

**Vanesa G. Lo Iacono Ferreira**  
**Antonio Arques Sanz**  
**Manolo Llorca Alcón**  
**Bárbara Micó Vicent**  
**Juan Ignacio Torregrosa López**  
**José Vicente Colomer Ferrándiz**

María Fernanda López Pérez

Pablo Díaz García

María Ángeles Bonet Aracil

David García Senoguera

Jaime Masiá Vañó

Javier Orozco Messana

Javier Faulín

Ángel A. Juan

Bartosz Sawik

Elena Pérez-Bernabeu

Francisco Carretero

Pedro J. Ramiro

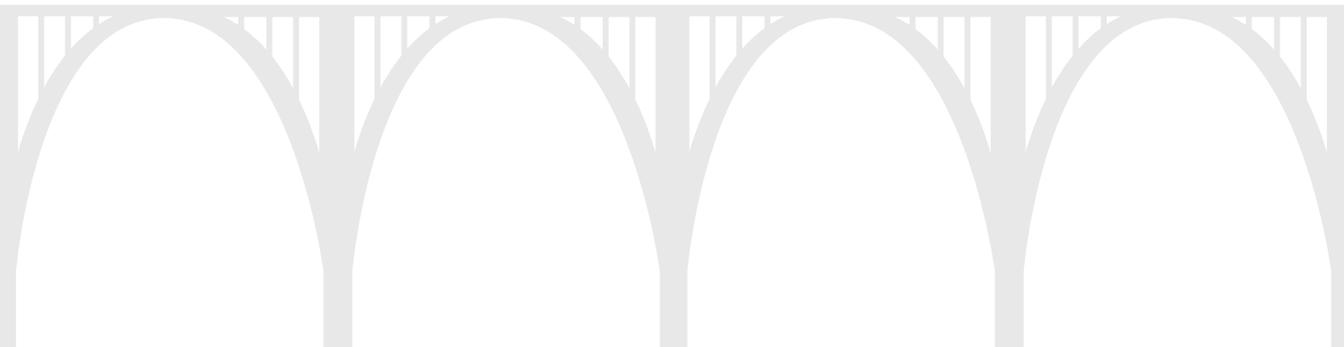
Juan Antonio Vilaplana Espí

Daniel Mullor Sanjosé





| el  
congreso





## Resumen

Alcoi se convirtió en epicentro de las 'Smart City' españolas durante los días 14 y 15 de febrero. Más de 200 asistentes acudieron al Small & Medium Smart Cities Congress organizado por el Ayuntamiento de Alcoi y el Campus de Alcoi de la UPV, bajo el amparo de las cátedras 'Alcoi Ciudad del Conocimiento' y 'Smart City Alcoi', suscritas entre ambas instituciones.

### ***"El protagonismo del siglo XXI está hoy en Alcoi"***

Cristina Garmencia, Presidenta de la Fundación COTEC



## Entrevistas

***"La respuesta de las empresas ha sido muy llamativa. Han venido más de 200 personas cuando nuestro primer objetivo era superar el centenar"***

Manuel Llorca (Subdirector de Infraestructuras y Comunicación del Campus de Alcoi de la UPV)

***"La movilidad sostenible es necesaria. Empresas y administración debemos de ir sumando realidades"***

Eduardo Blanes (Presidente AVVE)

***"Una de las preguntas es cómo pueden las pequeñas y medianas ciudades agruparse, y cómo se puede canalizar este esfuerzo".***

Aimar Bretos (Periodista Cadena SER)

***"El trabajo de 10 meses está dando resultados. Todo empezó con una reunión de 4 personas y hemos llegado a juntar a más de 200 personas"***

Vanesa G. Lo Iacono (Coordinadora general Congreso Small & Medium Smart Cities)

***"El congreso pone de manifiesto el interés que se está poniendo desde distintos entornos de la ciudad por iniciar ese proceso de transformación como Smart City"***

Virginia Vega (Vicerrectora de Recursos Digitales y Documentación de la UPV)

***"Es un proyecto muy ambicioso transformar estas ciudades desde el conocimiento y la inteligencia, y a partir de ahí crear este foro de reflexión"***

Antonio Francés (Alcalde de Alcoi)

***"Para no ser una ciudad muy grande, hemos conseguido un congreso de una ciudad mucho más grande"***

Manuel Gomicia (Concejal de Smart City del Ayuntamiento de Alcoi)

***"Este congreso aspira a convertirse en un centro de debate y de propuesta de soluciones para ciudades de tamaño pequeño e intermedio y que sea referencia para toda España".***

Juan Ignacio Torregrosa (Director del Campus de Alcoi de la UPV)

***"Las tendencias de población, en España, se ven influenciadas por el turismo, el envejecimiento de la población y la despoblación en zonas rurales"***

Enrique Martínez (Coordinador del Plan Nacional de Territorios Inteligentes)

***"El impacto que puede tener una ayuda FEDER en Alcoi es muchísimo más importante que en una ciudad de más de 200.000 habitantes".***

Gema Ramos (Jefa de Servicio de la Subdirección General de Desarrollo Urbano)

***"He venido a desmontar el mito de que la 'Smart City' ha de ser una metrópoli gigante llena de tecnología y digitalizada a la que solo las grandes potencias pueden llegar"***

Cristina Garrido (Directora de Innovación y Desarrollo Estratégico de Anteverti)

## Actividades del congreso

***"No hay ni buenos ni malos modos de transporte. Todo depende de los medios económicos de cada particular y sus demandas"***

José Vicente Colomer (Catedrático de la UPV)

***"Se pueden acometer mejoras en movilidad sostenible con muy poco dinero. Muchas veces por desconocimiento no se hace nada"***

Mesa redonda sobre movilidad (moderada por Eduardo Blanes)

***"Tenemos un gran reto en la innovación tecnológica en Europa. De las pruebas piloto a una difusión masiva, hay un recorrido todavía enorme"***

Mesa redonda sobre eficiencia energética (moderada por Manuel Llorca)

***"Las tendencias de población, actualmente, se ven influenciadas por el turismo, el envejecimiento de la población y la despoblación en zonas rurales".***

Enrique Martínez (Coordinador del Plan Nacional de Territorios Inteligentes)

***"Es muy importante que los ciudadanos entiendan los resultados de las Smart City para que vean su verdadera utilidad".***

Mesa redonda sobre retos y oportunidades de las pequeñas y medianas ciudades (moderada por Aimar Bretos)

***"La 'Smart City' no ha de ser una metrópoli gigante llena de tecnología y digitalizada a la cual solo las grandes potencias pueden llegar"***

Cristina Garrido (Directora de Innovación y Desarrollo Estratégico de Anteverti)

***"El presente de la movilidad pasa por el transporte a la demanda"***

Mesa redonda sobre casos de éxito (moderada por Aimar Bretos)

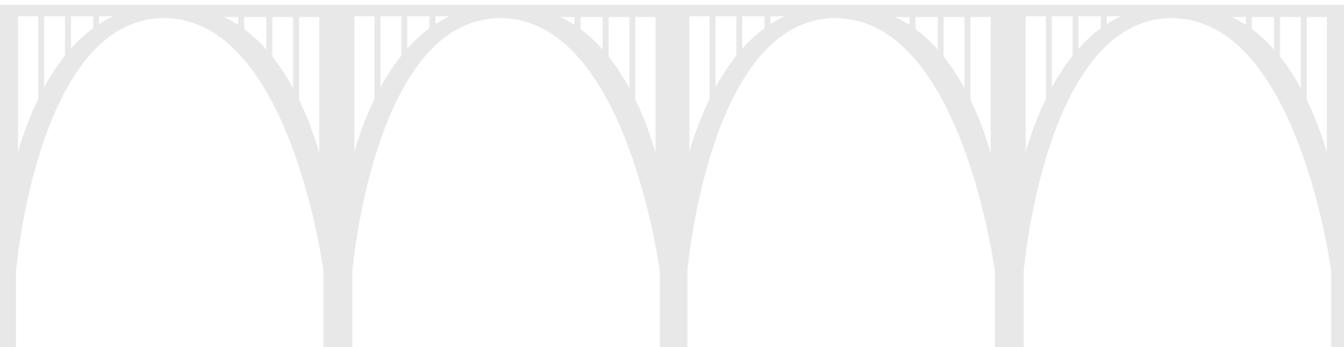
***"La dimensión municipal es clave. Hay realidades muy diversas y se deben hacer propuestas de acuerdo a cada realidad"***

Cristina Garmendia en la clausura





**comunicaciones  
científicas**





# Índice comunicaciones científicas

How Data Science helps to build Smart Cities: València as a use case 3

---

Gamificación y realidad aumentada en el contexto de un Smart City 12

---

CMI-SimBioTIC: herramienta avanzada para Lliria como Smart City  
frente al Cambio Climático 20

---

Aspectos básicos en el diseño de motocicletas eléctricas: Proyecto  
Motostudent 32

---

Optimización de la distribución urbana de mercancías mediante  
sistemas inteligentes integrales de reparto urbano 50

---

Proposta d'un sistema intel·ligent de recomanacions d'activitats  
turístiques en la zona de Pego i les Valls 59

---

"UbicPi": Prototipo de sistema de localización GPS basado en  
tecnología IoT 67

---

Energy efficiency in university buildings: Real case: Ferrandiz building.  
Universitat Politècnica València. EPSA. Spain 76

---

Requisitos de diseño de una Smart Grid para satisfacer las necesidades  
de una Smart City 80



# How Data Science helps to build Smart Cities: València as a use case

Lidia Contreras-Ochando<sup>1</sup>, Cristina I. Font-Julián<sup>2</sup>, David Nieves<sup>1</sup>, Fernando Martínez-Plumed<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022 València.

E-mail: {liconoc,daniecor,fmartinez}@dsic.upv.es

<sup>2</sup>Departamento de Comunicación Audiovisual, Documentación e Historia del Arte, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022 València.

E-mail: crifonju@upv.es

Key Words: Data Science, Machine Learning, Open Data, Smart Cities

## Resumen

The high degree of datification and connectivity embedded in a Smart City demands tools and mechanisms for data manipulation, knowledge extraction and representation that facilitate the extraction of meaningful insights. Clearly, Data Science can make enormous contributions to the development of Smart Cities, especially when it comes to gather and process information, combined with the capabilities of machine learning. In this regard, this paper discusses the use of Data Science methodologies and machine learning techniques to Smart City management aspects such as infrastructures, public safety and health, citizens' empowerment, transportation, etc. and presents a number of practical cases in the context of Smart Cities in València, Spain.

## 1. Introduction

Smart City projects, which main objective is to enhance the well-being of citizens, have gained momentum over the last decade. Thousands of municipalities worldwide have launched a wide variety of digital transformation initiatives aiming at changing citizens lives at many levels such as less pollution, garbage, parking problems and more.

València (Spain) is a clear example of a Smart City, with many technological and open data initiatives. It has been a pioneer city in Spain which has centralised all of its municipal information through a Smart City technological solution: València Smart City platform. This platform provides several portals, applications and open data repositories which allow citizens, policymakers and private companies to get insight, in real time, about the essential information of the city and, therefore, to have the capacity for taking action and anticipating situations that affect the daily life of citizens. The information provided ranges from public transport, emergency and security services, public facilities, environment, cleansing, waste collection, lighting, crane service, gardening or meteorology.

This high degree of datification and connectivity embedded in a Smart City such as València, demand tools and mechanisms for data manipulation, knowledge extraction and representation that facilitate the extraction of meaningful insight. Data Science can make enormous contributions to the development of Smart Cities, especially when it comes to gather and process information. Furthermore, Machine Learning (ML) and Artificial Intelligence (AI) algorithms can be applied to open data to produce and extract meaningful knowledge for Smart City applications and, therefore, to lever the development of personalised services. On this matter, not only have we focus on the data acquisition, transformation and cleansing processes already from open data repositories, but we have also studied and adapted well-known ML and AI algorithms which have proven to be instrumental when it comes to make estimations regarding the use of different means of transport (bikes, traffic, ...), (b) improve infrastructures (cycling networks, ...), (c) predict and extrapolate pollution and pollen levels, and (d) detect patterns of fraud. This overall process has resulted in the development of several Smart City projects and approaches that will be briefly described in the following sections.

This short paper is structured as follows: Section 2 briefly describes the methodology followed to develop our Smart City projects. Section 3 outlines the different projects, their objectives and goals. Finally, Section 4, concludes the paper.

## 2. Data Science for Smart Cities projects

Since the amount of data generated is growing exponentially as the number of this type of smart devices and open data platforms increase, new knowledge extraction methodologies and techniques have to be used. In this regard, Data Science provide us a suitable framework within which we can confront the challenges of developing intelligent projects and applications. In this context, data extraction, selection and transformation processes as well as the use of analytical and visualisation tools are of the utmost importance to succeed in our efforts to obtain valuable insight and knowledge from these sources. This data pre-processing phase is, thus, one of the first and critical steps to data mining and data analysis which outputs are directly inputted to our intelligent Smart City projects as predictive or descriptive models. All the projects we have carried out involve a substantial amount of effort w.r.t. data integration, cleansing, parsing, correcting, standarisising, matching, reduction and selection.

Different data such as traffic intensity, pollution and pollen levels, bike sharing services demand, meteorological conditions, census, cartography, public and government spendings (provided by the city of València<sup>1</sup> and others organisms<sup>2,3</sup>) has been analysed for each project (see Figure 1), having in mind not only to monitor, but to manage and improve the normal functioning of several city services. In this sense, the use of ML and AI techniques bring new opportunities to develop applications to estimate and extract patterns and trends (from the pre-processed data) in terms of mobility and transport of citizens, infrastructure use, pollutants and pollen dispersion, or government expenditure. In general, different ML and AI techniques have been used for each project. Specifically, a subset of ML

---

<sup>1</sup> València open data platform: <http://gobiernoabierto.valencia.es/es/data/>

<sup>2</sup> GVA data platform: <http://www.agroambient.gva.es/web/calidad-ambiental/datos-on-line>

<sup>3</sup> Spanish Observatory of R&D (ICONO): <https://icono.fecyt.es/pitec>

ensemble-based techniques such as Bagging, Random Forests and Boosting techniques has been selected, and particularly tuned, to improve learning methods based on decision trees (classification techniques) or linear models (regression techniques)

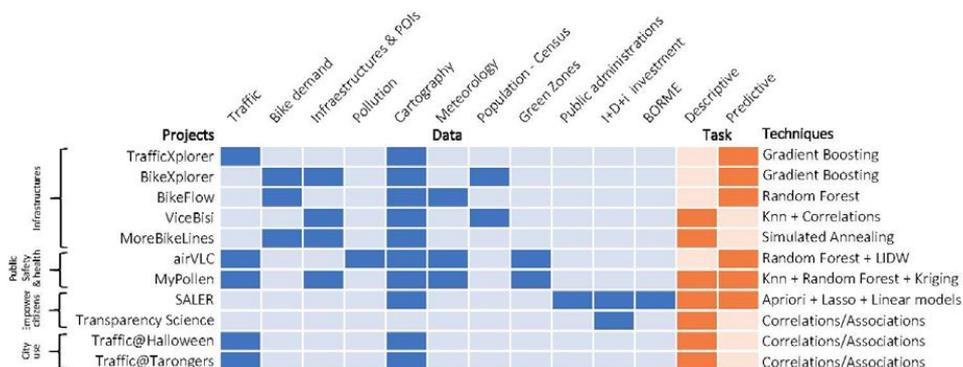


Figure 1: Projects developed (described in Section 3), grouped by their ultimate goal, their data sources, whether they perform a descriptive task (use of data aggregation and data mining to provide insight into the past) or a predictive (use of forecasts techniques to understand the future) task, and techniques used.

### 3. Projects

During the last years we have been working on a number of Data Science projects related to Smart Cities. The knowledge extracted from the aforementioned open data platforms has been used to develop specific applications aiming at improving multiple aspects or services in València. In the following, we briefly describe each application (objectives, data and, when applicable, prizes won) grouped into different application areas.

#### 3.1. Optimizing infrastructures for cities

Infrastructure systems can be viewed as an opportunity to shift cities onto a more sustainable and efficient path by paying close attention to the resources that pass through them. In this sense we are working on several projects related to traffic congestion, bike sharing systems, design of bike lane networks and public services coverage along the city:

- TrafficXplorer (<http://www.dsic.upv.es/~flip/trafico/>): A web application to show and predict traffic levels. The application has three different sections: historical data (showing traffic intensity from one to twelve hours before current hour); real-time data (showing real-time traffic data); and prediction (showing the traffic intensity prediction from one to twelve hours after the current hour). 1<sup>st</sup> prize in the I OpenDatathon ETSINF-UPV 2016: BigML Award for Best predictive project.
- BikeXplorer (<http://www.dsic.upv.es/~flip/bikeXplorer/>): An application to predict the demand of Valenbisi<sup>4</sup> stations. We use data about the historical demand of the different Valenbisi stations in the city. The application allows the user to obtain an estimation of the future demand in each Valenbisi station as well as the best route to reach a target station. In addition, the system is able to show the potential use of a new station in any point of the map, depending on the type of neighbourhood and census data. 1<sup>st</sup>/3<sup>rd</sup> local/national prize in the IV Hackathon Telefónica HackForGood 2016.
- BikeFlow[5] (<http://safe-tools.dsic.upv.es/bikeflow/>): Improvement of BikeX-plorer. We enriched the Valenbisi demand with meteorological data characterizing each station independently. The application allows the user to find historical and real-time information and the estimation of future demand in each station. We also use extrapolation techniques to estimate the demand that a currently non-existent station at any point in the city would have. 1<sup>st</sup> prize in the II OpenDatathon ETSINF-UPV 2017: Valencia City council Award.
- ViceBisi (<http://safe-tools.dsic.upv.es/vicebisi/>): This project provides an intuitive way to visualise and compare varying details regarding the bike services through the neighbourhoods of the city. Crossing different data sources, we generate a number of indicators (bike lane coverage, bike anchors per inhabitant, bike station distances, etc.) to

---

<sup>4</sup> Valenbisi is a bike sharing system from the city of Valencia (<http://www.valenbisi.es/>).

reject the coverage of these services for each neighbourhood. 1<sup>st</sup> prize in the I OpenDatathon ETSINF-UPV 2016: Valencia City council Award.

- MoreBikeLines[4] (<http://users.dsic.upv.es/~flip/RutasBici/>): An approach to design and calculate bike lane networks based on the use of open data about the historical use of a urban bike rental services. Concretely, we model this task as a network design problem (NDP) and we study four different optimisation strategies to solve it. The proposed method can be easily used to improve or extend bike lane networks based on historic bike use data in other cities. 1<sup>st</sup> prize in the I OpenDatathon ETSINF-UPV 2016: BigML Award for Best predictive project.

### 3.2. Improving public safety and health

In general, overpopulated cities around the world have common problems in areas such as health care and public safety. Examples of major problems in cities are the levels of pollution and pollen allergies. In this respect, we are working on a couple of projects addressing these two issues in the particular case of València:

- airVLC [1] (<http://safe-tools.dsic.upv.es/airvlc/>): The data collected related with air pollution is published with a three-hour delay, making difficult to prevent high levels. airVLC is an application that predicts the levels of pollution by employing traffic and meteorological data in real-time, providing different maps to show the level of pollution in each point of the city by using wind-based spatial interpolation techniques. 3<sup>rd</sup> local prize in the III Hackathon Telefónica HackForGood 2015.
- ParticleAll (<https://safe-tools.dsic.upv.es/shiny/ParticleAI/>) An ongoing work to forecast pollen pikes and its spreading. It is a significant challenge due to the low number of sampling stations along the city and the delay in time to get the latest data. Given the above constraints, several data analysis and ML models are being developed to estimate

pollen levels across the city, as well as to forecast allergens peaks using data ranging from tree census, meteorology, pollen or seed dispersal data.

### 3.3. Citizens empowerment

In the processes of citizen empowerment, individuals and communities are mobilized in the political and social spheres, to enhance their living conditions and, thus, construct a more democratic, equitable and just society. In this context we are working in the development of systems to improve expenditure control and fraud screening:

- SALER [3] (<https://safe-tools.dsic.upv.es/saler/>): Technically known as the Security Administrator Tool to Analyze Networks (SATAN), this ongoing official project aims at detecting bad practices and fraud in public administration. The system analyzes data from the databases about procurement records, imprest funds, grants and staff info from the Generalitat Valenciana with the aim of extracting patterns of fraud as well as correlations and associations between data and descriptive attributes. Hervé Falciani and the Fundación Baltasar Garzón have participated in its development.
- Transparency Science [2] (<http://dataupv.webs.upv.es/transparencyscience>): The aim of this project is to provide reliable information about public investment in science. Data related to the Spanish state budget is collected from several public open sources. Once processed, the knowledge extracted is shown in such a way to facilitate maximum understanding of citizens, as well as their participation by means of voting systems. Finalist on the international iConference's Social Media Expo 2015.

### 3.4. How People Use Cities

Being able to analyse the citizens' movements within a city, as well as how or the frequency of their move, can help to improve not only the services or infrastructures needed to fulfill the citizens needs, but to improve the city as a whole. A couple of projects have been developed in this sense:

- **Traffic@Halloween** (<http://liconoc.webs.upv.es/halloween/>): A study about the traffic flow of València in the Halloween's evening and night (2015). It provides information about different traffic parameters (movement, vehicles per hour) in the streets of the city at different periods of time. The knowledge extracted and visualisations involve the most visited zones for dinner and party during the Halloween night.
- **Traffic@Tarongers** (<http://liconoc.webs.upv.es/tarongers/>): This study was carried out in concert with the UPV as an allegation to the Valencia urban plan presented by the city council in 2015<sup>5</sup> in order to show that the Tarongers avenue (Valencia) is not one of the most used avenues in València. We used historical traffic data to analyse and show (visually) which areas have huge traffic and congestion problems.

## 4. Conclusions

In this paper we show that Data Science methodologies, together with ML and AI techniques, provide us with the appropriate tools to address the challenges of developing intelligent projects and applications for Smart Cities that go beyond mere data analysis and visualisation projects. To illustrate this, we have introduced the reader to a number of projects (including pointers to further information about them when possible) developed in the context of the València Smart City platform.

---

<sup>5</sup> [http://www.valencia.es/planos\\_urbanismo/NORMATIVA/PGOU/Normas\\_web/normas.htm](http://www.valencia.es/planos_urbanismo/NORMATIVA/PGOU/Normas_web/normas.htm)

## Acknowledgments

This work has been partially supported by the EU (FEDER) and Spanish MINECO grant TIN2015-69175-C4-1-R, by Generalitat Valenciana PROMETEOII/2015/013, and by Conselleria de Transparència, Responsabilitat Social, Participació i Cooperació. F. Martínez-Plumed was also supported by INCIBE (Ayudas para la excelencia de los equipos de investigación avanzada en iberseguridad).

## References

- [1] L. Contreras-Ochando and C. Ferri. Wind-sensitive interpolation of urban air pollution forecasts. In International Conference on Computational Science 2016, ICCS 2016, 6-8 June 2016, San Diego, California, USA, pages 313{323, 2016.
- [2] F. Clarke, Optimization and Nonsmooth Analysis, Wiley-Interscience, 1983. L. Contreras-Ochando, C. I. Font-Julián, P. Morillo, and D. Vallejo. Transparencyscience: Return on research investment, where do the funds go? iConference 2015 Proceedings, 2015.
- [3] EFE. Un sistema de alertas vigilará irregularidades para evitar casos de corrupción. EFE Agencia, 3 Nov 2017.
- [4] F. Martínez-Plumed, C. Ferri, and L. Contreras-Ochando. Cycling network projects: A decision-making aid approach. In Proc. of the 1st Data Science for Social Good co-located with European Conference on Machine Learning, SoGood@ECML-PKDD 2016, Riva del Garda, Italy, September 19, 2016.
- [5] J. Sánchez-Martínez and F. Martínez-Plumed. Bikeow: aplicación para la predicción de la demanda de bicicletas en la ciudad de valencia. II OpenDatathon ETSINF-UPV: TechReport, 2017.

# Gamificación y realidad aumentada en el contexto de un Smart City

Jordi Linares-Pellicer<sup>1</sup>, Juan Jesús Izquierdo-Doménech<sup>1</sup>, Jorge Orta-López<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Informática, Universitat Politècnica de València, Camí de Vera s/n, 46022 València.

E-mail: jlinares@dsic.upv.es, juanjesusizquierdodomenech@gmail.com, jororlo2@upv.es

Palabras clave: Gamificación, Realidad aumentada, Smart City

## Resumen

La captura de información de la población y su análisis facilitan la toma de decisiones en una smart city. El uso de apps y la interacción del usuario con las mismas puede generar información que puede llegar a ser más interesante que la captada por sensores. Pero es necesario motivar al ciudadano para que instale una aplicación. La gamificación ha demostrado su éxito en este objetivo. La realidad aumentada es una tecnología que encaja muy bien en la gamificación de los servicios digitales de un smart city. En el presente trabajo presentamos estos conceptos y las sinergias que el uso de gamificación y realidad aumentada pueden aportar en el contexto de una smart city. Presentamos también un conjunto de ideas de sus posibles implementaciones.

## 1. Introducción

Las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) son una piedra angular en el concepto de ciudad inteligente. El uso intensivo de las TIC pueden permitir la obtención de servicios públicos de alta calidad así como aumentar la productividad, competitividad, innovación, participación y capacitación de la población.

Uno de los enfoques tradicionales en el uso de las TIC en los entornos de ciudades inteligentes se centra en la captación de información. La sensorización de los aspectos cotidianos de la población y el tratamiento inteligente de esta información permite obtener información vital en la toma de decisiones que contribuyan al aumento de la calidad de vida de los ciudadanos.

Existe otra posibilidad en la adquisición de información de interés para la ciudad de una forma más activa: la interacción de los ciudadanos mediante apps o páginas web. En concreto el uso de apps es especialmente interesante por la naturaleza de los dispositivos móviles y su capacidad de toma de información a partir de sus sensores (como el GPS o el wifi). No obstante, vivimos un periodo de gran saturación de apps y resulta muy complicado convencer al ciudadano de que instale una nueva app en su dispositivo.

La gamificación es una técnica que nos puede permitir estimular al ciudadano y convencerlo de las ventajas en la instalación de la app. En el presente trabajo presentamos una serie de propuestas que integran gamificación y realidad aumentada como un mecanismo capaz de conseguir la instalación de apps por parte de la población y conseguir numerosas ventajas: cohesión social, difusión de cultura, dinamización de la población y, no menos importante, conseguir que estas actividades reporten información de gran interés para una smart city en el contexto de toma de decisiones.

Se abordará a continuación una pequeña introducción a la gamificación y sus posibles ventajas en el contexto de una ciudad inteligente, la realidad aumentada y sus ventajas, y finalmente se presentarán una serie de propuestas de su uso combinado.

## 2. Gamificación

El concepto de gamificación se centra en la aplicación de mecánicas de juego a otros contextos [3]. El éxito de los videojuegos y su poder de atracción y fidelización de sus jugadores ha despertado el interés en aplicar sus mecánicas a otros contextos, donde un grupo destinatario debe completar una serie de procesos y actividades que, siendo de gran interés por parte de empresas o corporaciones, no resultan atractivos y no son generalmente completados.

Utilizando elementos como insignias, puntos, recompensas, niveles, rankings competitivos y su publicación en redes sociales etc. se consigue que un proceso poco atractivo pueda despertar interés y aumentar considerablemente su uso. La población cada vez más necesita estímulos atractivos para verse involucrada en todo tipo de iniciativas y la gamificación ha demostrado ser un perfecto facilitador de este objetivo.

Conseguir que los ciudadanos entren en una web donde llevar a cabo un proceso de gran interés para la ciudad es un proceso generalmente complejo de conseguir aun cuando implique un beneficio directo o indirecto para los participantes. Esto es aún más crítico cuando se trata de instalar una app en un dispositivo móvil.

Una app instalada en un amplio sector de la población puede convertirse en una fuente de información de gran utilidad (gracias a los sensores propios de los dispositivos móviles actuales como el GPS, wifi etc.) y la información que se puede derivar de su uso. Pero instalar una app es un proceso muy voluntario y sólo posible ante un alto grado de motivación.

La gamificación puede ser el elemento determinante para que el ciudadano tome la decisión de instalar una app de una corporación municipal.

### 3. Gamificación en el context de una smart city

La gamificación ya se ha demostrado muy útil en el incentivo de uso de apps en la población de una ciudad y fomentar indirectamente la sostenibilidad, el transporte público, la cohesión social etc. Una revisión completa de algunas soluciones al respecto puede encontrarse en [6], [5], [4].

Para una smart city, una app en los dispositivos móviles de los ciudadanos puede ser punto de entrada de información muy útil fruto de la interacción del usuario. Una adecuada gamificación puede convertirse en la necesaria motivación para que la población instale la app. Esto es lo que podemos ver en la figura 1.

La gamificación implica que los logros obtenidos por los ciudadanos en el uso de las app debe traducirse en algún tipo de recompensa tangible (descuentos, privilegios en servicios etc.) o no tangibles (publicación y publicidad de rankings en redes sociales).

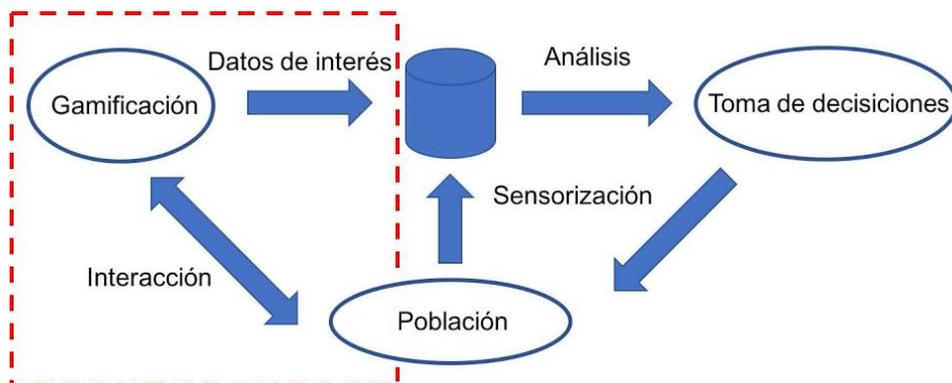


Figura 1: Gamificación en el context de una smart city.

#### 4. Realidad aumentada

La Realidad Aumentada (RA) junto a la Realidad Virtual (RV) se han convertido en las más prometedoras tecnologías en la interacción hombre-máquina. Concretamente la RA es considerada por muchos como una de las tecnologías más disruptivas del futuro.

La RV tiene como objetivo sumergir al usuario en un entorno totalmente sintético. Se le presenta un nuevo entorno tridimensional con el que puede interactuar. La RA por el contrario permite al usuario ver la realidad pero complementar esta visión con información sintética que permita ayudarle y asistirle. Ofrecer al usuario lo que sus sentidos no ven es una de las mejores posibilidades de la RA.

#### 5. Realidad aumentada en el contexto de una smart city

La utilización de RA en entornos de una smart city han sido utilizados en diversos contextos [7], [1], [2] como el transporte, el turismo, la planificación urbana etc. Son muchas las ventajas que su uso puede derivar para la ciudad:

1. Fomento de la movilidad. La RA invita al ciudadano a pasear, a visitar monumentos, a recorrer espacios etc. El exitoso juego Pokémon Go es un claro ejemplo.
2. Divulgación cultural y aumento del conocimiento de la ciudad y de sus actividades por parte de los ciudadanos.
3. Colaboración y cooperación entre ciudadanos.
4. Mejor captación de información relevante (determinar puntos más atractivos etc.)

La combinación de RA y gamificación puede permitir una sinergia, potenciación de sus objetivos e incremento de sus resultados.

## 6. Algunas propuestas

Presentamos a continuación algunos ejemplos de cómo una aplicación de RA en un dispositivo móvil y el uso de gamificación puede ayudar a cumplir gran parte de los objetivos detallados anteriormente. En la figura 2 se muestran prototipos de estos ejemplos.

- Turismo. Uno de los campos donde la RA ha sido más utilizada. Un ejemplo podría consistir en una app que invite al usuario a visitar zonas emblemáticas de la ciudad. Una vez en ellas, un avatar 3D le explicará el entorno. El avatar puede preguntar también al usuario. Sus respuestas así como información del perfil del usuario y los lugares visitados serían remitidos a la ciudad para su análisis. La ciudad puede ofrecer descuentos en servicios y museos a los usuarios que completen recorridos completos.
- Participación ciudadana. Ante diferentes alternativas en inversión y obra en la ciudad, la opinión de los ciudadanos al respecto puede ser esencial. Una app con RA podría mostrar al ciudadano en el propio lugar cómo quedaría tras la intervención, mostrando alternativas posibles y preguntando cuál es la más interesante en su opinión. Estos datos son de gran interés para la ciudad. La gamificación puede consistir en premiar a los ciudadanos más participativos.

- **Mantenimiento.** Una app con RA y geolocalización puede ayudar a los ciudadanos en la localización y acceso a determinados contenedores específicos (aceites, ropa etc.). El análisis de estas peticiones puede permitir a la ciudad determinar puntos en los que podría ser necesario ubicar nuevos contenedores. La app podría también por geolocalización premiar a los ciudadanos que se desplacen a estos contenedores.

Vida sana. Cuando el municipio posee vías verdes o trazados para actividades al aire libre, una app con RA y geolocalización puede plantear retos que consistan en que los ciudadanos recojan con su app elementos coleccionables en puntos del trazado. Conseguirlo en el menor tiempo puede resultar un complemento competitivo de gamificación. El uso de la app puede reportar muchos datos interesantes para la ciudad sobre la movilidad de los ciudadanos y sus costumbres.

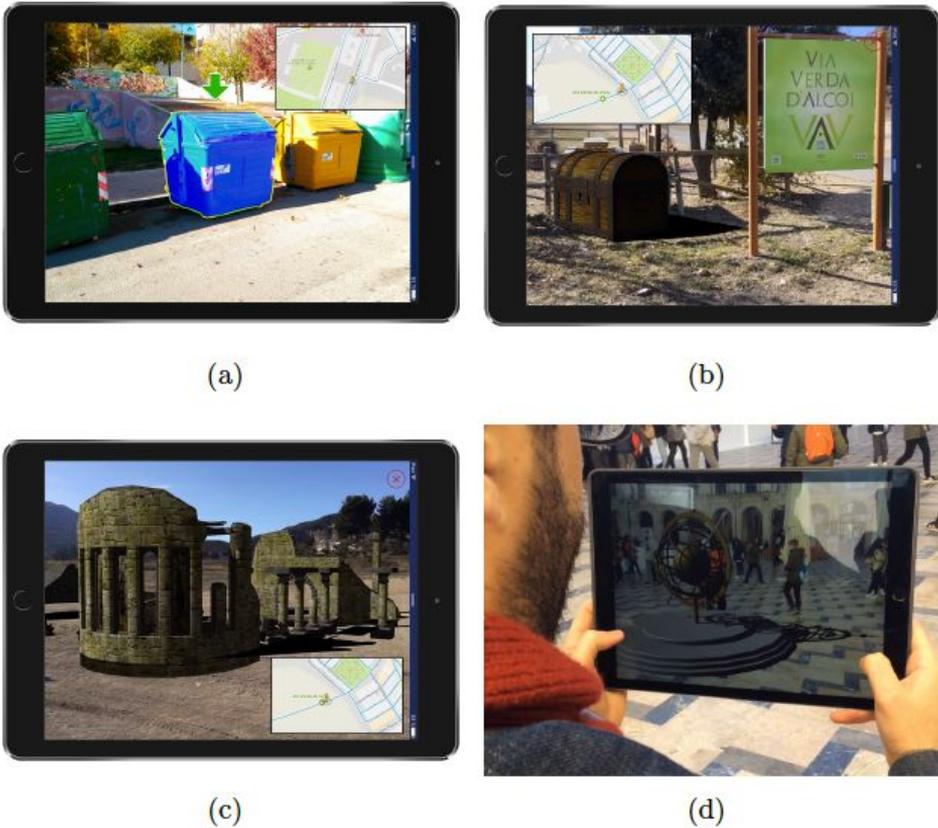


Figura 2: Ejemplos: (a) localización de contenedores; (b) recolección de ítems en una vía verde; (c) recreación de restos arqueológicos; y, (d) visualización de futuros proyectos.

## Referencias

- [1] Max Allen, Holger Regenbrecht, and M Abbott. Smart-phone augmented reality for public participation in urban planning. In Proceedings of the 23rd Australian computer-human interaction conference, pages 11–20. ACM, 2011.
- [2] Giuseppe Amato, Franco Alberto Cardillo, and Fabrizio Falchi. Technologies for visual localization and augmented reality in smart cities. In *Sensing the Past*, pages 419–434. Springer, 2017.
- [3] Sebastian Deterding, Rilla Khaled, Lennart Nacke, and Dan Dixon. Gamification: Toward a definition. In *CHI 2011 Gamification Workshop Proceedings*, Vancouver, BC, Canada, 2011.
- [4] Katerina Diamantaki, Charalampos Rizopoulos, Vassileios Tsetsos, Iouliani Theona, Dimitris Charitos, and Nikos Kaimakamis. Integrating game

elements for increasing engagement and enhancing user experience in a smart city context. In *Intelligent Environments (Workshops)*, pages 160–171, 2013.

- [5] Raman Kazhamiakin, Annapaola Marconi, Alberto Martinelli, Marco Pistore, and Giuseppe Valetto. A gamification framework for the long-term engagement of smart citizens. In *Smart Cities Conference (ISC2)*, 2016 IEEE International, pages 1–7. IEEE, 2016.
- [6] Antonio Opromolla, Andrea Ingrosso, Valentina Volpi, Carlo Maria Medaglia, Mauro Palatucci, and Mariarosaria Pazzola. Gamification in a smart city context. an analysis and a proposal for its application in co-design processes. In *International Conference on Games and Learning Alliance*, pages 73–82. Springer, 2014.
- [7] Boris Pokric, Srđan Krco, and Maja Pokric. Augmented reality based smart city services using secure iot infrastructure. In *Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, 2014 28th International Conference on, pages 803–808. IEEE, 2014.

# CMI-SimBioTIC: herramienta avanzada para Llíria como Smart City frente al Cambio Climático

Edgar Lorenzo-Sáez<sup>1</sup>, José-Vicente Oliver-Villanueva<sup>1</sup>,  
Lenin G. Lemus-Zúñiga<sup>1</sup>, Javier F. Urchueguía<sup>1</sup>, Jorge E.  
Luzuriaga <sup>1</sup>, Pau Brunet-Navarro<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto ITACA, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n,  
46022, Valencia, Spain

E-mail: gestor@itaca.upv.es

Palabras clave: Emisiones, Cambio Climático, TICs, Cuadro de  
mando integral

## Resumen

El calentamiento global es inequívoco. Los principales síntomas que afectan a la región Mediterránea son muy importantes: sequías, incendios forestales, inundaciones, erosión del suelo y desertización, etc. La influencia humana viene determinada por el aumento significativo de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI). Limitar el cambio climático requiere actuar a nivel local reduciendo de manera sustancial y constante las emisiones de GEI. Para ello, es necesario cuantificar de manera precisa y actualizada estas emisiones con el fin de priorizar esfuerzos de manera eficiente. CMI-SimBioTIC es una herramienta integral de gestión de emisiones de GEI que ya cuenta con los primeros resultados exitosos contribuyendo a la transición de Llíria hacia una Smart City innovadora y sostenible gracias a la potencialidad de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

## 1. Introducción

La transición hacia una economía baja en carbono en las ciudades se considera cada vez más como una contribución crucial para limitar el calentamiento global (IPCC 2014). Las ciudades necesitan cuantificar e informar de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como base para actuar sobre el cambio climático (Dodman 2011, Ibrahim et al. 2012, Kennedy et al., 2012, Lin et al., 2013b, Rauland and Newman, 2015a; Ramaswami et al. 2012b). Así, tras adoptar el paquete de medidas de la UE sobre cambio climático y energía en 2008, la Comisión Europea presentó la iniciativa del Pacto de los Alcaldes para el Clima y la Energía con el fin de respaldar y apoyar el esfuerzo de las autoridades locales en la aplicación de políticas de energía sostenible. Con su compromiso, los firmantes del Pacto se han propuesto superar el objetivo de la Unión Europea de reducir en un 20 % las emisiones de CO<sub>2</sub> antes de 2020 (Comisión Europea 2017). Basándose en estas cuantificaciones e informes, las ciudades deben definir políticas y estrategias específicas para lograr sus objetivos de reducción de emisiones. Por ello, los decisores públicos necesitan herramientas que les ayuden a evaluar de forma objetiva y transparente las actividades y decisiones llevadas a cabo, en términos cuantitativos de reducción de emisiones de GEI, empleo local y costes de operación y mantenimiento.

Desde el grupo multidisciplinar ICTvsCC del instituto ITACA, perteneciente a la Universitat Politècnica de València (UPV) y dentro del proyecto integral SimBioTIC, se está trabajando en el desarrollo de herramientas que permitan a las ciudades y sus ciudadanos luchar a nivel local contra un problema global, el cambio climático. SimBioTIC contribuye al proceso de transformación en Ciudades Inteligentes (Smart Cities) mediante la aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) más avanzadas.

## 2. Estado del arte

Se ha realizado una exhaustiva revisión de la literatura de las diferentes herramientas que existen actualmente para la cuantificación de emisiones de GEI y para la simulación de escenarios alternativos contra el cambio climático, y algunos ejemplos de su aplicación.

En cuanto a las herramientas de cuantificación de emisiones de GEI analizadas se pueden clasificar en tres grupos principalmente según el sector de aplicación. En primer lugar existe un grupo de herramientas aplicadas al sector transporte debido a la dificultad de cuantificación de este foco de emisiones (p.e. COPEERT 5, MOBILE 6 y SMOKE (Ministerio de Economía y Competitividad, 2017)). También existen herramientas adaptadas a la elaboración de inventario o huella de carbono de productos u organizaciones en todos sus posibles alcances (p.e. MC 3, CeroCO2, ISO 14064 y ENECO (Guevara-Sala Á et al. 2010)). Y por último existe último grupo de herramientas de cuantificación de GEI aplicados a la inventariación de un municipio o subregión (p.e. PAES, FEMP, JA HUELLA DE CARBONO, GHG PROTOCOL, OCCC: Calculadora d'emissions de GEH, CENEAM: Calculadora de emisiones de CO2 (Guevara-Sala Á et al. 2010)) entre otras.

Las herramientas de simulación analizadas se pueden clasificar en dos grupos principalmente. El primero de carácter científico (p.e. Logipro-Control, Simulación de rehabilitaciones de la FLC y EX-ACT) y el segundo de carácter divulgativo-comercial (p.e. Logasoft E+, Water footprint y Sustitución de tubos LED de Philips) entre otras.

Ninguna de las herramientas analizadas, tanto las herramientas de cuantificación de emisiones de GEI como las herramientas de simulación de escenarios alternativos contra el cambio climático, cumple con los requisitos y cualidades requeridas. Por todo ello, no existe actualmente una herramienta con las cualidades que desde ICTvsCC se considera necesario para los objetivos buscados.

### 3. Objetivos

La investigación presenta los siguientes objetivos:

1. Diseñar una herramienta gestión nombrada CMI-SimBioTIC como Cuadro de Mando Integral (Kaplan and Norton 2007) basada en la cuantificación de emisiones de GEI, en tiempo real, que facilita la toma de decisiones (a corto, medio y

largo plazo) a través de simulaciones para optimizar los recursos disponibles en función de criterios sociales, económicos y ambientales. Diseñada para ser utilizada tanto por los decisores públicos como por los ciudadanos, fomentando la transparencia en la toma de decisiones y aumentando la conciencia y el interés del usuario.

2. La aplicación de la herramienta en el término municipal de Lliria que permita obtener los siguientes resultados:
  - a. Obtener un diagnóstico real del estado de las emisiones de GEI de manera cuantitativa e identificar los focos de emisión más relevantes.
  - b. Seleccionar la medida de actuación frente al cambio climático más eficiente resultante de la simulación de diferentes escenarios en base a los tres criterios de la sostenibilidad.
  - c. Obtener el documento base para que Lliria pueda tomarlo como inventario de referencia para el desarrollo de los compromisos del Pacto de Alcaldes.

## 4. Materiales y métodos

### 4.1. Ciudad para el estudio piloto

La elección de la ciudad piloto es importante para asegurar la representatividad de las metodologías y herramientas desarrolladas.

Por ello, se ha seleccionado la ciudad de Lliria (València) que cuenta con aproximadamente 25.000 habitantes y actividad en sectores primarios, industriales y servicios, así como una planta de tratamiento de residuos. Además, posee un tamaño idóneo para testar una herramienta de estas características situándose en una posición media entre las grandes ciudades y los pequeños municipios, con representación de los principales sectores económicos.

## 4.2. Inventario de emisiones de GEI

La herramienta CMI-SimBioTIC está compuesta por cuatro módulos. El primero de ellos es el inventario de emisiones de GEI. Es la base de la herramienta y está estructurado en tres niveles de categorización (sectores, criterios e indicadores) y KPIs (Key Performance Indicators). En este módulo se cuantifican las emisiones de GEI de cada fuente emisora que se encuentra en la ciudad objeto de estudio, en este caso Llíria. Los valores de emisiones se expresan en términos de CO<sub>2</sub>-equivalente (CO<sub>2</sub>-eq), calculados según los potenciales de calentamiento atmosféricos del 4º Informe de evaluación del Panel Intergubernamental para el cambio climático (IPCC 2006).

Para la elaboración de este módulo se han consultado y evaluado diferentes metodologías (GHG PROTOCOL 2014, GEH 2017), así como las directrices básicas del IPCC (2006) utilizadas a nivel internacional. El módulo de inventario de emisiones de CMI-SimBioTIC facilita la estandarización de informes generados por la herramienta con los informes obligatorios que cada país debe presentar a nivel europeo para cumplir con pactos y/o objetivos internacionales.

## 4.3. Alertas

El módulo de alertas se basa en métodos estadísticos de priorización de los indicadores más relevantes de la ciudad. Con ello se logra focalizar esfuerzos, tanto en la reducción de emisiones de GEI, como en la mejora de los sistemas de medición de los KPIs. Este módulo prioriza la gestión de la menor cantidad de indicadores representativos de la mayor cantidad de emisiones de GEI de la ciudad, optimizando la gestión de la herramienta.

Junto al anterior, la metodología de diseño y priorización de indicadores está dirigida a la toma de decisión a corto plazo, garantizando el seguimiento en tiempo real de las emisiones de GEI y pudiendo actuar sobre rectificación de incidencias o modificación de medidas ineficientes detectadas.

#### 4.4. Simulación

El módulo de simulación está basado en modelos cuantitativos de predicción del impacto medioambiental y socioeconómico de las medidas o actuaciones planificadas, sirviendo como instrumento fiable, transparente y participativo en el proceso público y político de la toma de decisiones estratégicas frente al cambio climático a nivel local. Para ello se han desarrollado modelos matemáticos para evaluar el impacto ambiental (reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> eq.), económico (coste económico en euros (€) de operación y mantenimiento) y social (horas de empleo local generadas o destruidas) de las medidas simuladas. Por tanto, el módulo de simulación es la base de la herramienta para facilitar la toma de decisión a medio-largo plazo.

#### 4.5. Generador de informes normalizados

Por último, el módulo de generación de informes tiene como objetivo generar diferentes tipos de informes de manera normalizada para adaptarse a las diferentes convocatorias o compromisos que requieran de un informe concreto, como es el caso del Pacto de Alcaldes (Comisión Europea 2017). Para ello, se ha asegurado la estandarización de la categorización de la guía del IPCC (2006), respetando la nomenclatura alfanumérica entre la estructura de las categorías con el objetivo de garantizar también la comparabilidad entre inventarios.

### 5. Resultados y discusión

#### 5.1. Inventario de emisiones de GEI

El módulo de inventario de emisiones de GEI aplicado durante el año 2016 en la ciudad de Llíria refleja un total de emisiones de GEI de 175.427 t CO<sub>2</sub> eq. Tal como se observa en la figura 1, este nivel total de emisiones se ve considerablemente reducido por el sector "Forestal", que es responsable de la absorción de gran cantidad de GEI por su efecto sumidero. Concretamente el efecto sumidero de carbono de los bosques del término municipal de Llíria es responsable de una reducción del 11% de las

emisiones brutas. Con ello, el valor neto total de emisiones es de 156.133 t CO<sub>2</sub> eq.

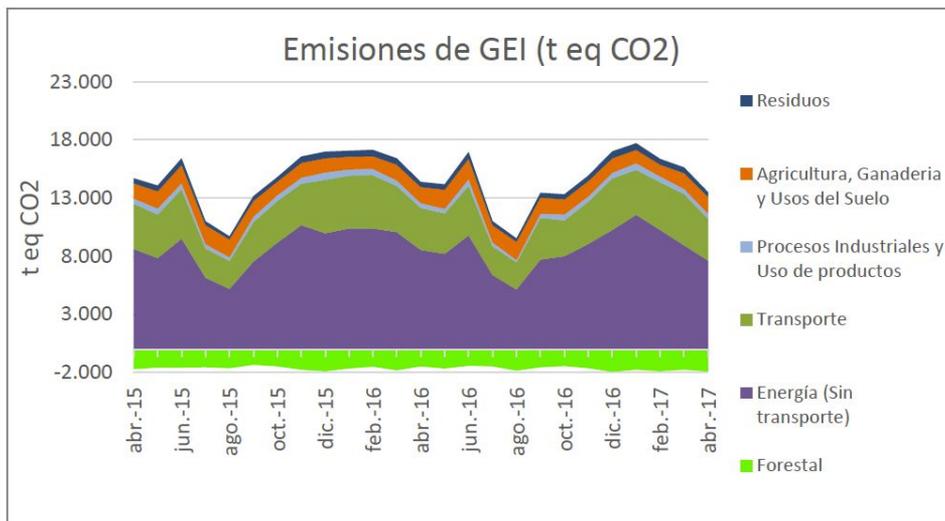


Fig. 1. Emisiones corrientes de GEI por sectores y ejemplo de consulta del mayo 2016. Fuente: Elaboración propia.

Del total de emisiones, cerca del 60% de las emisiones globales se registraron en el sector “Energía (sin Transporte)”. Dentro de este sector, el criterio con mayores niveles de emisión es el de “Quema de combustible en industrias manufactureras y de la construcción” con un 24% del total, siendo el indicador “Industria cerámica” el mayor responsable con un 18% del total. El segundo sector con mayor cantidad de emisiones de GEI es el sector “Transporte”, con un 25% del total. El criterio “Transporte terrestre privado” domina con total claridad con un 24% de emisiones, siendo el indicador “Automóviles” el más significativo con un 16% del total de emisiones de GEI de Llíria. Por último, el restante 15 % de las emisiones de GEI se reparte entre los sectores “Agricultura, Ganadería y Otros Usos de Suelo”, con un 9% del total de emisiones, y los sectores “Procesos Industriales y Uso de Productos” y “Residuos” que suponen apenas un 3% de las emisiones cada uno de ellos.

## 5.2. Alertas

Los métodos estadísticos del módulo de alertas testado en 2016 en Llíria prioriza un rango de entre 6 y 8 indicadores que representan más del 70% del total de emisiones de GEI del término municipal. Así, los indicadores más relevantes, siempre presentes entre el rango mencionado, pero con posibles variaciones dependiendo del mes estudiado se presentan en la tabla 1.

INDICADOR	Emisiones totales 2016 (t CO <sub>2</sub> eq.)	% sobre total emisiones	Min (mes) (t CO <sub>2</sub> eq.)	Max (mes) (t CO <sub>2</sub> eq.)
"Quema de combustible en la Industria cerámica"	32.847	18,72	1.702 (ago)	3.574 (mar)
"Sector residencial"	9.570	5,46	363 (ago)	989 (ene)
"Sector Comercial/Institucional (No público) consumo eléctrico"	2.003	1,14	91 (ago)	217 (ene)
"Consumo eléctrico del sector residencial"	34.176	19,48	1.797 (ago)	3.728 (dic)
"Automóviles"	29.201	16,65	1.486 (ago)	3.169 (ene)
"Camiones de servicios pesados (> 3.900 kg) y autobuses"	9.513	5,42	562 (ago)	1.022 (feb)
"Refrigeración y aire acondicionado"	3.945	2,249	165 (ago)	446 (jun)

Tabla 1: Indicadores más relevantes de Llíria, año 2016. Fuente: Elaboración propia.

## 5.3. Simulación

El módulo de simulación presenta resultados muy dispares en función de las diferentes actuaciones que se simulan. Entre las oportunidades de mejora detectadas y dadas las actuaciones simuladas para la toma de decisión a medio-largo plazo, destaca la proyección de un sistema centralizado de abastecimiento de calor para calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) para 14 edificios públicos de Llíria ("District Heating"). El sistema será alimentado con biomasa procedente de la limpieza del monte

de utilidad pública del propio municipio, sustituyendo los sistemas distribuidos actuales alimentados con combustibles fósiles y/o electricidad. Los ratios beneficio/inversión bajo los tres criterios de sostenibilidad descritos anteriormente, son los que se representan en la figura 2:

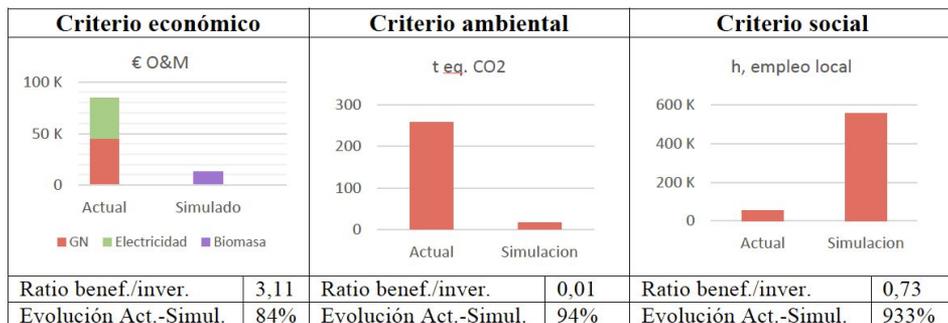


Fig. 2 Simulación implantación Sistema District Heating para 14 edificios públicos de Lliria.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4. Generador de informes normalizados

Los resultados del módulo generador de informes normalizados consisten básicamente en 2 informes normalizados reportados hasta la fecha. Un informe completo de las emisiones del año 2016 de todas las fuentes emisoras y con efecto sumidero del término municipal de Lliria. Y un segundo informe adaptado a las exigencias del Pacto de los Alcaldes por el Clima y la Energía que presenta un análisis comparativo respecto al año de referencia establecido de 2010.

## 6. Conclusiones

El desarrollo y aplicación con éxito de CMI-SimBioTIC en el término municipal de Lliria demuestra la idoneidad de una herramienta transparente de gestión de emisiones de GEI a escala local, de manera desgregada por sectores y en tiempo real. En definitiva, CMI-SimBioTIC ayuda a las administraciones locales a transitar hacia Smart Cities aprovechando todo el potencial de las TICs.

Resultado de la aplicación de cada uno de sus módulos, CMI-SimBioTIC ha permitido obtener un diagnóstico real y actualizado del estado actual de emisiones de GEI además de conocer su evolución y estacionalidad. Por otro lado, se han identificado los indicadores más relevantes donde focalizar esfuerzos tanto de reducción de emisiones, como de mejora de medición y seguimiento sobre un número limitado de indicadores. Además, el módulo de simulación ha dado como resultado la implantación de un sistema centralizado o district heating para el abastecimiento de calefacción y ACS mediante bioenergía agroforestal a 14 edificios públicos de Llíria que ha llevado a su proyección con voluntad de construcción en un futuro próximo.

Por último, cabe destacar que la herramienta se encuentra en constante mejora. Además, dada la representatividad que otorga la primera acción piloto, la herramienta se puede transferir y extrapolar a otras ciudades con condiciones socioeconómicas diferentes. Por tanto, la normalización de informes unido a la estandarización de la estructura, permite fijar objetivos secundarios como la creación de mecanismos de compensación de carbono entre sumideros y emisores de ciudades o empresas cercanas entre otros. Esto deberá ser investigado en un futuro próximo, junto al desarrollo de nuevos módulos relacionados con la gestión integral de las emisiones de GEI p.e. gestión de stocks de carbono o gestión del riesgo de emisión de grandes cantidades de GEI.

## Referencias

- [1] Dodman, D. 2011. Forces driving urban greenhouse gas emissions. Current Opinion in Environmental Sustainability 3(3): 121–125.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2010.12.013>.
- [2] EC European commission. 2017. The Covenant of Mayors for Climate & Energy in Europe - Key Figures. EU Covenant of Mayors Office.  
[http://www.conventiondesmaires.eu/about/covenant-of-mayors\\_en.htm](http://www.conventiondesmaires.eu/about/covenant-of-mayors_en.html)  
l
- [3] Guevara Sala, A.; Guzmán Vico, N.; García Martín, L.; Martín Rodríguez, P; Márquez Hitos, V.; Muñoz Collado, F; Vida Manzano, J.; 2010: Estudio de herramientas adecuadas para medir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero municipales. En Actas X Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid.

- <http://www.conama10.conama.org/conama10/download/files/CT%202010/1000000279.pdf>
- [4] Ibrahim, N., L. Sugar, D. Hoorweg, and C. Kennedy. 2012. Greenhouse gas emissions from cities: comparison of international inventory frameworks. *Local Environment* 17(2): 223–241. <http://dx.doi.org/10.1080/13549839.2012.660909>.
- [5] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Climate change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change—Summary for policymakers. Geneva, Switzerland: IPCC. [http://report.mitigation2014.org/spm/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_summary-for-policy-makers\\_approved.pdf](http://report.mitigation2014.org/spm/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policy-makers_approved.pdf). Accessed 14 April 2015.
- [6] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006-IPCC, (2006): Guidelines for national greenhouse gas inventories. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- [7] Kaplan, R. S. and Norton, D. (2007). Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. *Harvard Business Review*, 74(July -August). <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=9200>
- [8] Kennedy, C., S. Demoullin, and E. Mohareb. 2012. Cities reducing their greenhouse gas emissions. *Energy Policy* 49: 774–777. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.030>.
- [9] Lin, T., Y. Yu, X. Bai, L. Feng, and J. Wang. 2013b. Greenhouse gas emissions accounting of urban residential consumption: A household survey based approach. *PLoS ONE* 8(2): e55642. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0055642>.
- [10] Ministerio de Economía y Competitividad. 2017. CIEMAT - Modelización de la Contaminación Atmosférica. Obtenido de <http://mca-retemca.ciemat.es/MCAportal/portal.do?sessionId=031C8B47CEDF7C83C0D418FF9AC7B1B0?IDM=114&NM=4>
- [11] OCCC (Oficina catalana canvi climàtic) 2017. Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) a escala regional GEH (2017). [http://canviclimatic.gencat.cat/es/redueix\\_emissions/guia\\_de\\_calcul\\_de\\_missions\\_de\\_co2/](http://canviclimatic.gencat.cat/es/redueix_emissions/guia_de_calcul_de_missions_de_co2/).
- [12] Rauland, V. and P. Newman. 2015a. Counting carbon in cities. In *Decarbonising Cities*, 8: 117–130. Basel, Switzerland: Springer International. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-15506-7\\_8](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-15506-7_8).
- [13] Ramaswami, A., M. Bernard, A. Chavez, T. Hillman, M. Whitaker, G. Thomas, and M. Marshall. 2012b. Quantifying carbon mitigation wedges in U.S. cities: Near-term strategy analysis and critical review. *Environmental*

Science & Technology 46(7): 3629–3642.

<http://dx.doi.org/10.1021/es203503a>.

- [14] WRI (World Resources Institute) and WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). 2011. Greenhouse Gas Protocol corporate value chain (Scope 3) accounting and reporting standard. World Resources Institute (WRI) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). [www.wri.org/publication/greenhouse-gas-protocol-corporate-value-chain-accounting-and-reporting-standard](http://www.wri.org/publication/greenhouse-gas-protocol-corporate-value-chain-accounting-and-reporting-standard). Accessed 14 April 2015.
- [15] WRI, C40, and ICLEI. 2014. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC)—An accounting and reporting standard for cities. World Resources Institute, C40 Cities Climate Leadership Group, and ICLEI Local Governments for Sustainability, December 2014. <http://ghgprotocol.org/cityaccounting>. Accessed 14 April 2015.

# Aspectos básicos en el diseño de motocicletas eléctricas: Proyecto Motostudent

Francisco Lopez Esteve<sup>1</sup>, Jorge G. Segura Alcaraz<sup>1</sup>, Miguel Jorge Reig Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitat Politècnica de València (EPSA), Plaza de ferrandiz i Carbonell 1, 03801 Alcoy.

E-mail: jsegura@mcm.upv.es

Palabras clave: sostenibilidad, ecología, motocicleta, eléctrica

## Resumen

Los vehículos eléctricos están comenzando a ganar peso en el sector de la automoción, pues presentan claras ventajas frente a los vehículos de motor combustión, sobre todo en el plano medioambiental. Este tipo de vehículos son el futuro para las ciudades y la movilidad sostenible, donde los índices contaminación pueden llegar incluso a prohibir la circulación de tráfico rodado de vehículos con motores de combustión. El proyecto Motostudent Electric es un proyecto académico basado en una competición internacional entre equipos de estudiantes universitarios que consiste en el diseño, fabricación y estudio de viabilidad económica para su producción en serie de una motocicleta eléctrica. En esta comunicación se expondrán los principales aspectos a tener en cuenta en el diseño de este tipo de vehículos, así como de las metodologías empleadas en el desarrollo del proyecto que permiten incorporar nuevas tecnologías como la realidad aumentada (AR), y el internet de las cosas (IoT) en este tipo de vehículos, a través de la gestión de la los datos de diseño y de vida en servicio (PDM/PLM).

## 1. Introducción

Actualmente nadie pone en duda las virtudes de los vehículos eléctricos y los beneficios de su uso. Con su presencia las calles se vuelven más humanas y transitables, al disminuir la contaminación ambiental y acústica. Los beneficios ambientales, económicos y sociales del uso de los vehículos eléctricos como medio de desplazamiento y ocio han sido reconocidos por distintas instituciones públicas europeas, las cuales en reiteradas ocasiones han exhortado a las administraciones públicas a promocionar e incentivar de forma activa este vehículo como parte imprescindible de cualquier estrategia de transportes que aspire a la sostenibilidad ambiental. Esto implica un mayor bienestar y recuperación del espacio público para la totalidad de la ciudadanía.

En los últimos años varias ciudades españolas han tomado medidas para sacar del centro los vehículos con motores de combustión interna y recientemente la Ley 6/2014, que modifica la Ley de Tráfico, autoriza a los ayuntamientos a restringir el acceso a determinados vehículos por motivos medioambientales. Por otra parte Reglamento (UE) nº 168/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de enero de 2013, relativo a la homologación de los vehículos de dos o tres ruedas y los cuatriciclos, y a la vigilancia del mercado de dichos vehículos, establece una nueva clasificación y requisitos de homologación de la categoría de ciclos, ciclomotores y motocicletas, en base a sistema de propulsión; (eléctrico o de combustión), la potencia y la utilidad. Los requisitos, de eficiencia energética de dicho Reglamento se centran en controlar y reducir y de emisión de gases de efecto invernadero, mediante sistema de diagnosis a bordo, que permite monitorizar los parámetros del vehículo y gestionar las variables de funcionamiento para optimizarlo.

Actualmente en el diseño y desarrollo de vehículos son varias las áreas dentro de una empresa que trabajan simultáneamente. Desde el punto de vista de la Ingeniería, un mismo producto puede incluir diversas tecnologías que van más allá del simple diseño, selección de materiales y procesos de fabricación. Los equipos de diseño y desarrollo de productos son multidisciplinarios y muchas veces se encuentran deslocalizados por lo que la información referente al nuevo producto debe de estar accesible y actualizada para todos ellos. Bajo este enfoque de desarrollo colaborativo

de nuevos productos, existe la necesidad de compartir la información del diseño en todas sus fases desde la idea hasta, la retirada del producto en servicio, y que principalmente está compuesta por documentación técnica, archivos CAD, planos y manuales. Añadido a esta necesidad, muchos sectores tienen una innovación constante del producto, llegando a ser prácticamente anual, por lo que los plazos de tiempo de lanzamiento de producto se reducen considerablemente y los equipos de diseño y desarrollo han de trabajar de la forma más eficiente posible.

El compartir la información del diseño, que sea accesible y esté actualizada es fundamental para conseguir estos objetivos, y con el avance de las tecnologías TIC en un mundo globalizado, cada vez se está haciendo más accesible las aplicaciones que sirven para gestionar esta información relativa al diseño de producto, la fabricación y su posterior vida en servicio. Son conocidas en su terminología anglosajona como "Product Data Management" (PDM) y "Product Lifecycle Management". El empleo de estas tecnologías y herramientas no es únicamente un simple proceso de diseño, sino se engloba en la filosofía de la Ingeniería Concurrente. Por lo que requiere un cambio en el planteamiento y organización de la estrategia de las empresas.

El proyecto MotoStudent consiste en un desafío académico en el que se debe diseñar y desarrollar un proyecto de motocicleta cuya eficiencia será probada en competición con otras motos de todo el mundo. Las motos presentadas para competir en MotoStudent deben ser prototipos de fabricación propia, en la que los equipos participantes deberán mostrar y explicar el diseño del prototipo realizado y el proyecto de industrialización para su producción en serie como moto de calle. En este trabajo se ha llevado a cabo su implementación en un proyecto académico basado en el diseño y fabricación de un prototipo de motocicleta, planteando nuevas metodologías en el diseño y desarrollo de productos, como así nuevas metodologías de aprendizaje basado en proyectos. Los docentes responsables del proyecto, tutoran y asesoran a los alumnos en la ejecución del proyecto

Cada equipo debe de estar integrado por un mínimo 7 alumnos, los cuales tienen que trabajar en equipo de manera coordinada para alcanzar el objetivo en el plazo determinado por la organización. El planteamiento de

implementar un sistema PDM/PLM en el diseño y fabricación de la motocicleta tiene dos motivaciones principales:

- Facilitar en un entorno colaborativo para el diseño y fabricación del prototipo
- Aprendizaje en el uso de herramientas PDM y PLM disponibles tanto en el ámbito académico como empresarial

El uso de las herramientas PDM y PLM tiene su sentido y aplicación en la ejecución de proyectos en la gestión de la información del diseño. Toda esta información queda ligada al producto y puede ser empleada, consultada y procesada en cualquier fase posterior de su vida en servicio.

## 2. Antecedentes

Son varios los trabajos llevados a cabo para implementación de sistemas PDM/PLM en las industrias de automoción. Bodein [1] propone una hoja de ruta definiendo fases claves con el objetivo general de plantear una estrategia eficaz en la utilización de CAD paramétrico. De su propuesta fundamentada en casos prácticos destaca la metodología de 2 esqueletos en las fases iniciales del diseño para establecer la relación entre los archivos CAD y el PLM, y permitir la propagación de las modificaciones del componente en todos los productos donde es empleado. Un primer esqueleto con el enfoque top-down (definición del conjunto) y el otro con el enfoque bottom-up (definición del componente). Por su parte, Wasmer A. [2] presenta un protocolo en la gestión de la información en los cambios en Ingeniería (ECM), basados en estándares de la industria de la automoción, y otros sectores afines, para facilitar la comunicación entre empresas OEM, proveedores e ingenierías, tanto a nivel interno como externo, sin afectar los procesos internos de ECM de cada empresa. Estos cambios en ingeniería pueden venir dados por el fallo de piezas en servicios. Para ello Madenas [3], propone una arquitectura web para gestionar la información del servicio postventa desde el cliente final hasta la ingeniería de desarrollo del producto, basado en un diseño enfocado en el análisis de modos de fallo (DFMEA), e integrarla con el los sistemas PDM y PLM. Por su parte, Belkadi propone e implementa una metodología para la definición gestión de los parámetros funcionales en el diseño [4],

haciendo especial atención a las tolerancias dimensionales a partir de la “gestión del conocimiento” (KM) y posterior incorporándolo a los sistemas PLM. Al igual que Bodein, emplea de esqueletos con geometría de referencia[1] que sirve para generar la estructura del producto y situar los componentes, a la que además le atribuye las características de pares cinemáticos con los parámetros funcionales.

Otros autores también ponen en relevancia la definición de la tolerancias y parámetros funcionales desde el mismo modelo 3D conocido como la definición diseño basado en el modelo (MBD), y gestionado esta información y mediante sistemas PDM/PLM, siendo el modelo y archivo CAD la fuente de información en el diseño y fabricación. Así Alemanni [5], compara en su estudio los requerimientos claves en tres escenarios donde el MBD, requiere de una estructura de datos correcta, la simplificación e incluso eliminación de planos y documentación de fabricación.

La estructuración correcta de la información ligada directamente a los modelos CAD, demanda de tener una estructura del producto inicial. En este sentido, Bruun [6] propone un metodología basado en una arquitectura visual del producto en módulos, donde los módulos son subsistemas funcionales de conjuntos de piezas o componentes individuales, entre los cuales se establece la relación mediante interfaces definidas. El mismo Buurn, desarrolla y valida esta metodología pero desde el enfoque de la implementación en sistemas PDM/PLM comerciales en el desarrollo de producto [7]. Dumolin [8] realiza un estudio teórico y mucho más detallado en la definición y cuantificación de la interface entre componentes, basados en la representación mereotológica y descripción ontológica de los ensamblajes, con el fin de modelizar la relación entre componentes, y posteriormente ser implementada a los sistemas PLM.

Por último, la integración del PDM/PLM en el desarrollo de nuevos productos necesitan de una metodología y estrategia en la gestión de la información. Bajo el enfoque de la gestión de la vida del producto (PLM), contemplando las fases de diseño, desarrollo, fabricación y la vida en servicio del producto, Carlos Vila y Juan Carlos Albiñana [9], definiendo la misión, visión y objetivos de la estrategia PLM. Con el fin de facilitar la consecuencia de los objetivos, Vila y Albiñana proponen una metodología estructurada en el desarrollo de nuevos productos en cinco fases; estrategia, diseño conceptual, diseño preliminar, diseño detallado y

planificación de la producción, con un hitos establecidos para pasar de una la siguiente fase en el proceso de desarrollo de producto.

En cuanto al beneficio en la colaboración de las distintos equipos de trabajo y la áreas implicadas en el desarrollo de nuevos productos implementando un sistema PDM/PLM, tanto Vila [10, 11], como Federic Segonds y Nicolas Maranzana[12, 13], realizan varios estudios experimentales el ámbito de la educación superior, empleando diferente software comercial específico (PTC Winchill, Smarteam...) y software libre para compartir información genérica (Dropbox, e-mail, Skype...).

### 3. Metodología

Actualmente en el diseño y desarrollo de vehículos son varias las áreas dentro de una empresa que trabajan simultáneamente. Desde el punto de vista de la Ingeniería, un mismo producto puede incluir diversas tecnologías que van más allá del simple diseño, selección de materiales y procesos de fabricación. Los equipos de diseño y desarrollo de productos son multidisciplinares y muchas veces se encuentran deslocalizados por lo que la información referente al nuevo producto debe de estar accesible y actualizada para todos ellos. Bajo este enfoque de desarrollo colaborativo de nuevos productos, existe la necesidad de compartir la información del diseño en todas sus fases desde la idea hasta, la retirada del producto en servicio, y que principalmente está compuesta por documentación técnica, archivos CAD, planos y manuales. Añadido a esta necesidad, muchos sectores tienen una innovación constante del producto, llegando a ser prácticamente anual, por lo que los plazos de tiempo de lanzamiento de producto se reducen considerablemente y los equipos de diseño y desarrollo han de trabajar de la forma más eficiente posible.

El compartir la información del diseño, que sea accesible y esté actualizada es fundamental para conseguir estos objetivos, y con el avance de las tecnologías TIC en la Industria 4.0, cada vez se está haciendo más accesible las aplicaciones que sirven para gestionar esta información relativa al diseño de producto, la fabricación y su posterior vida en servicio. Son conocidas en su terminología anglosajona como "Product Data Management" (PDM) y "Product Lifecycle Management". El empleo de estas

tecnologías y herramientas no es únicamente un simple proceso de diseño, sino se engloba en la filosofía de la Ingeniería Concurrente. Por lo que requieres un cambio en el planteamiento y organización de la estrategia de las empresas.

Atendiendo a las nuevos procesos en el desarrollo de productos, se plantean cinco fases con hitos marcados y plazos de tiempo estipulados para su consecución; definición de la estrategia, diseño conceptual, diseño preliminar, diseño detallado y fabricación del prototipo. Al ser el proyecto participe en la V Edición de la Competición Internacional MotoStudent se desarrolla durante el período 2017-2018. A lo largo de la Competición, la Organización de MotoStudent establece una serie de hitos que todos los equipos participantes deben cumplir con objeto de complementar la evaluación final de sus proyectos. (Reglamento de la Competición: Art. A.6.1)[14].

En la definición de la estrategia se determina la estructuración y organización de los alumnos que integran el equipo de trabajo según sus capacidades y conocimientos, así de los recursos materiales, tecnológicos y financieros que se disponen para llevar a cabo el proyecto. El equipo se estructura, partiendo del asesor docente, en 4 departamentos de desarrollo del chasis, suspensiones, motor y sus sistemas auxiliares y de aerodinámica, styling y diseño gráfico, todo ello supervisado por el alumno delegado, que delega parte de las responsabilidades en un responsable adjunto. De forma paralela al desarrollo de las funciones técnicas, existe un órgano de gestión administrativa y económica del proyecto.

En la fase de diseño conceptual, el reglamento de la competición Motostudent [14] establece los requisitos de diseño y de obligado cumplimiento (Artículo 2. Requisitos generales de diseño), donde se establece las dimensiones mínimas, el peso y ergonomía

Durante esta fase es donde se generan la mayor parte de las ideas, las búsquedas de información, y finalmente la toma de decisiones sobre lo que será el diseño preliminar de la motocicleta.

En estos procesos intervienen todos los integrantes del equipo mediante diversas técnicas y medios:

- Brainstorming

- Seminarios
- Búsqueda generales en internet
- Análisis de mercado
- Búsqueda en bases de datos de proyectos y publicaciones técnicas (Riunet)

Los resultados de cada uno de estas fuentes de información y conocimiento son filtrados y seleccionados en función de los criterios y restricciones de diseño anteriormente mencionados. La gestión y almacenamiento documental se realiza en la nube con acceso a todos los usuarios empleando varias aplicaciones de recursos compartidos como son Dropbox y Google Drive. Se realiza una estructuración de la documentación para clasificarla y ordenarla. Esta metodología coincide con la de las experiencias académicas llevadas a cabo por Vila[10, 11], Segonds[12] y Maranzana[13], en la formación en PDM y PLM.

En cuanto a generación de archivos CAD, es muy baja durante esta fase. Siendo algunos los modelos tridimensionales y planos de los componentes entregados por la organización; motor, llanta y frenos. Únicamente se genera un esbozo con las dimensiones básicas. Al igual que Bodein [1] y Belkadi [4], este esbozo se trata como el esqueleto inicial donde queda definido los parámetros principales del diseño y la posición de algunos componentes como son el motor, basculante, pivote de dirección, ruedas y transmisión. Cualquier cambio de estas dimensiones o de la posición de los componentes por la iteración en desarrollo del diseño en fases posteriores, permitirá la rápida modificación y propagación de los cambios, ya que estarán gobernadas por este.

En la fase de diseño preliminar se define la forma aproximada de los componentes principales, su ubicación y relación entre ellos. Para ello es necesario una correcta organización de los mismos y que la información, los requisitos y criterios de diseño se mantengan durante todo el proceso de diseño. El modelado de los componentes en caso de realizar diseños propios, puede tener diversos enfoques o metodologías como el DFA o el DFM[17], bajo la filosofía de la Ingeniería Concurrente y el aprovechamiento de las herramientas actuales en CAD, CAM, CAE, integrándolos en sistemas PDM y PLM

- En el proyecto, el proceso de diseño preliminar que se ha seguido ha sido el siguiente:
- Estructura de producto preliminar; árbol de modelo CAD
- Captura de la propuesta de diseño; esbozos, esqueletos, representaciones simplificadas...
- Gestionar las relaciones entre componentes; parámetros; dimensiones, posición, tolerancias
- Realización de la propuesta de diseño; geometrías, superficies, uniones
- Definición del ensamblaje; interfaz de componentes y restricciones de posición

La estructura el producto en módulos sirve en primer lugar para organizar y repartir a los integrantes del equipo las tareas propias de diseño y modelizado de los componentes. De esta manera, cada módulo es desarrollado por un número menor de personas que se dedica exclusivamente a ello. Esto permite, que varios módulos sean desarrollados al mismo tiempo. En segundo lugar, la estructuración del diseño en módulos siguiendo una estructura "top-down", clasifica y ordena jerárquicamente los componentes en conjuntos, subconjuntos y piezas independientes. Esto facilita el control de cambios en el diseño CAD sin afectar los componentes de jerarquía inferior en el árbol del modelo. Una vez definida la estructura de los componentes en el árbol del modelo CAD, se traslada la misma estructura al sistema PDM/PLM, lo que posteriormente simplificar tareas como la exportación de una LDM para obtener un presupuesto de un proveedor o transferir información a un sistema ERP.

Hay distintas formas de capturar la propuesta de diseño, dependiendo de si el componente es funcional, o debe de ocupar un espacio y una posición determinada relativa al resto de componentes.

La captura de diseño se lleva a cabo mediante:

- la creación de los esqueletos funcionales
- esbozos de representaciones simplificadas
- importación de componentes CAD

En los componentes a diseñar, como es el chasis principal y el basculante, se realiza inicialmente el esqueleto con las referencias de posición y las relaciones con el resto de componentes.

En el chasis principal al ser una estructura de perfiles se esbozan en diferentes planos los ejes de los mismos y los puntos de conexión. Ello da lugar a representación simplificada de la estructura del chasis tubular, con las dimensiones de los perfiles y su posición determinada.

El basculante es el sistema principal del sistema de suspensión trasero, por lo que a diferencia del chasis que es una estructura con todos sus componentes fijos, el basculante, las bieletas y el balancín del sistema de suspensión son elementos móviles. El esqueleto del basculante y del sistema de suspensión es posible realizarlo definiendo los pares cinemáticos las conexiones.

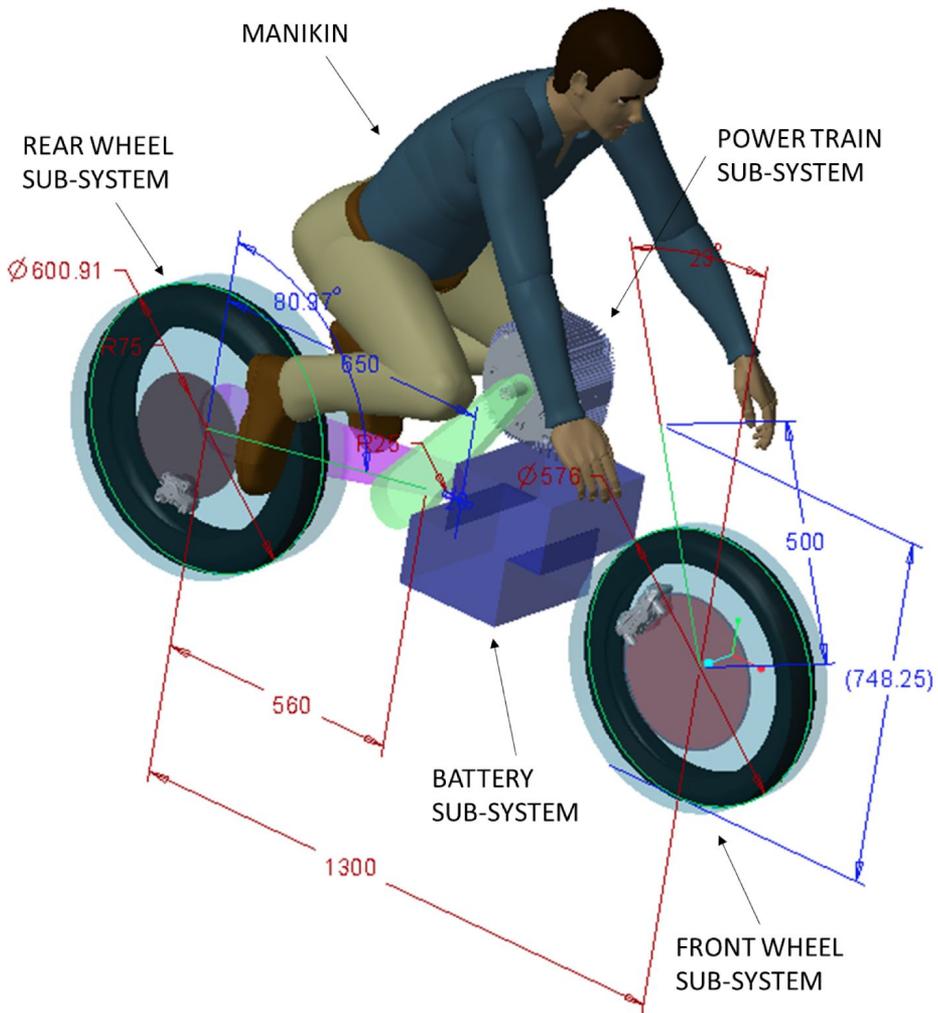


Ilustración 1: Modelo CAD 3D con esqueletos simplificados de los subsistemas

El dimensionado y elección de las baterías es uno de los aspectos básicos en todo vehículo eléctrico, debido que está estrechamente ligado a su diseño, autonomía y prestaciones. Para el cálculo de las baterías se realiza un estudio de las necesidades energéticas del vehículo en base a los distintos tramos del recorrido del circuito, la potencia del motor vendrá dada por la siguiente expresión:

$$P_m \geq R_T v$$

(1)

Donde,  $P_m$  es la potencia a desarrollar por el motor,  $R_T$  es el conjunto de fuerzas de resistencia al avance del vehículo y engloba las fuerzas de rodadura, la resistencia aerodinámica y las fuerzas en las pendientes,  $v$  es la velocidad. La ecuación de la resistencia al avance en función de la velocidad y de la pendiente superable es:

$$R_T = K_1 + K_2 v^2 + K_3 n$$

(2)

Donde  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$  son constantes que dependen del coeficiente de rodadura de los neumáticos ( $\mu$ ), del peso del conjunto del vehículo y piloto ( $m$ ), del coeficiente aerodinámico ( $c_x$ ) y la superficie frontal ( $S$ )

$$K_1 = \mu m$$

(3)

$$K_2 = \frac{1}{16} c_x S$$

(4)

$$K_3 = \frac{m}{100}$$

(5)

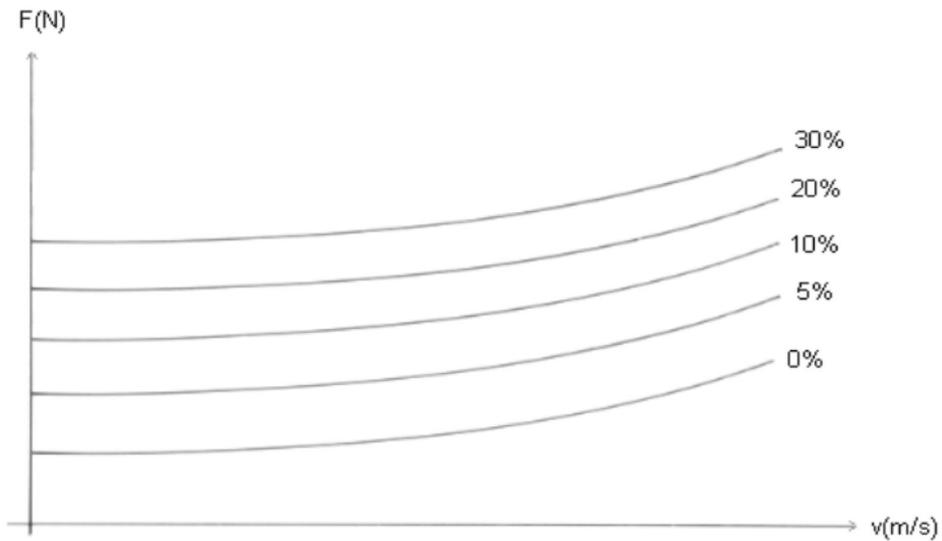


Ilustración 2: Curvas de resistencia al avance en función de la velocidad y la pendiente

La potencia a suministrar al motor  $P_b$  por la batería, tendrá en cuenta el rendimiento eléctrico del motor  $\eta$  :

$$P_b = \frac{P_m}{\eta}$$

(6)

Conocida la potencia consumida  $P_b$ , podemos determinar la necesidad de la energía aportada por las baterías  $E_b$ , durante los intervalos de tiempo que se demande:

$$E_b = P_b \Delta t$$

(7)

A partir de (1), (6) y (7) se puede desarrollar la expresión de la energía consumida por tramo:

$$E_b = \frac{R_T v}{\eta} \Delta t = \frac{R_T \Delta e}{\eta}$$

(8)

Donde,  $\Delta e$  es el espacio recorrido en cada tramo del circuito, con una pendiente y una velocidad media obtenida por las prestaciones del vehículo previamente determinada. Al final la energía total de la batería se obtendrá del sumatorio de las energías necesarias en cada tramo del circuito y por el número de vueltas al circuito. De esta manera, se consigue la autonomía suficiente para este tipo de motocicleta en circuito cerrado a diferencia de los ciclos de test de emisiones establecidos por la Directiva Europea 90/C81/01

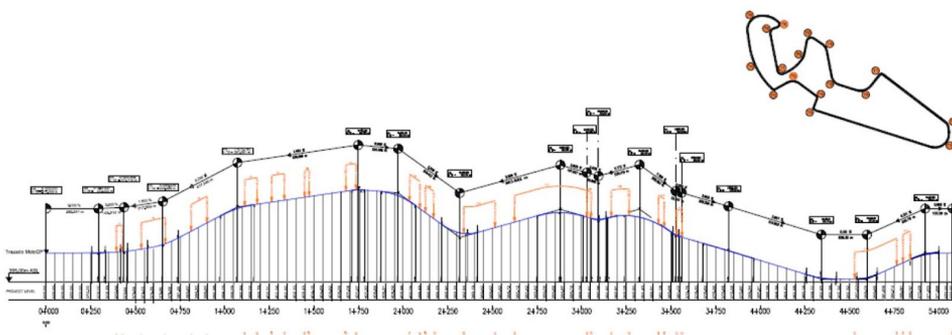


Ilustración 3 - Perfil del circuito con los datos de pendiente y velocidad

## 4. Resultados

La gestión de los datos del producto en el inicio de la fase del diseño preliminar se realizaba sin implementar una herramienta PDM. El modelado de los componentes era realizado de manera independiente y estos se archivaban en un directorio compartido de Google Drive. Debido a la gran cantidad de archivos CAD que podía generarse simultáneamente por los distintos integrantes del equipo de diseño, se crearon distintos directorios para cada módulo de la estructura y se estableció una codificación a la hora de nombrar los archivos con el propósito de evitar coincidencias en los nombres que supusieran un conflicto en el momento de realizar el ensamblado.

Al mismo tiempo se realizaba el diseño de la estructura de producto en un archivo de ensamblaje general con el esqueleto principal, y se iban incorporando los componentes estableciendo relaciones de referencias

entre el componente y el ensamblaje. De esta forma, cualquier modificación en el modelo del componente se veía reflejada en el ensamblaje y su posición estaba gobernada por el esqueleto principal.

No obstante, surgían dos problemas al trabajar de manera colaborativa y simultánea con el sistema de directorio compartido en la nube de Google Drive:

- La utilización de los archivos no los bloqueaba para un único usuario, por lo que cuando un integrante abría cualquier componente este podía ser abierto por otro integrante. La asincronía del sistema también impedía la actualización del archivo, y se regía por la fecha y hora de la última sincronización del archivo local, sin tener en cuenta las versiones guardadas previamente
- Debido a la organización de diferentes directorios para cada módulo de la estructura de producto, en el ensamblaje general los componentes no se cargaban y cada vez había que indicar la ruta del directorio de cada uno de los componentes ensamblados, y que para cada usuario era distinta al acceder desde su propio equipo y con su cuenta

La gestión de control de cambios era dificultosa, aun así se concluyó el diseño preliminar antes de implementar una solución PDM más eficaz, con el cumplimiento del hito marcado por la organización Motostudent. Este hito consistía en la entrega del diseño preliminar con las dimensiones generales del prototipo en cumplimiento con los requisitos de diseño de la organización y los criterios indicados en el hito anterior.

Con el fin de favorecer la colaboración entre los distintos integrantes del equipo de diseño y en espera de un mayor número de interacciones y cambios en el diseño de la motocicleta, se implementa la plataforma de PDM y PLM aportada por la organización y perteneciente a la empresa PTC; Windchill 11. PTC en su programa de soporte académico a proyectos de estudiante universitarios. Se habilitó un repositorio en sus servidores dando acceso a todos los participantes de Motostudent.

Para el desarrollo de la siguiente fase, se conservó la misma estructura del directorio de Google Drive para los archivos de CAD para la gestión PDM del proyecto. También se generó un directorio de fichero para organizar la generación de los artículos del sistema PLM. Estos artículos son un metarchivo que relaciona la toda la documentación técnica de cualquier componente virtual; como son los mismos archivos CAD, documentos de texto, hojas de cálculo, planos, imágenes digitalizadas, incluidos direcciones web.

El diseño paramétrico permitió mediante la definición de esqueletos que el atribuir las dimensiones, posición y propiedades físicas de los subsistemas y componentes principales. Cualquier cambio que se llevó a cabo en las fases de diseño posteriores quedaba almacenado en la información del modelo CAD y se trasladaba.

Concretamente el diseño del sistema de almacenamiento se realizó en base a los resultados obtenidos en la aplicación de la expresión (8), y para varias tipos de baterías con diferentes densidades de energía. En el siguiente gráfico se puede ver la comparativa para distintos tipos de baterías, y su variación en el peso del conjunto previamente establecido, y analizar la influencia en la distribución de masas, centro de gravedad y prestaciones.

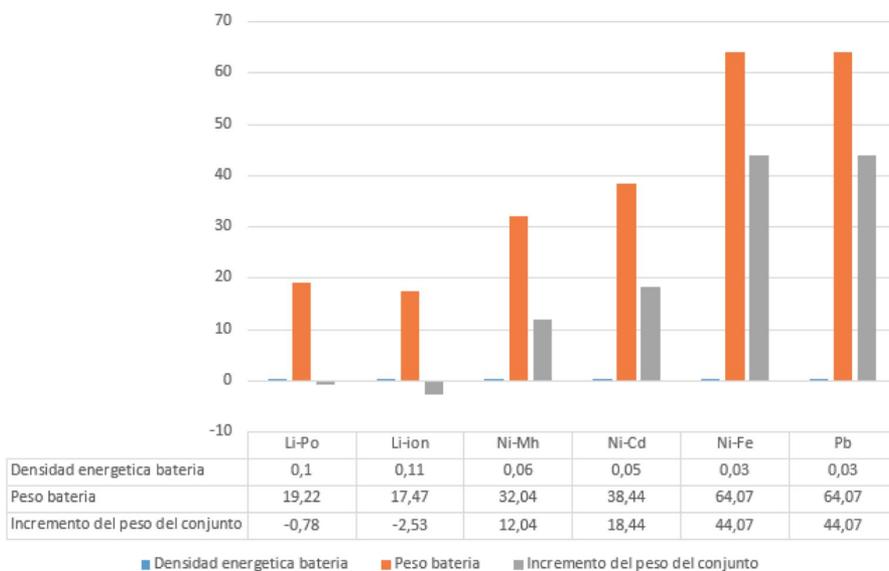


Ilustración 4: Gráfico con resultados comparativos en el dimensionado de las baterías  
Referencias

- [1] Bodein, Y., B. Rose, and E. Caillaud, A roadmap for parametric CAD efficiency in the automotive industry. *Computer-Aided Design*, 2013. 45(10): p. 1198-1214.
- [2] Wasmer, A., G. Staub, and R.W. Vroom, An industry approach to shared, cross-organisational engineering change handling - The road towards standards for product data processing. *Computer-Aided Design*, 2011. 43(5): p. 533-545.
- [3] Madenas, N., et al., Improving root cause analysis through the integration of PLM systems with cross supply chain maintenance data. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2016. 84(5-8): p. 1679-1695.
- [4] Belkadi, F., et al., Functional Architecture and Specifications for Tolerancing Data and Knowledge Management, in *Product Lifecycle Management: Towards Knowledge-Rich Enterprises*, L. Rivest, A. Bouras, and B. Louhichi, Editors. 2012. p. 35-45.
- [5] Alemanni, M., F. Destefanis, and E. Vezzetti, Model-based definition design in the product lifecycle management scenario. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2011. 52(1-4): p. 1-14.
- [6] Bruun, H.P.L. and N.H. Mortensen, Visual Product Architecture Modelling for Structuring Data in a PLM System, in *Product Lifecycle Management: Towards Knowledge-Rich Enterprises*, L. Rivest, A. Bouras, and B. Louhichi, Editors. 2012. p. 598-611.
- [7] Bruun, H.P.L., et al., PLM system support for modular product development. *Computers in Industry*, 2015. 67: p. 97-111.
- [8] Demoly, F., et al., Mereotopological Description of Product-Process Information and Knowledge for PLM, in *Product Lifecycle Management: Towards Knowledge-Rich Enterprises*, L. Rivest, A. Bouras, and B. Louhichi, Editors. 2012. p. 70-84.
- [9] Vila, C. and J.C. Albinana, An approach to conceptual and embodiment design within a new product development lifecycle framework. *International Journal of Production Research*, 2016. 54(10): p. 2856-2874.
- [10] Vila, C., et al., Collaborative Product Development Experience in a Senior Integrated Manufacturing Course. *International Journal of Engineering Education*, 2009. 25(5): p. 886-899.
- [11] Vila, C., et al., Project-Based Collaborative Engineering Design and Manufacturing Learning with PLM Tools, in *Cooperative Design, Visualization, and Engineering*, Proceedings, Y. Luo, Editor. 2009. p. 367-371.

- [12] Segonds, F., et al., Collaborative Reverse Engineering Design Experiment Using PLM Solutions. *International Journal of Engineering Education*, 2011. 27(5): p. 1037-1045.
- [13] Maranzana, N., et al., Collaborative Design Tools: A Comparison between Free Software and PLM Solutions in Engineering Education, in *Product Lifecycle Management: Towards Knowledge-Rich Enterprises*, L. Rivest, A. Bouras, and B. Louhichi, Editors. 2012. p. 547-558.
- [14] Foundation, M.E., Reglamento IV Edición de la competición internacional Motostudent 2015-2016.
- [15] Foale, T., *Motorcycle handling and chassis design, the art and science*. 2002.
- [16] Paul Thede, L.P., *Motorcycle suspension bible*. 2010.
- [17] Geoffrey Boothroyd, P.D., Winston Knight, *Product Design for Manufacture and Assembly*. 2002.
- [18] Poli, C., *Design for Manufacturing: A structured Approach*. 2001.

### Agradecimientos

El presente proyecto se engloba dentro de la iniciativa de Generación Espontánea de la Universitat Politècnica de València y también cuenta con el apoyo de la Escuela Politécnica Superior de Alcoi.

# Optimización de la distribución urbana de mercancías mediante sistemas inteligentes integrales de reparto urbano

Juan Ramón López Soler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SMACC, Villa Cisneros 17 2A 30007, Murcia.

E-mail: [juanramonlopezsoler@gmail.com](mailto:juanramonlopezsoler@gmail.com)

Palabras clave: movilidad, logística, transporte, ciudades inteligentes

## Resumen

Uno de los retos de movilidad al que se enfrentan las ciudades es la reducción del tráfico y de la contaminación generada por éste. La distribución urbana de mercancías tiene un papel muy importante en el ecosistema urbano y su papel en la reducción de la contaminación, es fundamental para la mejora de la vida en las ciudades. El presente trabajo pretende mostrar la mejora en el transporte urbano de mercancías, causante del 6% de las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al transporte [2], que se produciría mediante la implantación de un sistema inteligente integral de reparto urbano, ayudando indirectamente a mejorar el transporte urbano de pasajeros, causante de otro 17% de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte en toda Europa [2].

## 1. Introducción

La presente comunicación resume un estudio de posgrado, enmarcado en el máster de ciudades inteligentes de la Universidad de Girona. En el estudio, se propone la implantación de un sistema integral de distribución de mercancías en el que se establecen los mecanismos para un reparto

óptimo que se adecúe a la morfología de la ciudad y mejore la eficiencia del reparto de última milla. El sistema desarrollado, da una solución a la recepción de la mercancía entrante a las ciudades, al transporte de última milla, al problema del estacionamiento para realizar la entrega y al éxito de la entrega final de la mercancía al usuario. El sistema, por lo tanto, se compone de diferentes subsistemas que se coordinan y se complementan entre sí, apoyados en nuevos planteamientos y herramientas tecnológicas, que se unen para dotar a la ciudad de una distribución de mercancías inteligente. Estos subsistemas se han probado en diferentes proyectos europeos que arrojan resultados interesantes desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, en los que se apoya el trabajo para proyectar los resultados esperados con la implantación del sistema propuesto. Como ejemplo, citar los resultados de las experiencias de la implantación de un centro de consolidación de carga en el barrio londinense de Camden, que redujo un 46% los kilómetros recorridos [4], o con micro centros de distribución en el centro de las ciudades de París [5]. y Londres [1], con reducciones del 74,5% y del 20% respectivamente.

Los objetivos del sistema son, reducir la contaminación, reducir el tráfico, optimizar el transporte de mercancías en la ciudad y mejorar el servicio al ciudadano.

## 2. Sistema de optimización de distribución de mercancías

Como hemos dicho anteriormente, el sistema se apoya en una serie de subsistemas que se complementan, estos sistemas se explican a continuación.

En la ilustración 1 se muestra un resumen de la morfología de la ciudad que encuentra el producto a su paso por las diferentes etapas y ámbitos de transporte, desde la fabricación, hasta la recepción del producto por el usuario final.

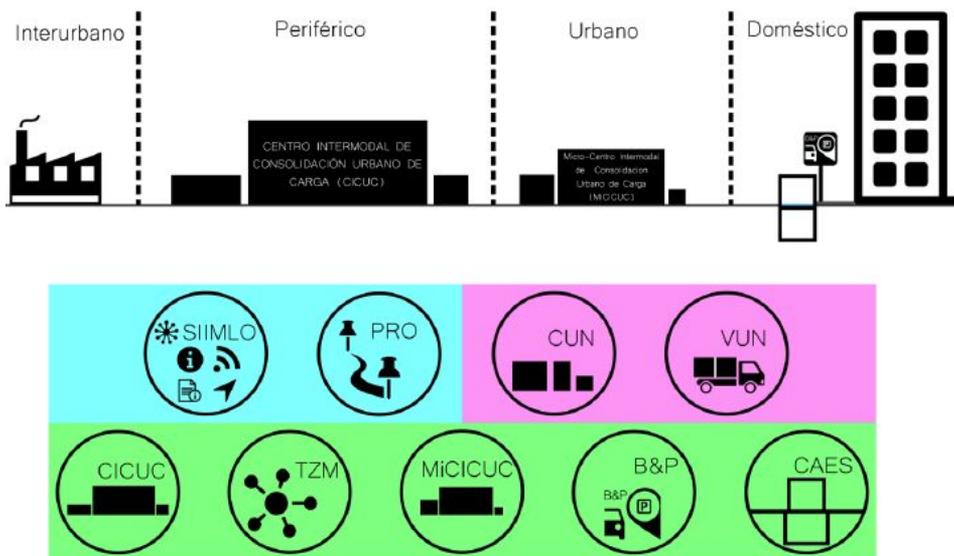


Ilustración 1: Esquema del Sistema Integral Inteligente de Distribución Urbana. Elaboración Propia

A continuación (en la misma ilustración), se muestran las diferentes partes del sistema encargadas de canalizar e instrumentar el funcionamiento del sistema, es decir, se muestran las herramientas y recursos necesarios para que las diferentes partes del proceso de transporte puedan funcionar de una forma correcta, coordinada e integral. En primer lugar (en azul), observamos los instrumentos tecnológicos capaces de ofrecer información, monitorizar y localizar la mercancía junto con la herramienta de optimización de rutas. En segundo lugar (en violeta), adaptamos los vehículos y contenedores apropiados para optimizar el transporte de mercancías, normalizando volúmenes de carga y vehículos, que a su vez se adaptan al entorno con tamaños apropiados a los diferentes entramados urbanos que encontramos en las ciudades europeas.

Por último (en verde), se muestran las partes tangibles que forman el sistema y supone la parte material del transporte en sí mismo. Estos bloques abarcan desde la llegada de la mercancía a la ciudad y su consolidación, hasta la entrega al usuario final, pasando por el transporte urbano zonificado de mercancías, el estacionamiento de los vehículos de

reparto y el almacenamiento de la mercancía en el caso de no poder realizar la entrega.

Explicaremos a continuación las partes de las que se compone el sistema:

1. Centro Intermodal de Consolidación Urbana de Carga (CICUC): Es el centro receptor de la mercancía que proviene de fuera de la ciudad (aunque también podría servir como canalizador del transporte interno). En este centro, se procede a desconsolidar la carga del transporte de larga distancia, es decir, se divide la mercancía de los diferentes proveedores para volver a agruparlos (consolidarlos) dependiendo de la zona de la ciudad en la que se ha de realizar la entrega. Esta consolidación, se realiza atendiendo a la capacidad (en volumen y peso) de los Contenedores Urbanos Normalizados (CUN) que definiremos en el punto 5. Una réplica a menor escala se plantea en el centro histórico de las ciudades que, debido a sus características geométricas y de restricción de tráfico, requiere una especial atención. El Micro-Centro Intermodal de Consolidación Urbana (MiCICUC) está pensado para que camiones de  $\frac{1}{2}$  TEU (nuestro estándar urbano de mayor capacidad) y/o  $\frac{1}{4}$  de TEU, puedan descargar su contenedor en una plataforma habilitada, de tal modo que la carga esté organizada desde el CICUC y se pueda realizar la transferencia a vehículos de menor dimensión, que disponen de la capacidad de portar contenedores que son fracción de ese  $\frac{1}{2}$  TEU ( $\frac{1}{8}$  de TEU). De esta forma, una simple operación de traslación sirve para transferir la carga desde el vehículo al MiCICUC, y desde este centro, a los vehículos encargados de realizar el reparto en las zonas del casco histórico de las ciudades.
2. En segundo lugar y siguiendo el proceso sucesivo de transporte, se procedería a realizar el Transporte Zonificado de Mercancías (TZM) con los Vehículos de Transporte Urbano Normalizado (VTUN) que explicaremos en el punto 8, de forma zonificada y capilar. Estos vehículos, que tienen la

capacidad de recibir la carga mediante acoplamiento mecánico de los diferentes Contenedores Urbanos Normalizados, realizarán el transporte desde el Centro Intermodal de Consolidación Urbano de Carga a las localizaciones de destino de forma zonificada, es decir, cada vehículo se encargará de cubrir un área determinada de la ciudad, evitando realizar desplazamientos duplicados por una zona concreta de la ciudad. En el centro histórico de la ciudad, como hemos comentado, los vehículos urbanos realizarían la descarga de sus contenedores en el MiCICUC (próximo al centro histórico) y desde allí se distribuiría la carga a los vehículos de menores dimensiones.

3. En tercer lugar, siguiendo como venimos haciendo, el proceso de distribución urbana, espacial y temporalmente, deberemos parar el vehículo para realizar la operación de descarga (o carga si procede). Para este bloque, se plantea la creación de un sistema que se sintetiza en una aplicación (de escritorio y móvil) de gestión de espacios urbanos de aparcamiento, llamada "Book & Park", es decir, reserva y aparca. Como su nombre indica, consiste en un sistema de reserva anticipada de estacionamiento público en superficie (aparcamientos públicos en calzada). Este sistema, ofrece una solución al problema de las zonas de carga y descarga actuales, optimizando el uso de los espacios dedicados a la parada y estacionamiento de vehículos, no solamente para el sector del transporte, sino para toda la población en general (empresas, ayuntamiento, particulares, etc.), por lo que el beneficio es un claro ejemplo de las sinergias que se pueden crear optimizando un sector en concreto y el efecto multiplicador que tiene para beneficio de toda la sociedad.
4. En cuarto lugar, y como final de la cadena, hemos tratado de desacoplar la entrega de la mercancía a la presencia del usuario para recibirla. Este bloque se materializa con la instalación de Centros de Almacenamiento Efémero

Subterráneos (CAES), que son espacios subterráneos accesibles desde la vía pública, destinados al depósito de la mercancía por parte de los transportistas y la recogida de paquetes por parte de los usuarios finales.

5. Como hemos comentado en la introducción, la adaptación de los volúmenes y los vehículos al medio por el que van a transcurrir, es imprescindible para poder llegar a todos los rincones de la ciudad, por ello y para fomentar la adaptación de cada vehículo a la distancia y el entorno en la que es más eficiente y competitivo (co-modalidad), se proponen unos Contenedores Urbanos Normalizados (CUN), a escala reducida del estándar interurbano (TEU), que puedan ser transferidos desde el Centro Intermodal de Consolidación Urbana de Carga a los Vehículos de Transporte Urbano Normalizado en una operación automatizada mecánicamente.
6. Los contenedores que serán acoplados a los Vehículos Urbanos Normalizado (VUN), dispondrán de un chasis normalizado en el que se encajará el contenedor o contenedores que han sido asignados mediante la Planificación de Rutas Óptimas (punto 7). Estos vehículos serán preferentemente de tracción eléctrica y se adaptarán al medio en el que deban realizar su trabajo, es decir, serán del tamaño de camionetas con una capacidad de  $\frac{1}{2}$  TEU, en ensanches urbanos con grandes avenidas, de tamaño de furgonetas con capacidad de  $\frac{1}{4}$  de TEU en el núcleo urbano y finalmente con un tamaño de  $\frac{1}{8}$  de TEU para los vehículos encargados de realizar el reparto en el centro histórico de la ciudad que podrán ser triciclos o vehículos de pequeñas dimensiones capaces de adaptarse al entorno.
7. Una de las herramientas principales del sistema es la de organizar y gestionar toda la información facilitada por las empresas que realizan el transporte interurbano y van a hacer uso del sistema, ya que, esta información deberá ser procesada para que los volúmenes y pesos sean asignados a

la flota disponible. Este sistema de Planificación de Rutas Óptimas (PRO) deberá realizar la asignación de las diferentes rutas zonificadas de reparto (adquiridas por el Sistema encargado de realizar el Transporte Zonificado de las Mercancías), facilitando al conductor la ruta (óptima) y la información necesaria de dónde deberá depositar la mercancía. La entrega se podrá realizar en el domicilio, comercio, empresa, o en alguno de los Centros de Almacenamiento Efímero Subterráneos en el caso de incompatibilidad presencial de transportista y cliente.

8. Por último, y para garantizar la trazabilidad del transporte urbano de mercancías, se propone un Sistema Integral de Información, Monitorización y Localización (SIIMLO) que asegura la trazabilidad de la carga desde que llega al centro hasta que se entrega al usuario final. Este sistema de Información proporciona las indicaciones necesarias (en tiempo real) para la correcta Planificación de las Rutas Óptimas, gestionando la información de los actores implicados en el proceso, es decir, empresas de transporte interurbano, usuarios finales y administración local. Los usuarios finales serán los encargados de tomar una decisión, según su agenda, de dónde será depositada su carga, bien en los CAES o bien en su domicilio. El sistema también proporciona información en tiempo real sobre la localización y el estado de la entrega.

### 3. Resultados

En el entorno urbano, por lo tanto, las emisiones del transporte urbano de pasajeros representarían un 73,91% [2] y las del transporte urbano de mercancías supondrían un 26,09% [2]. Consideramos por lo tanto una distribución similar en cuanto a generación de tráfico. Admitiremos (de forma cautelosa) que, a nivel urbano, el 75% del tráfico en la ciudad es generado por el transporte urbano de pasajeros y un 25% es generado por

el transporte urbano de mercancías. Nótese que los datos siguientes, por lo tanto, son estimativos y quieren ofrecer un orden de magnitud cuantitativo que debe ser estudiado en profundidad en cada ciudad en particular.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, los resultados esperados de la implementación de la propuesta formulada, basados en las experiencias de proyectos anteriores, son los siguientes:

Menor tráfico de vehículos: 7,5% debido a los centros de consolidación y 3,6% de reducción debido a la disponibilidad de aparcamiento, reduciríamos en un 11,1% el tráfico total en la ciudad.

Menor contaminación: reducción del 35% de las emisiones contaminantes debido a la implantación de los centros de consolidación y una reducción aproximada del 30% de las emisiones sistema de reserva de aparcamientos. En el entorno urbano, por lo tanto, supondría una reducción total del 16,25% de las emisiones generadas por el transporte urbano de la ciudad.

Aumento de la calidad estética de la ciudad: Con la adecuación de los vehículos de reparto a las vías por las que circulan, mejoramos la estética de la ciudad en general, las molestias a los ciudadanos (ruidos, aparcamientos en doble fila, estrés, etc.), y la convivencia entre los actores que utilizan la vía urbana.

Monitorización: Conocimiento de la utilización de las plazas de aparcamiento que ayudará a la toma de decisiones.

Control de infractores: Al implantar el sistema Book & Park, en el que se conoce en tiempo real si un vehículo debería estar o no en una zona de carga y descarga, permite fácilmente advertir a los controladores de los posibles infractores de una forma rápida y precisa. En Madrid apenas un 14% [3] de las operaciones de carga y descarga se realizan en las zonas habilitadas para ello.

Mayor previsibilidad y éxito de entregas, al disponer de espacios donde depositar la mercancía en caso de ausencia del usuario receptor.

## Referencias

- [1] Browne, M., Allen, J., Leonardi, J., Evaluating the use of an urban consolidation centre and electric vehicles in central London, IATSS Research, Volume 35, Issue 1, July 2011, Pages 1-6.
- [2] Capros, P., Primes-Tremove Transport Model, E3MLab/ICCS at National Technical University of Athens, 2013.

- [3] Elipe, M. A., Carga y descarga en la ciudad de Madrid. <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/eventos/jornadas-congresos/2014/06/3-Carga-y-descarga-DGT.ppt>, diapositiva 9, 2006. Visitado 01/12/2017.
- [4] Logarajah, S., The London Borough Consolidation Centre (LBCC) and its role in urban freight: Analysis of operational and environmental benefits of a consolidation centre. Thesis (MSc) - University of Westminster, 2014. Print.
- [5] Patier, D., Browne, M., A methodology for the evaluation of urban logistics innovations. *Procedia – Social and behavioral sciences*, Volume 2, Issue 3, 2010, Pages 6229-6241.

# Proposta d'un sistema intel·ligent de recomanacions d'activitats turístiques en la zona de Pego i les Valls

Lara Mengual Robles<sup>1</sup>, Alberto Palomares Chust<sup>1</sup>, María Dolores Teruel Serrano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola Politècnica Superior de Gandia (EPSCG), Universitat Politècnica de València (UPV), C/ Paranimf, 1, 46730, Grau de Gandia, Gandia.

E-mail: lamenrob@epsg.upv.es, apalomares@dsic.upv.es  
dteruel@upvnet.upv.es.

Paraules clau: sistemes de recomanacions, activitats, alertes, perfil de l'usuari

## Resumen

Les ciutats progressivament estan acceptant el repte de convertir-se en ciutats intel·ligents amb la finalitat de millorar i ser més sostenibles. Aquesta millora, pel que fa al sector turístic, té diferents lectures. Una d'elles és la de facilitar l'experiència al turista i servir com a via per al desenvolupament i dinamització del municipi. En aquest sentit, l'objectiu d'aquest treball és proposar el disseny d'un sistema informàtic de recomanacions d'activitats en la zona nord-est de la Marina Alta, on es troben els municipis de Pego i les Valls (Atzúbia, Vall d'Alcalà, Vall de Gallinera, Vall d'Ebo). Aquest sistema recomanarà les activitats més adequades en funció del perfil de cada usuari o grup d'usuaris. A més el sistema mostrarà les característiques més significatives de cada ruta, com la durada aproximada, el desnivell, la dificultat, el tipus de ruta, o la temporada en què es realitza. D'aquesta manera, el sistema recomanarà les rutes que més s'adapten al perfil de cada visitant o grup de visitants, les activitats complementàries, el moment òptim per a realitzar-les, l'oferta

complementaria més propera (allotjaments, restaurants, bars), així com la fauna i la flora de la zona, etc. També s'inclouran alertes que mantinguen informats els visitants, per pluges, inundacions, onades de calor, zones en construcció, entre altres.

## 1. Introducció

Les Destinacions Turístiques Intel·ligents (DTI) o Smart Tourist Destinations es defineixen com aquelles en els quals la tecnologia és clau en el desenvolupament sostenible d'aquestes. En aquest sentit i de forma progressiva cada vegada més municipis estan apostant per convertir-se en destinació turística intel·ligent i per a això es reconverteixen posant a la disposició de l'usuari oficines d'informació turística digitalitzades, dispositius per accedir a la informació, aplicacions mòbils, recursos geo-referenciats, realitat virtual, big data i open data, entre altres (Lopez et al, 2013). Atenent les necessitats de les destinacions de promocionar-se i donar-se a conèixer a través de la posada en valor i la planificació, han de dotar-se d'eines que facen més senzilla i satisfactòria l'experiència turística del visitant però que, alhora, contribuïsquen a la destinació en la generació de riquesa i en la conservació del seu patrimoni.

Les tècniques de personalització tenen com a objectiu proporcionar informació personalitzada als usuaris en funció de les seues preferències, restriccions o gustos. Són particularment rellevants els Sistemes de Recomanacions Intel·ligents (SRI), perquè el seu objectiu és filtrar opcions irrellevants i proporcionar informació personalitzada i rellevant a cada usuari en particular. Els SRI s'han anat consolidant com a potents eines per a ajudar a reduir la sobrecàrrega d'informació a la qual els visitants s'enfrontem en els processos inicials de cerca. Aquests sistemes usen diferents tècniques per a identificar aquells que millor satisfan les preferències o necessitats dels usuaris. Les recomanacions es generen a partir de les opinions proporcionades per altres usuaris sobre aqueixos ítems en cerques prèvies, o bé a partir del perfil de l'usuari. La seua principal funció és la de trobar informació útil dins d'una gran quantitat d'informació que l'usuari no podria analitzar completament o, si així fóra, hauria d'emprar molt de temps. S'utilitzen amb diferents finalitats com és en la presa de decisions, en el comerç online o, simplement, en els llocs webs relacionades amb l'oci multimèdia (pel·lícules, sèries, música, etc.). La

implementació de tècniques per al desenvolupament dels SRI està íntimament relacionada amb el tipus d'informació que es vulga utilitzar. L'objectiu d'aquest treball és definir i aplicar un SRI en la zona de Pego i les Valls, per a donar a conèixer les seues potencialitats, els processos que s'estableixen entre tots els actors implicats en el territori i la contribució d'aquests en la dinamització turística d'una destinació intel·ligent sobre la base dels indicadors i criteris de diagnòstic d'aplicació als DTI (GVA, 2016).

El terme municipal de Pego està situat en la comarca de la Marina Alta, al nord de la Província d'Alacant, i limita amb els termes municipals d'Atzúbia, Dénia, Orba, Ràfol de l'Almunia, Sagra, Tormos, Vall d'Ebo i Oliva (Agenda local 21, 2015). Compta amb una privilegiada situació geogràfica, un excel·lent clima durant tot l'any, a excepció de la tardor i la primavera, on es pot veure afectada per les fortes precipitacions. Tanmateix les tradicions, festes, i els seus recursos naturals són protegits i reconeguts. El sistema turístic el completen les empreses d'allotjament, de restauració i de turisme actiu entre altres. Els visitants utilitzen preferentment internet per a buscar informació sobre aquesta destinació i tots els recursos associats com l'allotjament, els restaurants, els museus, els esdeveniments, les excursions guiades, entre d'altres. Les possibilitats ofertes pels motors de cerca en la web (o fins i tot llocs turístics especialitzats) pot ser aclaparant.

En turisme, els SRI tracten d'adequar les característiques de la demanda amb els recursos d'oci o atraccions ajustades a les necessitats de cada usuari. Aquests sistemes són especialment útils, ja que poden aprendre automàticament les preferències de l'usuari a través de l'anàlisi de la seua informació mitjançant la retroalimentació explícita o implícita. Les dades explícites poden ser donades per l'usuari de diferents maneres com pot ser quan l'usuari especifica el seu interès cultural i emplena un formulari. Els interessos implícits poden ser inferits pel sistema a través de l'anàlisi del comportament de l'usuari.

En molts casos els SRI no solament tenen en compte les preferències dels turistes sinó que també analitzen el context dinàmic del viatge. Açò és especialment útil quan els turistes ja estan a la destinació i es disposen a utilitzar els seus dispositius mòbils per a personalitzar els seus viatges en temps real. El context pot incloure aspectes com la ubicació del turista, l'hora de la visita o el temps actual. Els enfocaments que tenen en compte

el context poden enviar suggeriments de manera proactiva, depenent de l'estat actual del turista.

## 2. Metodologia: Inventari i Caracterització dels Recursos

S'han seleccionat 14 rutes del municipi que es troben en millor estat i estan ben senyalitzades per a l'ús públic i turístic. A continuació s'han determinat quins serien els paràmetres que caracteritzen cada ruta com són el recorregut, el desnivell, la dificultat, la durada aproximada i el tipus de ruta que es tracta. Aquestes rutes tenen en comú que són de distàncies molt similars així com la durada. El desnivell de la majoria de les rutes va de 200 a 700 metres aproximadament. Per altra banda, també s'ha caracteritzat la dificultat de cada ruta en els tres tipus de dificultat: les rutes de dificultat alta o gran recorregut són les que superen els 50 kilòmetres de recorregut o compten amb obstacles que fan dificultosa la realització d'aquesta, com poden ser l'escalada (inclús en alguns trams perillosos, o les que passen per zones amb risc de despenjament); les de dificultat mitjana o xicotet recorregut són rutes d'entre 10 i 50 kilòmetres; i les rutes de dificultat baixa o locals que són aquelles que tenen menys de 10 kilòmetres i que han sigut obertes per al gaudi dels excursionistes locals i per als residents. Tan mateix s'ha introduït el paràmetre que indica el tipus de ruta, circular o lineal. A més a més, s'ha indicat si les rutes es poden realitzar acompanyats de xiquets o per persones amb mobilitat reduïda (accessibilitat) i si aquestes es poden realitzar en cotxe, bici o a peu.

La climatologia es molt important per a dissenyar l'SRI. En principi les millors èpoques per a fer les rutes són la primavera, la tardor i l'hivern, ja que no compten amb hores de sol tan fortes ni dies de fred intens, pel fet que la zona de Pego sols té uns pocs dies de fred durant gener i febrer però les temperatures no arriben a estar per sota de zero. Encara que cal destacar que aquest municipi compta amb fortes plogudes durant els mesos de la tardor, que arriben a omplir els barrancs i moltes vegades inunden les carreteres que porten al poble, com són la d'Oliva, la de la platja i la carretera del Verger, carreteres que connecten els municipis amb els pobles propers i sobretot la general i l'autopista d'Ondara.

Durant l'estiu els excursionistes també poden realitzar-les, però no és recomanable per que els dies són extremadament calorosos com per a realitzar activitats recreatives. No obstant això, s'ha de tenir en compte que

aquesta època de l'any és la de major aflluència de turistes (cal destacar que molts d'aquests són excursionistes atrets per les platges pròximes). Igualment, l'SRI pot servir per alertar els visitants que han de tenir en compte les hores de sol més fortes i que sempre han d'anar equipats amb crema solar i roba adequada a més de barrets o algun tipus de peça que cobrisca el cap, per evitar cap tipus d'insolació, sobretot en els xiquets. Aquest és el principal motiu que no totes les rutes estan marcades com a recomanades per a realitzar a l'estiu, ja que no compten amb cap lloc on trobar ombria.

### 3. Valoració dels paràmetres

Estació de l'any (temporada): s'han valorat del 0 a l'1, sent el 0 la puntuació menys recomanada i l'1 la més. Per tant les rutes que es troben marcades amb 0, que en aquest cas sols passa durant la temporada d'estiu, són les que no es recomanen al públic, per tant quan l'usuari realitza la ruta per l'estiu, sols apareixeran aquelles que tinguen un 1. Per tant durant la primavera, la tardor i l'hivern la puntuació atorgada serà d'1, cosa que significa que són recomanables però s'ha de tenir en compte les alertes i recomanacions que apareixeran.

L'oratge: és un dels factors més importants a l'hora de realitzar activitats a l'aire lliure. Atenent les condicions meteorològiques s'ha de considerar la pluja i la calor extrema com a variables. Per tant, els dies sense avís de pluja estaran recomanats per a realitzar l'activitat,; per contra els dies de pluges intenses estaran puntuats en 0, ja que són els dies menys aconsellats pel mal estat dels camins entre altres inconvenients. Pel que fa als dies de calor extrema, sí que estan puntuats en 0, com a no recomanada, 0,25 poc recomanable, 0,5 recomanable, 0,75 bastant recomanable i 1 molt recomanable.

Mitjà de transport utilitzat: pot ser amb cotxe, amb bici o a peu. En aquest cas també s'han puntuat del 0 a l'1, sent 1 la puntuació que més recomana la ruta. Per tant quan els usuaris marquen l'opció amb la qual volen desplaçar-se apareixeran les rutes que podem ser realitzades amb el mitjà de transport que seleccionen.

Tipus de l'usuari: en aquest paràmetre s'ha atès les condicions físiques de l'usuari considerant fins i tot les condicions de mobilitat. Així s'han catalogat les rutes com "no accessible", "poc accessible" o "accessible".

Aquest paràmetre permet conèixer l'SRI les condicions de cada usuari alhora que informa l'usuari sobre l'existència de rutes accessibles per a ells. La valoració numèrica d'aquest paràmetre és igual que els anteriors però en aquest cas s'ha seleccionat els resultats obtinguts del qüestionari.

Accessibilitat: finalment s'ha donat valor al paràmetre d'accessibilitat definit com: No accessible= 0, Poc accessible= 0,25, Accessible= 0,50, Molt accessible= 1.

Xiquets; a més a més, s'ha considerat un cas especial per als escolars o famílies amb xiquets; és tractava de destacar i descartar les rutes amb alta dificultat o molt llargues per a ser realitzades amb menors. En aquest cas apareix marcat amb un si o amb un no, en el cas que es puguin ser o no ser realitzades les anomenades rutes acompanyats de xiquets.

Per tant amb totes aquestes dades es formarà una llista per a cada usuari on apareixeran les rutes de més a menys recomanades en una escala del 0-1 sent 1 sempre la més recomanada.

RUTES	Època				Temps			Vehicle			Accessibilitat	Xiquets
												
1	1	0	1	1	1	0	0,25	0	1	1	0,25	1
2	1	0	1	1	1	0	0,25	0	0	1	0	1

Il·lustració 1: Exemples de Valoració dels Paràmetres (Rutes 1 i 2)

#### 4. Proposta del sistema de recomanacions intel·ligent

Per a desenvolupar el sistema de recomanacions s'ha de realitzar un qüestionari per als usuaris, els quals hauran d'indicar quines seran les condicions en les quals realitzaran la ruta: època, temps, vehicle, accessibilitat, i xiquets (il·lustració 2):

	Època				Temps			Vehicle			Accessibilitat	Xiquets
												
PERFIL 1			1				1			1	1	

Il·lustració 2: Exemple Resultats Qüestionari (Perfil 1)

A continuació, s'han de seleccionar els paràmetres de la rutes indicats anteriorment per l'usuari per a cadascuna de les rutes (il·lustració 3).

	Època				Temps			Vehicle			Accessibilitat	Xiquets
PERFIL 1												
1			1				0,25			1	0,25	

Il·lustració 3: Selecció Paràmetres de la Ruta 1 Adequats per el Usuari 1

Després, se sumen els resultats per a cada ruta corresponents al perfil de l'usuari per a obtindrà el valor numèric associat a cada ruta per al perfil de l'usuari (il·lustració 4):

RUTES	RESULTATS
1	0,0625

il·lustració 4: Resultat Numèric (Usuari 1, Ruta 1)

Per últim, el sistema recomanarà les rutes amb major valor numèric, que indiquen que són les més adequades per al perfil de l'usuari particular. En el cas d'aparèixer una o més rutes entre les més recomanades, l'usuari haurà d'elegir mitjançant elecció pròpia escollint d'entre els altres paràmetres com poden ser la duració de la ruta, la dificultat, el desnivell, etc. i seleccionar la que més s'adapte als seus gustos.

## Referències

- [1] ALMELA, J.M Y SENDRA, F. (2017). La Marjal de Pego. Historia i etnologia de l'arròs en un espai natural. Ed: Instituto Alicantino de cultura, Alicante.
- [2] Joan Borràs, Antonio Moreno, Aida Valls (2014). Intelligent tourism recommender systems: A survey. Expert Systems with Applications. Volume 41. Issue 16. Pages 7370-7389.
- [3] DOMENECH, F. (2017). 52 fines de semana en la Marina Alta. Propuestas para 2017. Las provincias, número 1.
- [4] LOPEZ DE AVILA MUÑOZ, A., GARCIA SANCHEZ, S. (2013). Destinos turísticos inteligentes. Harvard Deusto business review, ISSN 0210-900X, N° 224, (Ejemplar dedicado a: Claves para el negocio turístico: presente y futuro de un sector lleno de oportunidades), págs. 58-67
- [5] MORERA, V. I ORTOLÁ, J. (2011). La Vall de Gallinera. Per camins de moriscos i mallorquins. Ed: Institut d'Estudis Comarcals de la Marina Alta (IECMA)

- [6] REGIDORIA DE TURISME. EXCM. AJUNTAMENT DE PEGO (2012). Pego. Municipi turístic familiar. Impremta: Quinta impressió S.L Edició: 2012.

### Referències web

AJUNTAMENT DE PEGO. Agenda 21 local de Pego. Diagnòstic en tomos 1,2 y 3. < <https://goo.gl/aag2QS> > [Consulta: 15/05/2017]

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS-PUEBLA. Sistemas de recomendaciones. <<https://goo.gl/CPDELn> > [Consulta: 13/07/2017]

# “UbicPi”: Prototipo de sistema de localización GPS basado en tecnología IoT

Débora Rubio Soliva<sup>1</sup>, Ángel Marqués Mateu<sup>1</sup>,  
Laura Sebastián Tarín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia.

E-mail: dboruso@topo.upv.es, amarques@cgf.upv.es, lsebastia@dsic.upv.es

Palabras clave: Raspberry Pi, Internet de las Cosas, GPS, Python.

## Resumen

En este proyecto se ha creado un prototipo de sistema de localización GPS utilizando un dispositivo Raspberry Pi 3. Se trata de un ordenador de placa simple o single board computer (SBC) capaz de procesar datos como un ordenador convencional y en este caso, obtener coordenadas geográficas latitud y longitud gracias a un módulo GPS. En la Raspberry se ejecuta un script Python que realiza varios procesos: recopilar coordenadas, guardarlas y conectar con un servidor web para transferir dichas coordenadas. Los datos geográficos se guardarán en una base de datos MySQL que se encuentra en el servidor mediante otro script PHP. Posteriormente, se muestran sobre un mapa digital cada una de las posiciones capturadas a modo de ruta (puntos conectados formando una geometría lineal) y la posición actual del localizador. Toda la información geográfica recolectada por el dispositivo móvil se puede consultar en red por usuarios que dispongan de acceso a Internet mediante tecnologías web.

## 1. Introducción

El prototipo presentado en este artículo se originó pensando en la posibilidad de crear un dispositivo lo más reducido posible, dentro de las posibilidades que el equipo necesario ofrece, que geocalice cualquier elemento o persona que lo lleve incorporado, de modo que otros usuarios sean capaces de consultar en todo momento su posición.

Para entender bien este proceso, dividiremos la explicación en varios pasos que resultan adecuados para comprender la estructura de la creación de este prototipo. En cada uno de los pasos dados ha sido completamente necesario tener resuelto el paso anterior, con su correspondiente ensayo y error.

En primer lugar es necesario familiarizarse con el entorno Raspberry: manejar la placa, aprender los comandos Linux y conocer las posibilidades que nos ofrece. Un punto muy importante es aprender las conexiones de las que dispone este dispositivo para poder aprovecharlo al máximo.

La Raspberry Pi es un ordenador de placa única (es decir, que tiene todos sus componentes integrados en una sola placa) y de bajo coste, desarrollado por la fundación Raspberry Pi en el Reino Unido, con el objetivo de potenciar la enseñanza de las ciencias en las escuelas. Con el tiempo, la Raspberry Pi, junto con la placa microcontroladora Arduino, se han convertido en dos referentes en el desarrollo de dispositivos para el llamado Internet de las cosas (IoT).

El concepto "Internet de las Cosas" consiste en que todo tipo de dispositivos, las cosas, tengan conexión a internet en cualquier momento y lugar. Hablando técnicamente, consiste en la integración de sensores y dispositivos en objetos cotidianos que quedan conectados a Internet a través de redes fijas e inalámbricas. El hecho de que Internet esté presente al mismo tiempo en todas partes permite que la adopción masiva de esta tecnología sea más factible. Dado su tamaño y coste, los sensores son fácilmente integrables en hogares, entornos de trabajo y lugares públicos. De esta manera, cualquier objeto es susceptible de ser conectado y manifestarse en la Red. Además, el concepto IoT implica que todo objeto puede ser una fuente de datos. Esta visión está empezando a transformar la

forma de hacer negocios, la organización del sector público y el día a día de millones de personas.

La Raspberry destaca por una gran flexibilidad y un precio reducido (oscila entre los 35 – 40 euros), y nos permite desarrollar un amplio abanico de proyectos, tanto proyectos de software (como por ejemplo, que la propia Raspberry sea un servidor web) como proyectos de hardware (ejemplos de ello puede ser un sistema de video vigilancia o una estación meteorológica, simplemente añadiendo sensores a la placa y configurando su actuación).

Entre todas las opciones disponibles para poder diseñar un dispositivo de localización, la Raspberry Pi (y en concreto el modelo 3) ha sido el dispositivo elegido por los resultados obtenidos tras una comparativa entre Arduino y diversos modelos de Raspberry Pi. Esta elección se llevó a cabo por ser el dispositivo que mejor se adaptó a nuestro proyecto.

## 2. Geolocalización

Uno de los aspectos fundamentales en este proyecto es la geolocalización. Es necesario integrar un sensor GPS que fuese ligero, de bajo coste ya que este prototipo debe garantizar que sea low cost, y sobre todo, que fuese compatible con nuestra microcontroladora.

Investigando el mercado, encontramos el módulo GPS U-blox 6M NEO que es muy barato y compatible electrónicamente. Este dispositivo se conecta fácilmente a la Raspberry y en condiciones de cobertura mínima, proporcionaba rápidamente datos NMEA en crudo y por lo tanto, el sensor GPS funcionaba.

El sensor U-blox NEO 6-M se utilizó para obtener la posición geográfica de nuestro dispositivo. El módulo GPS cuenta con una antena de cerámica, capaz de adaptarse fácilmente al microcontrolador. Entre los aspectos más importantes que debemos tener en cuenta en este sensor está la señal usada en el posicionamiento, en este caso la frecuencia L1 (código C/A) y su voltaje de alimentación, compatible con el de la Raspberry, por lo que no es necesario rectificarlo. El tiempo de inicialización del receptor es inferior a 1 minuto (alrededor de 40 segundos) y su sistema de coordenadas

es el WGS84 (típico de los dispositivos GPS). Incluye una pequeña bombilla LED azul que parpadeará cuando tenga cobertura de los satélites, cosa que nos será muy útil porque así sabremos, sin necesidad de mirar en otra parte, que el sensor funciona y recibe datos.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento, es el momento de interpretar la información que nos ofrece el módulo GPS y utilizarla para nuestro objetivo: obtener nuestra posición en coordenadas geográficas (latitud y longitud) en un momento determinado (fecha y hora) y actualizarla cada cierto intervalo en segundos, para tener registrado el desplazamiento.

Para procesar la información procedente del receptor GPS creamos un script en el lenguaje de programación Python en el que ejecutamos un proceso por el cual nos dará, mientras esté en ejecución, las coordenadas registradas por el sensor.

Python es un lenguaje de programación interpretado orientado a objetos, que cuenta con una sintaxis de desarrollo clara que facilita la legibilidad del código. Es además, el lenguaje recomendado por la Fundación Raspberry Pi para la programación de sus placas. El lenguaje está publicado bajo una licencia de código abierto y es multiplataforma, pudiendo ser utilizado en ordenadores con distintos sistemas operativos.

El procesamiento de las coordenadas geográficas se estructura en tres tareas. EN primer lugar se almacenan en un fichero de texto para tener un histórico de posiciones en caso necesario. En segundo lugar, las coordenadas se guardarán en un segundo fichero que contiene la última posición registrada. Finalmente se realiza la acción más importante que consiste en realizar una llamada HTTP en la que se transfieren las coordenadas a nuestro servidor web.

### 3. Servidor

La idea general del servicio que proporciona el servidor web es la siguiente. En el servidor web disponemos de una cantidad de espacio de disco que está asociado a un dominio que será utilizado en la comunicación con el

dispositivo Raspberry Pi. En ese espacio se aloja nuestra base de datos MySQL y utilizando PHPMyAdmin crearemos una tabla que se actualizará con las coordenadas recibidas desde nuestro dispositivo.

La funcionalidad completa del sistema requiere el alojamiento de cierto código en la parte del servidor. En el caso particular de nuestro proyecto las dos necesidades básicas son el almacenamiento de información en la base de datos y la visualización de datos geográficos superpuestos con un mapa digital. La solución adoptada ha sido la creación de dos scripts PHP en la parte servidor.

PHP (sus siglas significan PHP Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto especialmente adecuado para el desarrollo web que puede ser incrustado en HTML. En lugar de usar muchos comandos para mostrar diferentes contenidos HTML, las páginas PHP contienen HTML con código incrustado que tiene cierta funcionalidad. Una de las características más potentes y destacables de PHP es su soporte para bases de datos. Escribir una página web con acceso a una base de datos es sencillo utilizando una de las extensiones específicas de bases de datos, por ejemplo la extensión para MySQL.

El objetivo de los scripts PHP del servidor es comunicar ciertos componentes de nuestro sistema para actualizar la base datos y crear un mapa digital con la información geográfica transferida. Esto es posible mediante la comunicación con el servidor donde estos scripts establecen la conexión con la base de datos usando nuestro usuario y contraseña.

En el caso particular de la comunicación Raspberry-Servidor, lo que queremos es conectar con el servidor y en la parte servidor leer los valores enviados desde la Raspberry e insertarlos en la tabla que hemos creado. Además de la longitud y la latitud geográficas, queremos que guarde la fecha y la hora del posicionamiento mediante un elemento de tipo datetime para saber en qué momento se recibieron las coordenadas.

En cuanto a la representación cartográfica es necesario conectarse al servidor, crear un mapa, mostrar cada registro de la tabla en el mapa como un punto y crear una ruta uniendo los puntos con una polilínea. El mapa se

centrará en el último punto recibido que se representará mediante un marcador.

La parte referente a la cartografía digital se ha implementado con Leaflet que es una librería JavaScript para crear mapas interactivos en entornos web y que se adapta perfectamente a dispositivos móviles. Leaflet es muy sencilla de utilizar, funciona en una gran cantidad de navegadores y utiliza tecnologías web bien conocidas como JavaScript, HTML5 y CSS3.

#### 4. Prototipo

En este punto y tras numerosas pruebas, nos aseguramos que el proyecto funcionaba. El módulo GPS recibe datos y el script Python procesa y almacena esos datos y los envía a la base de datos en la parte servidor donde se inserta correctamente en la tabla. Por otra parte, al entrar en la URL de nuestro dominio, efectivamente vemos los puntos registrados en el periodo de tiempo en el que hemos tenido la Raspberry conectada formando una ruta, con el último punto registrado representado con un marcador, todo ello sobre un mapa.

Las pruebas preliminares se realizaron “estáticamente”, es decir, con la Raspberry conectada a la red eléctrica y en una posición fija. Obviamente, el objetivo es realizar un dispositivo que podamos mover y que registre puntos en exteriores, con posiciones y separaciones arbitrarias. Para conseguir dicho dispositivo necesitamos diseñar una caja prototipo ligera, donde alojar la Raspberry, el módulo GPS conectado y una batería, capaz de alimentar a ambos elementos durante un periodo aceptable de tiempo.

Así pues, hicimos un diseño en 3D con SketchUp y construimos la caja con un material ligero pero rígido para que soporte bien los elementos. Elegimos como material un plástico de 0,3 mm de grosor que es una opción muy buena para conseguir una caja con acabado profesional, apta para uso en exteriores, resistente, ligera y a un precio competitivo.

Un aspecto muy importante es la necesidad de conexión en red para que todas las comunicaciones funcionen. Las pruebas se llevaron a cabo en el campus de Vera de la Universitat Politècnica de València, que dispone de

red WiFi, donde realizamos varios recorridos y registramos datos que se muestran por pantalla al consultar el mapa creado.

Así, mientras la Raspberry se encuentre funcionando y conectada a una red WiFi, podrá enviar datos para que cualquier usuario pueda ver el mapa con la posición actual del dispositivo simplemente entrando en el enlace web con un dispositivo móvil o un ordenador.

Una de las mejoras que se podrían implementar sería añadir un módulo GPRS con una tarjeta SIM para evitar la dependencia de las redes inalámbricas en las comunicaciones. Existen módulos que se pueden conectar a la Raspberry en los puertos USB o en los GPIO de la misma forma en la que conectamos el módulo GPS. Mediante un módulo GPRS y una tarjeta SIM con un plan de datos nos aseguraríamos las comunicaciones sin usar redes WiFi, pero dependiendo evidentemente de la cobertura móvil. El módulo GPRS proporcionaría cobertura móvil, disponiendo así de conexión a Internet para enviar nuestra posición y para una actualización a tiempo real de la posición en dicho mapa, de igual manera que con conexión WiFi.

Otra mejora sería la personalización de una batería de litio que se adecuase al prototipo según su necesidad de alimentación. Esto proporcionaría mayor duración, mayor estabilidad y nos aseguraría un menor peso, lo cual nos brindaría muchas posibilidades a la hora de incluirlo de forma cómoda a cualquier tipo de usuario u objeto. Una opción muy interesante sería replicar el mismo proyecto con la última versión de Raspberry, la Raspberry Pi Zero W. Es interesante por el hecho de que es una versión más pequeña, por lo tanto pesa menos y el tamaño de la caja se podría reducir y el peso del conjunto se reduciría sensiblemente. La razón por la que no se realizó este proyecto con la Raspberry Pi Zero W es que su lanzamiento coincidió con el fin del desarrollo del proyecto.

La reproducción del dispositivo con estas mejoras sería totalmente posible de realizar ya que todos los pasos, la programación y scripts necesarios y las medidas del dispositivo, así como su diseño, se encuentran documentados en el proyecto fin de carrera "UbicPi: Prototipo de sistema de localización GPS basado en tecnología IoT" realizado por la primera

autora de este artículo. El proyecto se encuentra a disposición de la comunidad bajo demanda a la autora, en el repositorio de proyectos de la Universitat Politècnica de València y en la biblioteca de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica de la misma universidad.

## 5. Conclusiones

Actualmente, es posible desarrollar cualquier proyecto que relacione un objeto de la vida cotidiana con Internet utilizando dispositivos disponibles comercialmente. Los ordenadores de placa simple o microcontroladores son elementos potentes con infinidad de aplicaciones y muy interesantes para introducir desde una temprana edad en escuelas.

Tras muchas pruebas y el montaje, hemos conseguido nuestro propósito: desarrollar un sistema de localización en tiempo real, que pueda llevar cualquier persona y que se pueda localizar por cualquier usuario siempre y cuando sepa la dirección web. Hemos comprobado que es más preciso en espacios abiertos que en entornos con edificios altos. Es un objeto fácilmente reproducible una vez resuelta la logística de las comunicaciones y desarrollados los códigos. El dispositivo creado en este proyecto se podría utilizar en cualquier recinto que disponga de red WiFi como parques, eventos o incluso ciudades inteligentes y se podría extender utilizando múltiples dispositivos debidamente identificados. Una aplicación inmediata de este sistema serían las tareas de vigilancia o control, de modo que un usuario podría tener controlada la ubicación de los dispositivos.

### Agradecimientos

Gracias a Edgar Gámez, a Roberto Rius y a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica, Cartográfica y Topográfica.

### Referencias

- [1] Á. Cobo, PHP y MySQL: Tecnología para el desarrollo de aplicaciones web. Ediciones Díaz de Santos, 2005.
- [2] W. Donat, Learn Raspberry Pi Programming with Python. Apress, 2014.

- [3] I. Q. García, GPS Navegadores, 2009.
- [4] I. Q. García, NMEA. National Marine Electronic Association, 2009.
- [5] F. Fàbregas, Aprender Raspberry Pi con 100 ejercicios prácticos. Marcombo, 2016.
- [6] S. Monk, Programming the Raspberry Pi: getting started with Python. McGraw Hill Professional, 2015.
- [7] D. Nixon, Getting started with Python and Raspberry Pi. Packt Publishing Ltd, 2015.
- [8] R. Nixon, Learning PHP, MySQL, JavaScript, and CSS: A step-by-step guide to creating dynamic websites. O'Reilly Media, Inc., 2012.
- [9] M. Richardson & S. Wallace, Getting started with raspberry PI. O'Reilly Media, Inc., 2012.
- [10] H. Spona, Programación de bases de datos con MYSQL y PHP. Marcombo, 2010.
- [11] E. Upton, & G. Halfacree, Raspberry Pi user guide. John Wiley & Sons, 2014.
- [12] Valero, J. L. B., Julián, A. B. A., & Villén, N. G. (2014). Gnss: GPS: fundamentos y aplicaciones en geomática. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2014.
- [13] L. Welling & L. Thomson, PHP and MySQL Web development. Sams Publishing, 2003.

# Energy efficiency in university buildings: Real case: Ferrandiz building. Universitat Politècnica València. EPSA. Spain

Gabriel SEMPERE RIPOLL

Key words: energy efficiency, energy consumption, virtual model, energy saving

## Abstract

The current paper is a real case of how to apply the principles of energy efficiency in university buildings. It states facts of implementation, results and methods used in the Ferrandiz building from Alcoy, Spain and the beneficials of such a program in an university.

## 1. Introduction

In 2007 Spain entered under the most difficult economic period since the democracy was established. The administration departments are putting in order their structures and checking where they are spending money than they cannot afford. On the other hand, since June last year, Spanish Government required that any building must obtain the Energy Performance Certificate (fig.01). The idea is simple: to join the need to make savings along with the knowledge that now we can control our energy consumption.

## 2. Materials and Methods

Our prime material is a building that includes offices and classrooms since 1989. It is called Ferrandiz Building. This building is 8.942 sq.m., and we know everything about its maintenances, users and energy consumptions per

month-year (e.g.: (electricity, 286.431'00 kWh/year), (natural gas, 341.574'00 kWh/year) ).

Our method is to build a virtual model (CE3), in order to enable us to introduce all these parameters during a whole year (dayweek, saturday, holiday, start-stop, temperature, equipment...) so that the global year consumptions are the same to the real one. We could build this model with an informatic tool that government provides through the Ministry of Industry's Web site.

This tool allow us to work within three big areas: building envelope (facade, roof, windows,..), warming installations (central heating, refrigerators, air renewable,...) and sources of energy (electricity, gas, bio-energy,...).

To obtain this virtual model with real parameters, it is the hardest part of the work. Afterwards, we can easily change any variable item and then to study and compare results.

### 3. Results and discussion

The first result that this work provides us with is that we can advice which is the installation that needs more energy than others (in Ferrandiz case it is the central heating). This information is so essencial because it helps to define our investment and to take the best steps to save energy.

The results from this work can be clustered into two blocks depending on whether to spend money to get a reduction in electricity consumption is not necessary, and then we work with the maintenances and users; or those in which it is necessary to spend money.

Concerning the first block, we studied how much important the operating and functional system is. If we paid attention to the temperature, and we reduced only one grade centigrade during winter season, we could save 6.695'00 €/year. We studied other time parameters (fig-02): 1 hour, 1 Saturday, 1 Holiday,..., of course all of these measures must never reduce the quality of the service for the users.

On the second block, we must spend some money to improve the energy efficiency (fig\_03). For example, we considered to introduce different types of light points, as leds or other technologies, with a reduction of 1.830'00 €/year, (amortization between 5-6 years)

## 4. Conclusions

This work was born to be useful: useful for the equipment of maintenance, useful for the people who works with the infrastructures and fixes the future investments, useful for the users (teachers and students).

However, the Real Academy of Spanish Language defines “useful” as “the clever time that is possible doing something, without the time that is not possible doing this”.

We must be useful.

### Acknowledgements

Catedra·Fulton, from the Universitat Politècnica de València, for their financial support to the study. (cafulton@upv.es.<sup>6</sup>)

### Referenced figures



Fig. 1: Certificate Model Energy Rating

<sup>6</sup> Fulton, firm which nowadays is responsible of the Maintenance and Energy Services of the Universitat Politècnica de València, for trying to introduce the different measures defined in this work to save energy. ([www.fulton.es](http://www.fulton.es))



Fig. 2: Money saved by applying the model (1st BLOCK: without spending money)



Fig. 3 Money saved by applying the model (2nd Block: spending money)

# Requisitos de diseño de una Smart Grid para satisfacer las necesidades de una Smart City

Javier Vives<sup>1</sup>, Eduardo Quiles<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera S/N ,46022, Valencia ´.

E-mail: javifus@posgrado.upv.es

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad Politécnica de Valencia, Camino de Vera S/N ,46022, Valencia ´.

E-mail: equiles@isa.upv.es

**Keywords:** Smart Grid, Smart City, energía renovable, automatización, comunicaciones

## Abstract

The boom in energy consumption brings major headaches, both in the area of reliability, safety and efficiency, as well as environmental and energy sustainability concerns, raising the need for quantitative use of communication and information technologies. This technological advance is known as "Smart". This evolution is changing the perspective of the energy concept, transformed and interconnected the energy that surrounds us. This document reviews the current state of this technological stream and a comparison made between a Smart City and an Smart Grid.

## 1. Introducción

Cada día se conectan a la red eléctrica millones de dispositivos electrónicos, con la finalidad de poder cocinar, mantener frescos nuestros

alimentos, trabajar o simplemente satisfacer nuestras necesidades diarias. La gran cantidad de dispositivos que están conectados a la red, está provocando una complejidad en la red eléctrica convencional, todo ello con el fin de poder abastecer toda la demanda que la población necesita, generando una inseguridad, inestabilidad, ineficiencia y la sostenibilidad energética ambiental. Dicha situación, exige el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para actualizarla hacia una red inteligente, empleando energías renovables [1]. En este punto, es donde entra en juego el concepto de "Smart Grid" o red inteligente. Dicha red, interconecta a todos los usuarios, independientemente de que sean generadores, consumidores, o ambos, con el fin de garantizar un suministro eléctrico de manera eficiente, sostenible y económica. Pero esta red no sólo suministra energía, si también información. Para realizar la transición de una red pasiva a activa, el sistema de distribución debe modernizarse, mediante la automatización, permitiendo una adquisición, monitorización y análisis de datos de todas las infraestructuras, con el fin principal de permitir optimizar al máximo el funcionamiento del sistema de distribución para lograr los máximos beneficios tanto para los productores como para los usuarios finales [2].

Una red inteligente se caracteriza por su eficiencia, eficacia, energía renovable, segura y económica. Vamos por partes, se considera que es eficiente y eficaz, debido a la instalación de una red de contadores inteligentes que están ubicados en casas, negocios o estaciones de transporte y generación, permitiendo monitorizar en tiempo real, la energía demandada por cada usuario, así como la detección e identificación de posibles fallos o averías de todas las infraestructuras. Se le considera, renovable, segura y económica, porque parte de la electricidad que se consume proviene de infraestructuras renovables, como por ejemplo la energía eólica o fotovoltaica. El principal problema que presenta este tipo de energía es que no genera un flujo constante de energía, sino a oleadas [3]. Al mismo tiempo, se considera segura y económica, porque en todo momento se emplea un modelo predictivo, capaz de detectar posibles sobrecargas o ciberataques en la red, todo ello favoreciendo una autogestión de los consumidores.



Figura 1: Evolución de las Smart Grids

El uso y utilización de toda la tecnología que abarca las redes inteligentes, están generando una gran repercusión a nivel social, ya que esta transición, no afectará únicamente a los operadores de red y usuarios de la red, sino también a los propietarios individuales. Con la transición hacia un mundo interconectado, los usuarios finales serán cada vez más conscientes de sus patrones de consumo de energía y, en consecuencia, pueden decidir equilibrar sus requisitos de estilo de vida y negocios como clientes activos de la red [4].

En definitiva, una Smart Grid se interconecta con el exterior mediante el uso de sensores, comunicaciones, capacidad de computación y control, de manera que se moderniza en todos los aspectos las funcionalidades del suministro eléctrico [5]. Una infraestructura se convierte en inteligente mediante la adquisición de datos, comunicando, procesando información y ejerciendo control mediante una realimentación que le permite ajustarse en tiempo real las posibles variaciones del sistema.

## 2. El concepto de Smart City

Las tendencias emergentes, como la automatización, el aprendizaje automático y el Internet de las cosas (IOT) están impulsando la creación o adopción de ciudades a un concepto de inteligencia. Cada día aparecen más noticias sobre el concepto de Smart City, pero realmente, ¿qué es o en

qué consiste esta corriente? Sinceramente, dependiendo desde el punto de vista que se enfoque, existen gran variedad de definiciones. Las ciudades inteligentes son una manifestación principal del internet de las cosas (IOT): implican el uso de sensores, ya sean independientes o agregados a dispositivos físicos, para generar datos que pueden comunicarse, integrarse y analizarse para permitir interconectar todas las infraestructuras de una ciudad. Se pretende utilizar el internet de las cosas (OIT) con la finalidad de:

- Mejorar aspectos de sus operaciones u otros factores dentro o fuera de sus fronteras que son importantes para su vitalidad económica, seguridad, huella ambiental, calidad de vida u otros factores considerados importantes.
- Responder a las necesidades cambiantes de la ciudadanía de manera rápida y eficiente.
- Involucrar a los habitantes y permitir una comprensión de la información.
- Colaborar con otras comunidades según las necesidades.

Las ciudades inteligentes se han relacionado de diversas maneras con la eficiencia; sostenibilidad (similar, pero no idéntica a la eficiencia); sensibilidad; habitabilidad; exhibiciones de planificación urbana o tecnología; participación; resistencia; y otras cualidades. Las iniciativas de la ciudad inteligente también tienen como objetivo monitorear y abordar las preocupaciones ambientales, como el cambio climático y la contaminación del aire.

Para conseguir una base sólida de una Smart City, deben existir y coexistir los conceptos de Aspecto Humano, Gobierno, Medio Ambiente y Economía, ya que todos ellos están comprometidos en los diferentes agentes involucrados en un proceso de mejora constante con el fin de mejorar la calidad de vida, tanto del entorno como de sus habitantes, así que las principales ventajas que presenta una Smart City son:

- Favorece la evolución hacia el Internet de las cosas (Internet of Things)
- Generación y oportunidad de un nuevo modelo de negocio

- Gestión automática y eficiente de las infraestructuras urbanas, como el ahorro económico y mejoras de eficiencia energética.
- Mejora del urbanismo y entorno. Más y mejora de las zonas verdes, zonas periféricas...etc.
- Reducción de los gastos que puede producir un inmueble, electricidad, comunidad...etc. Reducción y optimización de tiempos de cara al consumidor.

<p><b>Economía</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penetración del uso de las TIC en las empresas.</li> <li>• Promoción económica.</li> <li>• Retención y atracción de talento y fomento de la creatividad.</li> <li>• Emprendizaje. Apoyo a la iniciativa emprendedora.</li> <li>• Espacios empresariales.</li> <li>• Internacionalización.</li> </ul>	<p><b>Ciudadanía</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación y formación.</li> <li>• e-Learning.</li> <li>• Formación continua.</li> <li>• Capital Humano.</li> <li>• I+D+I.</li> </ul>	<p><b>Gestión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planes estratégicos para la promoción de la e-Administración y TIC.</li> <li>• Servicios públicos en línea.</li> <li>• Gobierno transparente.</li> <li>• e-Democracia.</li> <li>• Promoción de las TIC y la innovación.</li> </ul>
<p><b>Movilidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conectividad e infraestructuras TIC.</li> <li>• Acceso público a Internet.</li> </ul>	<p><b>Entorno</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguridad y Confianza.</li> <li>• Cultura e identidad.</li> </ul>	<p><b>Calidad de Vida</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• e-Salud.</li> <li>• Accesibilidad y e-Inclusión.</li> </ul>

Figura 2: Factores de una ciudad inteligente

Los avances en el desarrollo de software para una ciudad conectada parecen prometedores, aunque seguramente existirán bastantes lagunas y desafíos por desarrollar. La seguridad y la escalabilidad son dos prioridades que los desarrolladores o sus clientes no deben pasar por alto. Para implementar y hacer crecer una red inteligente, las comunicaciones deben ser seguras y la arquitectura de la solución debe poder escalar. La ciudad inteligente del futuro incluirá, sin duda, un mercado de energía más abierto, en el que incluso los generadores de energía limpia a pequeña escala pueden desempeñar un papel activo.

En definitiva, una Smart City utiliza la tecnología para prestar de forma más eficiente los servicios urbanos, mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y transformar la relación entre entidades locales, empresas y ciudadanos facilitando una nueva forma de vivir la ciudad.

### 3. Comparativa entre Smart Grid y Smart City

Para cumplir los objetivos de una ciudad inteligente que respalda un estilo de vida sostenible de alta calidad para los ciudadanos, una ciudad inteligente necesita una red inteligente. Para construir ciudades inteligentes del futuro, la infraestructura de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) será un habilitador clave. De esta manera, las opciones de infraestructura de TIC hechas por los servicios públicos de hoy tienen el poder de transformar la sociedad mañana.

Teóricamente, cualquier área de la administración de una ciudad, tales como parquímetros, farolas, semáforos o edificios se pueden incorporar a una iniciativa de ciudad inteligente. Toda esta interconexión de los dispositivos de una ciudad inteligente, no podrían funcionar sin una subestación inteligente. En este punto es donde se combina el concepto de "Smart" con las áreas "Grid" y "City" [6]. Entonces, qué tienen en común una Smart Grid y una Smart City. Como bien se detalla a lo largo de este artículo, un sistema inteligente presenta tres vertientes. En primer lugar, moderniza los sistemas de energía a través de la automatización de los diseños de autorreparación, la supervisión y el control remoto y el establecimiento de microrredes. En segundo lugar, informa y educa a los consumidores sobre su consumo de energía, costos y opciones alternativas, para que puedan tomar decisiones de forma autónoma sobre cómo y cuándo utilizar la electricidad y los combustibles. En tercer lugar, proporciona una integración segura, segura y confiable de los recursos energéticos distribuidos y renovables. Todo esto se suma a una infraestructura de energía que es más confiable, más sostenible y más resistente [7]. Por lo tanto, una red inteligente se encuentra en el corazón de la ciudad inteligente, que no puede existir completamente sin ella. Las ciudades inteligentes dependen de una red inteligente para garantizar la entrega de energía flexible para el suministro de sus múltiples funciones.

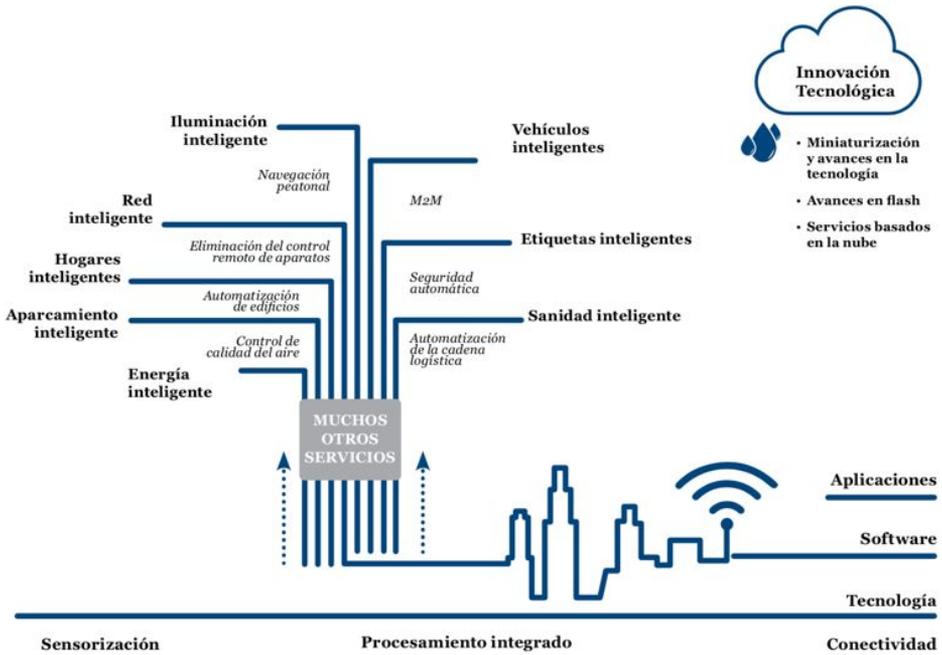


Figura 3: El internet de las cosas

Se prevé que para 2020 habrá 50000 millones (principalmente de máquina a máquina) de dispositivos conectados, incluidos dispositivos tales como interruptores de red y sensores, medidores inteligentes y electrodomésticos conectados en el hogar. Estos dispositivos en su propio derecho generarán grandes cantidades de datos que deben analizarse, interpretarse y tomarse en cuenta. Esto presenta tanto desafíos como oportunidades para los servicios públicos y para aquellas organizaciones que se beneficiarían del acceso a estos datos, y los servicios posteriores que pueden ofrecerse. Como se muestra en la figura 4, en una ciudad inteligente, es probable que estos datos sean parcialmente transmitidos por las comunicaciones de la red inteligente. infraestructura y, en parte, en servicios de comunicación de banda ancha. En una ciudad inteligente, habrá mucho más valor colocado en las sinergias que surgen combinando datos derivados de múltiples fuentes.

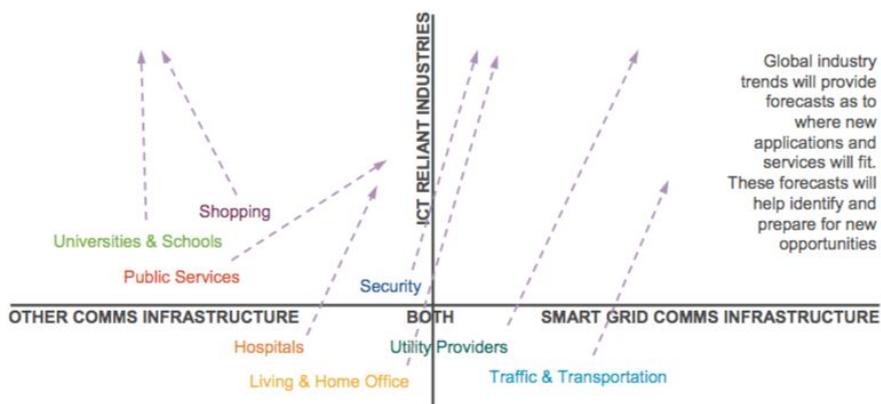


Figura 4: Sinergias multisectoriales sobre la infraestructura de comunicaciones

La instauración del concepto de Smart pretende hacer más fácil y accesible todos los medios que utilizamos en nuestra vida diaria, pero a los oponentes de este tipo de ciudades inteligentes les preocupa que los administradores de las ciudades no tengan en cuenta la privacidad y la seguridad de los datos, por temor a la exposición de los datos que los ciudadanos producen diariamente al riesgo de piratería o uso indebido. Además, la presencia de sensores y cámaras puede percibirse como una invasión de la privacidad o la vigilancia gubernamental. Para abordar esto, los datos recopilados deben ser anónimos y no ser información de identificación personal.

La base tecnológica que respalda la infraestructura, los edificios, la industria y los consumidores de una ciudad, todos continúan avanzando hacia plataformas más flexibles, compatibles, automatizadas e inteligentes, al igual que la red inteligente, evolucionará lenta pero seguramente en las próximas dos décadas. Aprovecharán, integrarán y utilizarán la información de manera más completa para ser compartida entre los departamentos, los operadores de infraestructura y los ciudadanos [8].

Las ciudades inteligentes deben ser capaces de detectar los problemas de movilidad y tomar medidas en tiempo real para solucionar estos problemas. Las ciudades del futuro ya están aquí y el objetivo es poner al ciudadano en el centro. La inteligencia artificial y el Big Data van a ser dos elementos clave para la recolección de información y gestión del conocimiento.

Muchas áreas verticales de la ciudad se van a ver impactadas por este

cambio de paradigma, desde la eficiencia energética a los temas más sociales, como sanidad y educación. Las alianzas entre ciudades y la estandarización de soluciones y buenas prácticas serán claves en los próximos años para favorecer la integración de sistemas y el desarrollo de las Smart Cities.

Para satisfacer las aspiraciones y necesidades de los ciudadanos, los planificadores urbanos pretenden idealmente desarrollar todo el ecosistema urbano, representado por los cuatro pilares del desarrollo integral: infraestructura institucional, física, social y económica. Esta puede ser una meta a largo plazo y las ciudades pueden trabajar para desarrollar una infraestructura integral de esta envergadura, agregando capas de 'inteligencia'. En definitiva, con la ciudad inteligente, todos participamos juntos.

#### 4. Situación actual: España y Europa

Cada día aparecen nuevas iniciativas de pilotos y pruebas de Smart Grids y Smart Cities, a diferentes escalas y niveles, atendiendo las particulares condiciones, características y necesidades de cada uno de los usuarios. Se pronostica que durante estos años se llevarán a cabo una gran cantidad de iniciativas y cuantiosas inversiones en esta área, tanto por parte de empresas privadas, como por parte de fondos estatales, todas ellas, con el fin de fomentar la investigación y desarrollo, la comprobación de conceptos y sistemas, entre otros aspectos [9].

De acuerdo con el último informe de GTM Research, Global Smart Grid Technologies and Growth Markets, 2013-2020, se espera que para el 2020 el mercado global de las redes inteligentes ronde los US\$ 400 billones, con un crecimiento anual de un 8%

Según los distintos estudios del mercado de las redes inteligentes, los impulsores de los mercados energéticos en los próximos 5 años, desde el punto de vista técnico serán:

- Almacenar energía
- Distribuirla
- Microredes

Se espera que el progreso de dichas tecnologías dará un impulso a la adopción de redes inteligentes e impulsarán nuevos mercados para la industria del software y los sistemas que puedan integrar estas tecnologías en las venideras infraestructuras [10].

Desde la unión europea, se están promulgando nuevas políticas energéticas, todas ellas con el objetivo de reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GHG) a 20%, incrementando la participación de energía renovable a 20%; y haciendo 20% de mejoras en eficiencia energética al 2020.

Prácticamente todos los estados miembros de la UE han realizado cuantiosas inversiones para testear la integración de las tecnologías y aplicaciones de redes inteligentes en la infraestructura de energía. Esta inversión, ha generado que el 45% de los hogares de la UE tengan instalados un medidor inteligente y se espera que dicha cifra aumente los próximos años [11] [12].

En 2010, se creó la European Distribution System Operators (EDSO) para Smart Grids, la cual es una asociación de operadores de sistemas de distribución de los 17 estados miembros de la UE, que cubre 70% de los puntos de suministro de electricidad de la UE. La asociación está comprometida con la promoción de la modernización de la red eléctrica para alcanzar los objetivos de eficiencia energética, reducción de GHG y energía renovable de la UE [13].

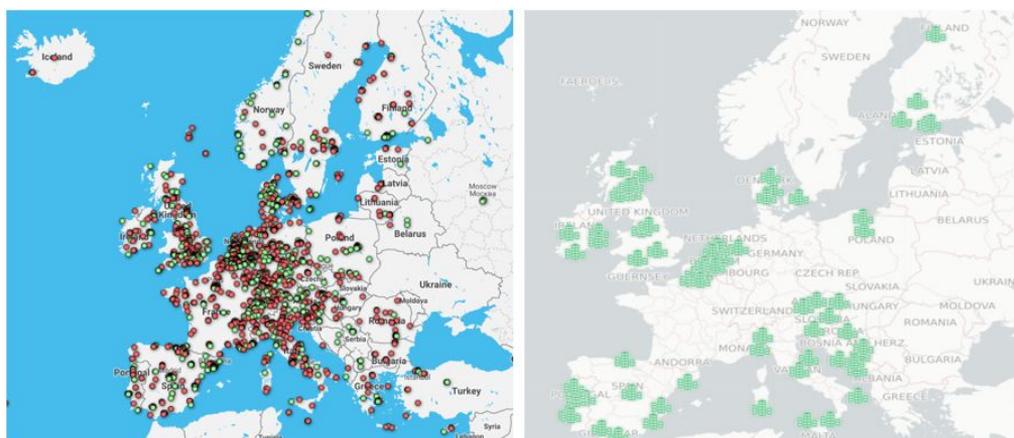


Figura 5: Comparativa proyectos existentes Smart Grids vs Smart Cities

Hasta ahora, en los diferentes países de la UE se han invertido alrededor de 900 millones en la ejecución de unos 850 proyectos en el área de Smart Grid y 400 en la creación y adaptación al concepto de Smart Cities . Entre todos esos proyectos llevados a cabo, a continuación, se especifican algunos de los más significativos en ambas áreas:

**Proyecto ADDRESS:** Dicho nombre proviene de Active Distribution network with full integration of Demand and distributed energy RESourceS, y se trata de uno de los proyectos de investigación más grandes de Europa en el área de investigación y desarrollo de redes inteligentes [14]. El objetivo llevado a cabo consistió en hacer partícipes a los pequeños consumidores y comerciales en los mercados de sistemas de alimentación y la prestación de servicios a los diferentes participantes del sistema de alimentación. Se está llevando a cabo por un consorcio de 25 socios de 11 países europeos, entre los que destacan España, Italia y Francia, con la visión de conseguir una red eléctrica más flexible, accesible, fiable y económica.

**ECOGRID:** proyecto que pretende acondicionar y equipar a dos mil viviendas mediante la instalación de dispositivos que controlen la demanda de electricidad mediante gateways y controladores inteligentes permitiendo conocer en tiempo real la demanda y consumo de cada uno de los propietarios [15]. Se ha implementado en países del norte de Europa, donde el 50% de la energía que se consume provienen de fuentes de energía renovable. En definitiva, el diseño de este proyecto pretende demostrar y convertirse en la solución para el futuro coste eficiente, seguro y sostenible de electricidad de la UE.

A parte de estos proyectos, se siguen proponiendo y desarrollando nuevos proyectos, tales como Growsmarter, Remourban', Triangulum, Replicate, Sharing Cities o Smartencity, todos ellos con el fin de constituir una sociedad eficiente, eficaz y conectada con el ciudadano.

En cuanto a España, la situación no varía mucho de los proyectos comentados anteriormente. La introducción de las redes inteligentes en España empezó en el año 2010, mediante el desarrollo del proyecto CENIT Energos, el cual estuvo financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) dentro la convocatoria 5 del programa CENIT - INGENIO 2010 gestionado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI). El objetivo del Proyecto CENIT ENERGOS, fue el de desarrollar conocimientos y tecnologías que permitieran avanzar en la implantación de las Redes

Inteligentes. Este proyecto fue el pionero en España, y a partir de él, se llevaron a cabo otros [16]. A continuación, se detallan algunos de los más relevantes:

Proyecto STAR: sus siglas significan Sistemas de Telegestión y Automatización de la Red, y fue un proyecto llevado a cabo por IBERDROLA cuyo objetivo fue llevar a cabo una transformación tecnológica en el campo de las redes inteligentes [17]. Dicho proyecto se desarrolló en la localidad valenciana de Castellón de la Plana, convirtiéndose en la primera Smart Grid en España y consistió en la instalación en los hogares de nuevos contadores inteligentes y la adaptación de los centros de transformación de la ciudad a esta tecnología, todo ello, con el fin de conectar productor-consumidor para obtener consumo eficaz, eficiente y sostenible.

Redes 2025: Proyecto liderado por las principales entidades de distribución eléctrica de España, tales como Endesa, Gas Natural Fenosa, HC Energía e Iberdrola, cuyo objetivo principal que se plantean es el de diseñar, especificar y desarrollar soluciones tecnológicas que posibiliten el hacer realidad la red eléctrica del año 2025, abordando, por una parte aplicaciones basadas en electrónica de potencia, almacenamiento de energía, y superconductividad y por otra herramientas para la integración en la red de recursos energéticos distribuidos y la gestión de la información en la red eléctrica del futuro, una red capaz de satisfacer y garantizar el suministro de las nuevas necesidades eléctricas de todos los usuarios de una forma eficiente fiable y sostenible [18].

Proyecto de Smartcity. Se trata de una iniciativa a nivel mundial con el fin de integrar las redes inteligentes en la sociedad. Hasta la fecha se han desarrollado proyectos en Dinamarca, Estocolmo, Dubai, Colorado y España. La ciudad española elegida ha sido Málaga cuyo proyecto ha estado desarrollado y supervisado por Endesa. En este proyecto, se pretende integrar de forma óptima en la red fuentes de energía renovable, mediante la instalación de paneles fotovoltaicos en edificios públicos, el uso de la microgeneración eléctrica en algunas zonas o la instalación de sistemas microeólicos [19]. Además, existen sistemas de almacenamiento energético en baterías, de manera que parte de la energía podrá ser consumida después en la climatización de edificios, el alumbrado público y el transporte eléctrico. Finalmente, se potenciará el uso de vehículos eléctricos, mediante la instalación de postes de recarga. Con todas estas medidas realizadas, se pretende fomentar un modelo energético más

sostenible.

A parte de este proyecto, en nuestro país se están desarrollando varios proyectos Smart en diferentes ciudades a lo largo del territorio español. Según datos de IESE, se están adaptando diferentes áreas o infraestructuras a un concepto más inteligente en ciudades tales como Barcelona, Madrid, Valencia, A Coruña o Sevilla. Estos proyectos de Smart City España se relacionan sobre todo con el medio ambiente (automatización del riego en parques y jardines o gestión de residuos) y la movilidad urbana.

Proyectos como vemos dispares dependiendo de la gestión propia de cada ciudad. Esperemos que la apuesta por la renovación con la integración de soluciones inteligentes no se quede estancada y el proyecto Smart City España siga hacia adelante.

Las nuevas ciudades y redes inteligentes que se están desarrollando e instaurando en la sociedad son una evolución tecnológica del sistema de distribución de energía, mediante la combinación de instalaciones tradicionales con modernas tecnologías de monitorización, sistemas de información y telecomunicaciones. Actualmente, las principales barreras que aparecen en los proyectos pilotos de del concepto Smart no son técnicas, sino que se relacionan con asuntos de políticas públicas, sociales o regulatorias [20]. En la actualidad, tanto a nivel europeo como español, se siguen diseñando, planificando y desarrollando nuevos proyectos que se implantarán en los próximos años.

Esta innovación, está permitiendo ofrecer un amplio abanico de servicios a los clientes, mejorando la calidad del suministro, atendiendo las necesidades y gestionando la distribución de energía de una manera más óptima.

## 5. Conclusiones

La relación, interconexión y adaptación entre redes “i” y ciudades inteligentes continua en una constante modernización. Sabemos que, para el correcto funcionamiento de cada una de ellas, tanto por separado o conjuntamente necesita la supervisión y apoyo de la otra subestación. La base tecnológica que respalda la infraestructura, los edificios, la industria y los consumidores de una ciudad, todos continúan avanzando hacia plataformas más flexibles, compatibles, automatizadas e inteligentes. Al

igual que la red inteligente, evolucionará lenta pero seguramente en las próximas dos décadas. Se aprovecharán, integrarán y utilizarán la información de manera más completa para ser compartida entre los departamentos, los operadores de infraestructura y los ciudadanos. Con los proveedores para crear soluciones integradas, y la red inteligente se convertirá solo en parte de un ecosistema urbano más receptivo y con mayor capacidad de respuesta.

A medida que las ciudades inteligentes continúen creciendo, más personas reconocerán el valor de las redes inteligentes que las empoderan. Un nuevo mundo se acerca rápidamente, y la producción de una red modernizada capaz de hacer realidad las ciudades inteligentes del futuro es el primer paso para lograr el éxito en ella.

## Referencias

- [1] A. P. S. Meliopoulos, G. Cokkinides, R. Huang, E. Farantos, S. Choi, Y. Lee, and X. Yu, "Smart grid technologies for autonomous operation and control," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 2, no. 1, pp. 1-10, March 2011.
- [2] V. Hamidi, K. S. Smith, and R. S. Wilson, "Smart grid technology review within the transmission and distribution sector," *IEEE PES Conf. Innovative Smart Grid Technologies*, Gothenburg, Sweden, Oct. 2010, pp. 1-8.
- [3] G. T. Heydt, "The next generation of power distribution systems," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 1, no. 3, pp. 225-235, Dec. 2010.
- [4] D. J. Dolezilek, and S. Schweitzer, "Practical applications of smart grid," Schweitzer Engineering Laboratories, Feb. 2009, pp 1-7.
- [5] Z. Xue-Song, C. Li-Qiang and M. You-jie, "Research on smart grid technology," *Int. Conf. on Computer Application and System modeling (ICCASM)*, San Diego, CA, vol. 3, Oct. 2010.
- [6] Su, K., Li, J., & Fu, H. (2011, September). Smart city and the applications. In *Electronics, Communications and Control (ICECC), 2011 International Conference on* (pp. 1028-1031). IEEE.
- [7] Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial?. *City*, 12(3), 303-320.
- [8] Tuballa, M. L., & Abundo, M. L. (2016). A review of the development of Smart Grid technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 710-725.
- [9] Amin, S. M., & Wollenberg, B. F. (2005). Toward a smart grid: power delivery for the 21st century. *IEEE power and energy magazine*, 3(5), 34-41.

- [10] Power Systems Of The Future: The Case For Energy Storage, Distributed Generation, And Microgrids Sponsored By Ieee Smart Grid, With Analysis By Zpryme Nov 2012. IEEE.
- [11] Gangale, F., Mengolini, A., & Onyeji, I. (2013). Consumer engagement: An insight from smart grid projects in Europe. *Energy Policy*, 60, 621-628.
- [12] Hashmi, M., Hänninen, S., & Mäki, K. (2011, October). Survey of smart grid concepts, architectures, and technological demonstrations worldwide. In *Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Latin America), 2011 IEEE PES Conference on* (pp. 1-7). IEEE.
- [13] Jamsab, T., & Pollitt, M. (2005). Electricity market reform in the European Union: review of progress toward liberalization & integration. *The Energy Journal*, 11-41.
- [14] Belhomme, R., Cerero, R., Valtorta, G., & Eyrolles, P. (2011, July). The ADDRESS project: Developing Active Demand in smart power systems integrating renewables. In *Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE* (pp. 1-8). IEEE.
- [15] Jørgensen, J. M., Sørensen, S. H., Behnke, K., & Eriksen, P. B. (2011, July). EcoGrid EU—A prototype for european smart grids. In *Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE* (pp. 1-7). IEEE.
- [16] Andrade, C. A. D., & Hernández, J. C. (2011). Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica—Estado del Arte. *Sistemas & Telemática*, 9(18), 53-81.
- [17] Aparicio, J. C. F. (2015). Proyecto STAR (Supervisión, Telegestión y Automatización en red) del CT Lepanto (Doctoral dissertation).
- [18] Coto Aladro, J., Mier del Rosal, V., García Cerrada, A., & Roldan Perez, J. (2016). Proyecto Singular Estratégico REDES 2025, " Desarrollo de soluciones tecnológicas para la red eléctrica española del 2025", Subproyecto SP1" Aplicación de la electrónica de potencia para el control de la red".
- [19] March, H., & Ribera-Fumaz, R. (2014). Una revisión crítica desde la Ecología Política Urbana del concepto " Smart City" en el Estado español. *Ecología política*, (47), 29-36.
- [20] "Smart Grid projects in Europe: Lessons learned and current developments". Vincenzo Giordano, Alexis Meletioui, Catalin Felix Covrig, Anna Mengolini, Mircea Ardelean, Gianluca Fulli (DG JRC). Manuel Sánchez Jiménez, Constantina Filiou (DG ENER). 2013.





Ajuntament d'Alcoi



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

