

# El Enfoque de Enseñanza, Investigación y Sostenibilidad de la Iniciativa UMA Smart-Campus

José Antonio Santoyo-Ramón<sup>a</sup>, Sergio Fortes<sup>\*b</sup>, Rocío Mora-García<sup>a</sup>, Eduardo Baena<sup>b</sup>, Miguel Medina<sup>a</sup>, Patricia Mora<sup>a</sup> and Raquel Barco<sup>ab</sup>

<sup>a</sup>Universidad de Málaga, Andalucía Tech, Vicerrectorado de Smart-Campus, Campus Universitario de El Ejido, 29013 Málaga, España; <sup>b</sup>Universidad de Málaga, Andalucía Tech, Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, Campus de Teatinos s/n, 29071 Málaga, España

## ABSTRACT

Smart-city approaches are key for current information and communications technology (ICT) deployments in towns and cities, having as a main goal to improve health, sustainability and management of public services and infrastructures. However, real-world deployments based on Internet-of-Things (IoT) and ICT technologies are usually diffculted by the public inertia and cost to implement them in a wide city. Conversely, university campuses represent by themselves large areas populated by a huge number of students, professors and university staff. In this way, campuses have multiple advantages for real smart-city deployments over other urban areas. Firstly, the campuses “population” and management entities are typically, due to their involvement with technology and research, more prone to act as “early-adopters”, allowing to experimentally oriented and quickly deployed “smart-city” services (in terms of sustainability, management...). Secondly, the teaching and research activities in the campus can highly benefit for the involvement of the university community in the activities associated with the implementation of these approaches in terms of hands-on practices, technology-familiarization, courses, research, etc. With this approach, the present work deepens on the approaches, infrastructure, research and educational programs and their results of the smart-city initiative of the University of Málaga (UMA Smart-Campus).

**Keywords:** Smart-Campus, University, ICT, sustainability, education, innovation, R&D&i

## 1. INTRODUCCIÓN

La manera de desarrollar y gestionar ciudades se ha transformado drásticamente en los últimos tiempos con la aparición del concepto de ciudad inteligente o “Smart-city”. Los principales objetivos de este paradigma se centran en la mejora de la sostenibilidad, el bienestar y la eficiencia de las ciudades gracias a la utilización de la tecnología. Ésta permite conocer de una manera precisa y detallada el comportamiento de la sociedad, su gestión y acciones asociadas, así como prevenir y predecir posibles soluciones, aportando además herramientas para actuar y monitorizar en tiempo real<sup>1</sup>. Todo ello gracias a la adquisición continua de datos y su procesamiento, respaldado por la aplicación masiva de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la inteligencia artificial, el Big-Data y el paradigma de Internet de las cosas (IoT)<sup>2</sup>, donde se despliega una gran cantidad de dispositivos distribuidos para recolectar y transferir datos de entorno, ambientales y de rendimiento de servicios.

Las múltiples ventajas que presenta el concepto de ciudad inteligente ha llevado a gran cantidad de ciudades de todo el mundo a adoptar el concepto de ciudad inteligente. Algunos ejemplos son: mejora de la calidad de vida y el bienestar de la sociedad, aumento de eficiencia energética, reducción de emisiones, mejora de la gobernanza y el desarrollo, entre otros muchos beneficios<sup>3-5</sup>. Todos estos hechos provocan la idea de trasladar este escenario a los campus universitarios. Los campus universitarios son en sí mismos “pequeñas ciudades”, donde las mejoras alcanzables en su gestión, gobernanza, sostenibilidad y actividades de aprendizaje son enormes. Representan una oportunidad invaluable para potenciar este enfoque, ya que concentran un elevado número de infraestructuras y una gran comunidad de estudiantes, profesores y empleados, formando una “población” que está dispuesta a adoptar y promover innovación. En esta línea, diferentes trabajos sobre Smart-Campus se han centrado típicamente en elementos muy específicos de los mismos, tales como la docencia<sup>6</sup> y el medioambiente<sup>7</sup>.

El trabajo actual expone UMA Smart-Campus de la Universidad de Málaga (UMA) basándose en una perspectiva del ejemplo de ciudad inteligente y alcanzando múltiples de sus facetas<sup>8,9</sup>. Con respecto a trabajos previos<sup>8, 10</sup> sobre UMA Smart-Campus, el presente trabajo ahonda sobre los fundamentos y resultados de sus diferentes iniciativas, detallando al mismo tiempo en mayor medida las actividades investigadoras asociadas al mismo. Así, la sección 2 presenta las líneas y objetivos generales de UMA Smart-Campus. La Sección 3 detalla el equipamiento IoT y celular existente, introduciendo un marco lógico común a todas las TICs en el campus y extrapolable aplicable a otros despliegues. La Sección 4 desarrolla las iniciativas concretas propias de Smart-Campus relacionadas con actividades de investigación, innovación y aprendizaje. Finalmente, la sección 5 presenta las conclusiones de este trabajo.

## 2. LA UNIVERSIDAD DE MÁLAGA Y SU SMART-CAMPUS

En 1972 la Universidad de Málaga (UMA) fue fundada a partir de la agrupación de diferentes centros preexistentes. Actualmente, se compone de 20 centros, e incluye múltiples titulaciones de diferentes áreas del conocimiento repartidas en las diferentes facultades y escuelas de ingeniería. En ella estudian más de 36.000 estudiantes, con un personal docente e investigador (PDI) de más de 2400 miembros y un personal de administración y servicios (PAS) formado con más de 1200 personas. Así, la universidad se encuentra en continua evolución y crecimiento. Los principales datos de la UMA en términos de número de miembros, oferta académica y organización se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Datos descriptivos de la Universidad de Málaga en la actualidad

<b>Estudiantes</b>	>36.000	<b>Grados Oficiales</b>	68	<b>Centros</b>	20
<b>Personal Docente e Investigador (PDI)</b>	>2.400	<b>Posgrados Oficiales</b>	72	<b>Departamentos</b>	81
<b>Personal de Administración y Servicios (PAS)</b>	>1.200	<b>Programas de doctorado</b>	22	<b>Grupos de Investigación</b>	218
		<b>Titulaciones Propias</b>	250		

El concepto UMA Smart-Campus nace como parte de la evolución de la UMA. Su meta principal es la creación de un campus inteligente y sostenible, basado en la aplicación de las nuevas tecnologías. De esta manera, aplicando los principios del concepto smart-city al Campus Universitario, se pretende convertir a la UMA en referencia en sostenibilidad.

Este plan, liderado por el Vicerrectorado de Smart-Campus de la UMA, permite conjugar otras funciones desarrolladas por este mismo Vicerrectorado en materia de mantenimiento y adecuación de las infraestructuras, edificios y demás espacios universitarios, aportando una óptica común, con base en la sostenibilidad y en el empleo de las nuevas tecnologías, desde la que afrontar las diversas tareas. Del mismo modo, supone un marco claro para el desarrollo de proyectos transversales de carácter interno o externo a la Universidad de Málaga, en áreas de docencia, investigación, innovación y compromiso social. Promoviendo asimismo la creación de un campus que también cumpla con la función de laboratorio urbano (urban-lab) donde investigadores y empresas puedan investigar y crear prototipos innovadores accesibles a toda la comunidad, los cuales pueden ser replicados a nivel ciudad.

### 2.1 Estrategia

La estrategia planteada para UMA Smart-Campus consiste en aprovechar la experiencia, los avances en investigación y nuevas tecnologías, así como, la colaboración de toda la Comunidad Universitaria para lograr un Campus más sostenible e inteligente; logrando de este modo, reducir emisiones y consumos, mejorar la biodiversidad, incrementar la eficiencia energética a la vez que se fomenta el confort y el bienestar.

De la misión y visión de la Universidad de Málaga en materia de sostenibilidad se establecen las líneas estratégicas de UMA Smart-Campus, cada línea estratégica limita una serie de alcances concretos, para los que se fijan retos y está acompañado de una serie de acciones a poner en práctica e indicadores para facilitar la evaluación de la consecución de los retos. Las líneas estratégicas y su alcance se describen en la Tabla 2.

Igualmente, la Universidad de Málaga se basa en las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para realizar un análisis real de las actuaciones que realiza, habiendo conseguido en los últimos años un gran avance en la implementación de los 17 objetivos, esto se recoge junto con otras herramientas en el Plan de Objetivos y Metas Ambientales que el Sistema de Gestión Ambiental de la UMA desarrolla anualmente y que se ajusta a estas líneas estratégicas, estableciendo metas específicas en consonancia con ellas y acciones a materializar en el campus a lo largo de cada curso.

Tabla 2. Descripción de las líneas estratégicas de UMA Smart-Campus y sus alcances.

<b>Emisiones, energía y agua:</b> Abarca cinco alcances fundamentales relacionados con el consumo y el impacto ambiental producido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía cero: Reducir la demanda energética del Campus.</li> <li>- Emisiones cero: Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en el Campus.</li> <li>- Energías renovables: Incrementar el uso de energías renovables.</li> <li>- Residuos cero: Promover el reciclaje, el compostaje y la reutilización.</li> </ul>
---	---

<p><b>Naturaleza y medio ambiente:</b> Aplicable en los espacios comunes e intersticiales del campus. Su alcance abarca 2 líneas fundamentales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paisaje: Diseñar paisajes y renaturalizar los espacios urbanos alcanzando niveles óptimos de biodiversidad, creando rutas e islas verdes.</li> <li>- Infraestructura urbana: Desarrollar una nueva infraestructura urbana para incrementar el uso de los espacios intersticiales del campus.</li> </ul>
<p><b>Salud y bienestar:</b> Enfocada a la mejora del hábitat y al desarrollo de prácticas saludables en la comunidad universitaria. Trabaja tres alcances fundamentales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentación: Desarrollar un programa de huertos urbanos y promover el uso de comida ecológica.</li> <li>- Calidad del aire interior: Incrementar el confort térmico, la calidad del aire, insonorización acústica y la iluminación natural.</li> <li>- Bienestar personal: Crear confortables espacios de relación, en interiores y exteriores, rutas e islas verdes e incrementar la participación en programas de bienestar.</li> </ul>
<p><b>Movilidad:</b> Orientada al desarrollo de una oferta vial óptima y sostenible para la mejor conexión de los campus, tanto a nivel interno como en su conexión con el resto de la ciudad de Málaga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infraestructuras: Crear infraestructuras de transporte sostenible.</li> <li>- Transporte sostenible: Incrementar el uso de transportes sostenibles.</li> </ul>
<p><b>Nuevas tecnologías:</b> Promueve la implantación de dispositivos de monitorización e inteligencia artificial que favorezcan la eficiencia energética del campus. Su alcance abarca las siguientes líneas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispositivos de medida: Llevar a cabo la monitorización de diferentes magnitudes de interés del campus de la UMA.</li> <li>- Redes de telecomunicación y protocolos: Lograr la comunicación en tiempo real con los diferentes dispositivos de medida.</li> <li>- Procesado y análisis: Integrar inteligencia artificial.</li> <li>- Actuadores: Automatizar la ejecución de acciones</li> </ul>
<p><b>Investigación, enseñanza e innovación centrada en sostenibilidad:</b> focalizada en la misión de creación y transferencia de conocimiento de la UMA como organismo dedicado a la investigación y a la enseñanza, haciendo hincapié a la formación de los líderes en materia de sostenibilidad del mañana. Sus alcances se ramifican en cada uno de los conceptos que abarca.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación: Lograr investigación de primer nivel en disciplinas relacionadas con las Smart-Cities para promover la sostenibilidad.</li> <li>- Enseñanza: Trasladar la investigación y la docencia a la práctica a los campus de la UMA facilitando la participación en proyectos piloto, fomentar la sostenibilidad, proporcionándoles oportunidades de desarrollo profesional y apoyar la creación de nuevos planes de estudio, programas y oportunidades interdisciplinarias relacionadas con la sostenibilidad.</li> <li>- Innovación: Preparar un marco de trabajo abierto e innovador, atrayendo estudiantes, profesores y grupos de investigación con el objetivo de impulsar investigaciones y la creación de empresas cuyos temas de estudio y trabajo estén relacionadas con la sostenibilidad.</li> </ul>

### 3. ARQUITECTURA DE SENSORIZACIÓN Y COMUNICACIONES

Tal y como puede comprobarse en la sección anterior, la utilización y aplicación de nuevas tecnologías es una de las líneas estratégicas de UMA Smart-Campus, esta proporciona herramientas y soporte al resto de acciones. Para guiar la integración de diferentes tecnologías y despliegues se ha diseñado un marco lógico (“framework”) para el conjunto de las TICs de UMA Smart-Campus, tal y como se representa en la Figura 1. Este framework<sup>8</sup> se define en un conjunto de capas para los sus diferentes elementos, siguiendo un esquema “bottom-up” desde la sensorización a nivel ambiental y de consumo hasta el guardado y adquisición de los datos y su uso en la gestión inteligente y la investigación siguiendo el enfoque de Smart-city.

Así, la capa inferior, “Sensores, Actuadores y Dispositivos” (SAD), incluye los elementos que aportan la capacidad de interactuar con el entorno, monitorizar parámetros y llevar a cabo acciones. Generalmente, los sensores y actuadores se integran como parte de diferentes sistemas de computación y comunicación, que reciben el nombre de nodos IoT o “motas”. Estos dispositivos están compuestos usualmente por múltiples sensores y actuadores, así como otros elementos que les atribuye la facultad de computación, memoria, suministro de energía, carcasa y comunicación.

Normalmente, el despliegue de las diferentes infraestructuras de IoT en un campus universitario se realiza de forma progresiva, a veces obligado por la aparición de diversas necesidades, otras como consecuencia de la disponibilidad tecnológica y las oportunidades de financiación. De este modo, el sistema resultante frecuente estar compuesto por múltiples despliegues e infraestructuras semi-independientes entre sí. Este hecho se evidencia en la capa de “Operación, Administración y Gestión (OAM)”. En esta capa se recolectan las mediciones procedentes de los diferentes dispositivos y desde donde se pueden solicitar determinadas acciones a los actuadores. Por tanto, este tipo de despliegue sin una planificación totalmente completa da lugar a una situación en la que las diferentes infraestructuras suelen disponer de su propia plataforma OAM dedicada. Este escenario puede provocar problemas a largo plazo cuando las dimensiones del sistema aumentan, por ello, en la UMA se ha desarrollado una solución, la creación de un punto centralizado de coordinación para todas ellas, la plataforma “OAM Smart-Campus”. Permite reunir los datos de las diferentes infraestructuras a través de agentes IoT capaces de comunicarse y recopilar información de dichas infraestructuras.

Entre las dos capas explicadas anteriormente se encuentra la capa de “Tecnologías de Acceso Radio (RATs)”. Los elementos de esta capa son los responsables de la conexión entre los nodos de IoT y la OAM. Comúnmente, las RATs se

implementan específicamente para cada infraestructura por medio de diferentes puertas de enlace (GWs). Estos GWs hacen uso de alguna de las diversas tecnologías inalámbricas disponibles en el comercio (ej. WiFi, Zigbee, LoraWAN). No obstante, dependiendo de la disponibilidad de las comunicaciones en cada situación y las capacidades de los nodos IoT, la conectividad puede ser proporcionada directamente por la infraestructura de “red general” del campus, o la misma hace directamente de backhaul. La “red general” se distribuye por todo el campus para su uso por parte de toda la Comunidad Universitaria, basándose principalmente en tecnología WiFi y Ethernet. Otras comunicaciones, pueden ser proporcionadas en banda licenciada y en base a la infraestructura propia de operadores de telecomunicaciones privados (ej. celular).

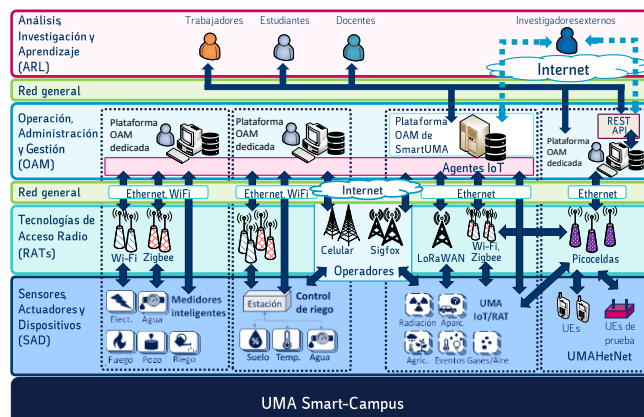


Figura 1. Esquema general de las diferentes infraestructuras y framework TIC de UMA Smart-Campus<sup>10</sup>.

La capa de Análisis, Investigación y Aprendizaje (ARL) se encuentra en el nivel superior. Se sustenta a partir de las diferentes infraestructuras y capas explicadas anteriormente. El análisis, procesado y gestión de la información proporcionada por el Smart-Campus es realizado e integrado por estudiantes, personal, profesores e investigadores externos en la plataforma OAM Smart-Campus. Este framework da coherencia a los diferentes despliegues IoT que forman UMA Smart-Campus, de los cuales, se describen los principales en las subsecciones siguientes.

### 3.1 Control de riego y medidores inteligentes

El nacimiento de la infraestructura de UMA Smart-Campus surgió a partir de la instalación de un conjunto de medidores inteligentes, sensores inteligentes y actuadores que miden múltiples magnitudes relacionadas con la administración, gestión y mantenimiento del Campus. Los dispositivos proporcionan información sobre el consumo eléctrico y del agua, así como el control de sistemas contra incendios y la planificación del riego del Campus. Estos dispositivos fueron provistos con un conjunto heterogéneo de tecnologías de comunicación (Wi-Fi, Zigbee y Ethernet) y se encuentran distribuidos por todo el campus, cada uno con su propia plataforma de OAM.

### 3.2 UMA Internet of Things – Radio Access Technologies Testbed (UMAIoT/RAT)

La plataforma UMA Smart-City IoT conocida como UMAIoT/RAT surge con el objetivo primordial de servir tanto de fuentes de datos masiva para las aplicaciones de Smart-city como para soportar la investigación en tecnologías de acceso radio (Radio Access Technologies, RATs) propias de IoT. Así, ésta contiene 120 nodos de sensores de carácter muy variado en cuanto a la propia sensorización (temperatura, humedad, calidad del aire...) como en las RATs usadas, incluyéndose WiFi, Bluetooth, LoraWAN, SigFox y Zigbee. Estos nodos de sensores han sido desplegados en una amplia zona (aproximadamente 2 km<sup>2</sup>) del campus universitario. Su arquitectura de red es de carácter capilar, combinada con múltiples pasarelas o gateways. En términos de recolección de datos, la misma se basa en una plataforma de gestión FIWARE, la cual sirve igualmente como sistema común para toda la capa OAM Smart-Campus, permitiendo una integración transversal de la información proveniente de los diferentes despliegues.

### 3.3 UMA Heterogeneous Network (UMAHetNet) - Infraestructura celular

Además, paralelamente a las plataformas mencionadas, existe desplegada actualmente una red LTE/WiFi interior de picoceldas completa. El sistema se implementa desde el core hasta la parte radio. Las estaciones base son 12 picoceldas BTS3911B. Dichas celdas disponen de su propio conjunto de herramientas de OAM, administradas directamente por el personal investigador al cargo. Sobre este interfaz inicial se ha desarrollado una REST-API (Representational State Transfer - Application Programming Interface) que permite llamar a sus funciones de monitorización y configuración de

manera remota, permitiendo su uso como “testbed-as-a-service” en proyectos cooperativos de investigación, incluyendo entidades externas a la UMA. Siendo el objetivo original de la UMAHetNet el ser un entorno de pruebas para la investigación en la gestión inteligente de comunicaciones celulares su uso ha sido extendido a la docencia de diferentes asignaturas, así como a servir como acceso radio a parte de los nodos de la UMAIoT/RAT.

#### 4. INICIATIVAS DE SMART-CAMPUS

En contraste con el enfoque clásico de la educación universitaria (más orientada a las clases magistrales y las disciplinas individuales), el proyecto UMA Smart-Campus plantea una metodología diferente, sustentada en la enseñanza interdisciplinar junto con proyectos cooperativos y transversales que necesitan de la cooperación de diferentes áreas del conocimiento para resolver problemas relacionados con los pilares de UMA Smart-Campus. Esta manera de proceder incentiva a investigadores y estudiantes a obtener una visión más integrada y compartida de la comunidad universitaria. Asimismo, las personas involucradas consiguen aprender sobre otros campos de a través de un proceso cooperativo y aplicado. Las infraestructuras existentes descritas anteriormente son empleadas con esta finalidad, sirviendo como base para proyectos actuales y futuros, así como para la creación de nuevos espacios, sistemas y plataformas, junto con la utilización del Campus como Urban-Lab. De esta manera, se crea un vínculo común entre los proyectos resultantes que otorga a la universidad un crecimiento como entidad cohesionada.

Actualmente se llevan a cabo una gran variedad de actuaciones enmarcadas en este tipo de proyectos de innovación educativa y de gestión. En las siguientes secciones se expondrán las acciones que actualmente se consideran principales: “Islas y Sendas Verdes” y el “Plan Propio de Smart-Campus”. Para todos ellos, la participación de la comunidad universitaria se evalúa en múltiples niveles, proporcionando información sobre los intereses y la motivación en Smart-Campus.

##### 4.1 Islas y Sendas Verdes

El concepto de Isla Verde hace referencia a zonas verdes que se encuentran cercanas a los edificios del Universitario que poseen la particularidad de ofrecer alternativas a déficits estructurales y funcionales. Por otro lado, las Sendas Verdes sirven como enlace y vínculo de unión con las Islas Verdes y centros que componen el Campus. En resumen, aportan soluciones espaciales que permiten a toda la Comunidad Universitaria disfrutar de zonas docentes al aire libre, espacios para trabajo en grupo y estudio, así como, lugares de descanso, y ocio. Actualmente se han desarrollado 3 ediciones de este proyecto con los que se han diseñado un total de 9 nuevas áreas verdes próximas a los diversos centros del Campus de Teatinos y Ampliación que proporcionan solución real a los requisitos y necesidades de los diferentes centros. En el curso 2019-2020 se llevará a cabo la IV edición del proyecto.



Figura 2. Imágenes que muestran el estado anterior de la zona elegida como Isla Verde (a.x) y el estado actual, tras llevar a cabo el diseño de Isla Verde (b.x).

La particularidad principal de estos lugares es que están diseñados por estudiantes apoyados por el PDI, así como el PAS. La metodología utilizada en el diseño de las Islas y Sendas Verdes<sup>8</sup> se basa en solventar las exigencias y peticiones de las personas que hace uso del edificio. Con este fin, se lleva a cabo un cuestionario que permitirá extraer las principales necesidades de los usuarios. Asimismo, se imponen una serie de requisitos básicos que deben cumplirse: debe respetarse e integrarse la vegetación existente, la vegetación propuesta debe ir en beneficio del aumento de la biodiversidad (apostando fundamentalmente por especies autóctonas de escaso mantenimiento) y deben crear microclimas que permitan alcanzar condiciones de confort térmico aprovechando los recursos y procesos naturales. La mayor parte del material empleado para la fabricación del mobiliario debe ser reciclado o reutilizado, además de contar con empresas de ámbito local que fomenten los procesos circulares. El espacio debe estar dotado de sensores inteligentes que permitan reconocer parámetros físico-ambientales del espacio y permitir optimizar su uso.

El proceso de realización del Proyecto Islas y Sendas Verdes puede dividirse en varias: Investigación de las necesidades y preferencias, distribución en grupos de las personas participantes (estudiantes, PDI y PAS), creación del diseño por parte de cada grupo, valoración del proyecto, ejecución. El campo de acción del diseño generado por los grupos participantes abarca soluciones estructurales y arquitectónicas (accesibilidad, ordenación del espacio, mejora climática, etc.), generación de mobiliario ecológico, inclusión de IoT, selección de vegetación, estudio físico-ambiental de la zona. En la Figura 2 puede realizarse un análisis comparativo del estado anterior y actual de una zona elegida como Isla Verde.

Según la encuesta de satisfacción realizada a las personas participantes un 88,89% de estudiantes indica que sería interesante que se siguiesen realizando proyectos de este tipo, además, un 70,37% señala que volvería a participar en el curso siguiente. Otro dato relevante es que el 85,19% de participantes denota que al colaborar en un proyecto como Islas Verde “Siento que al colaborar con este proyecto formo parte activa de mi Universidad”. Para esas mismas preguntas, el 100% del profesorado señala que sería interesante la realización de nuevas ediciones y que volverían a participar. Un 70% advierte que sería interesante integrar el proyecto en alguna de las asignaturas que imparte.

## 4.2 Plan Propio de Smart-Campus

Smart-Campus supone un excelente escenario para el desarrollo de proyectos transversales de carácter interno o externo a la Universidad de Málaga, en áreas de docencia, investigación, innovación y compromiso social, asimismo permite armonizar otras tareas desarrolladas por el Vicerrectorado de Smart-Campus vinculadas con la construcción, mantenimiento y adecuación de las infraestructuras, edificios y demás espacios universitarios, generando una visión común, con base en la sostenibilidad y en el empleo de las nuevas tecnologías<sup>8</sup>.

El Plan Propio de Smart-Campus de la Universidad de Málaga, enmarcado en el programa rectoral vigente, anualmente ofrece ayudas a grupos de investigación para la realización de actuaciones con las siguientes características:

- Temáticas relacionadas con las líneas estratégicas del UMA Smart-Campus, incluyendo eficiencia energética, movilidad sostenible, energías renovables, etc.,
- Implicación de la comunidad universitaria en la ejecución de proyectos multidisciplinares que integren la actividad académica con la transformación del campus, donde profesorado, estudiantes, investigadores y PAS trabajen juntos en su desarrollo, además de la posibilidad de colaboración de empresas.
- Vinculación de Trabajos de Fin de Grado y Máster y proyectos de I+D+i para el desarrollo del concepto de “UMA Smart-Campus”.
- Las actuaciones llevan asociadas la realización de un proyecto piloto/prototipo funcional en el campus. El prototipo debe ser replicable, tanto en el Campus como en otros puntos de cualquier ciudad.

La participación de la comunidad universitaria en proyectos interdisciplinares es una prioridad, por ello un requisito indispensable en estas ayudas es que los equipos participantes estén formados por al menos dos grupos de trabajo de diferentes áreas de conocimiento. Otro requisito necesario es que cada grupo debe incluir al menos dos estudiantes, lo que fomenta la participación del alumnado. También se estimula a las organizaciones y empresas a participar.

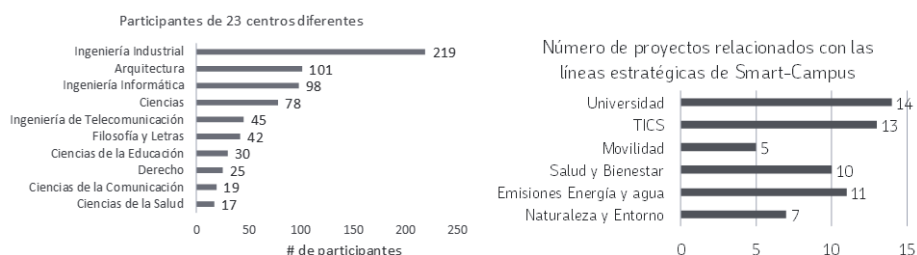


Figura 3. Gráfico que relaciona los proyectos del I Plan Propio de Smart-Campus presentados en la primera edición con la participación en relación con áreas de conocimiento (izquierda<sup>10</sup>), así como los proyectos seleccionados respecto las Líneas Estratégicas de Smart-Campus con las que están vinculadas (derecha).

En la primera convocatoria, se han registrado un total de 58 propuestas de proyectos, habiéndose seleccionado 18 de ellos para su ejecución (actualmente en grado de desarrollo). La inversión de la primera edición ha sido de 252.000€ en personal y 247.728€ destinados a la creación del prototipo del proyecto. En la Tabla 3 se resumen los proyectos seleccionados en la I edición. Todos ellos contarán con un prototipo operacional en el campus. El número de personas involucradas en los proyectos seleccionados asciende a un número total de 280. El grupo más numeroso lo conforma el Personal Docente e Investigador (PDI) con un porcentaje aproximado del 58% de personas participantes, a este sector le siguen los estudiantes

con un 38% de participación. Los proyectos además han dado lugar a diferentes contratos. Destacan las 41 plazas de prácticas extracurriculares para estudiantes de la UMA que han surgido gracias al Plan, además de los 11 puestos para contratos Técnicos. La Figura 3 muestra de forma explícita cómo los proyectos otorgados se alinean con las líneas estratégicas del Vicerrectorado de Smart-Campus, además de demostrar que la naturaleza interdisciplinaria de los proyectos se logró con éxito ya que participaron más de 17 áreas de conocimiento.

Tabla 3. Resumen de los proyectos seleccionados en la I Edición del Plan Propio de Smart-Campus de la UMA

Logo	Descripción
	El trabajo propuesto consiste en desarrollar un proyecto piloto para la instalación y monitoreo de colmenas en el UMA Smart-Campus. Se realizará una caracterización de polen de diferentes mieles “urbanas”, y se estudiarán las propiedades de los productos de abeja (miel y propóleos). Los datos de los sensores ayudarían a saber más sobre el comportamiento de las abejas dentro de las ciudades, lo cual es importante para la sostenibilidad de los ecosistemas urbanos.
	En la actualidad, el número limitado de lugares de estudio en las bibliotecas y otros espacios del campus, el número potencial de usuarios y la distancia entre ellos genera una gran escasez en los lugares de estudio. Esto crea la necesidad de ofrecer al usuario la certeza de que, después de realizar un viaje a las instalaciones del estudio, el usuario encontrará un espacio libre. Mediante el uso de técnicas novedosas, se propone desarrollar y administrar un dispositivo que consiste en vincular modelos de información de construcción (BIM) de espacios que requieren la reserva física de espacios
	El proyecto pretende realizar las siguientes acciones: medir, monitorizar y tratar los datos obtenidos de la calidad de aire interior a través del desarrollo e integración de instrumentación de medida y sistemas de comunicación. Las magnitudes que se medirán será la temperatura, humedad relativa y niveles de CO, CO <sub>2</sub> , y radón. Esto convertirá a la UMA en la primera Universidad Española en incorporar medidas de radón a un estudio de calidad de aire interior.
	El objetivo de este proyecto es definir un algoritmo de control inteligente que integre el funcionamiento de los elementos de sombra y el sistema de aire acondicionado de los edificios, optimizando el consumo de energía y garantizando el confort térmico y lumínico.
	El objetivo de este proyecto es conectar automáticamente la estación meteorológica instalada en el campus con el Sistema de riego actual utilizado por la UMA, de forma que se mejorará la eficiencia y sostenibilidad del campus, así como la vegetación existente.
	Los problemas abordados en este proyecto son aumentar la seguridad de los peatones en los cruces peatonales que no tienen semáforos (donde ocurren la mayoría de los accidentes) y capturar y transmitir información de los flujos vehiculares y peatonales.
	Se define como una construcción espacial semiconfinada, como espacio para la innovación docente, que permite impartir docencia en un lugar vinculado al paisaje, de una forma confortable y adaptativa, donde mediante el uso de sistemas activos y pasivos, unidos a la monitorización y control del espacio, se pueden crear unas condiciones climáticas y tecnológicas acordes al desarrollo de la actividad planteada.
	Según el informe mundial sobre la felicidad de 2012 (elaborado por la red de soluciones para el desarrollo sostenible de la ONU): “el desarrollo económico y tecnológico contribuye a la felicidad sólo en la medida en que vaya acompañado con un desarrollo a nivel social y ecológico”. Este proyecto ofrece la creación de un laboratorio que, de manera interdisciplinaria ofrecerá pautas para la mejora de la felicidad mediante el incremento de la interacción interpersonal y con la naturaleza.
	La solución propuesta en este proyecto consiste en un servicio web para la monitorización de las zonas verdes del campus, y su evolución en general, a través de la captación y análisis de imágenes de satélite Sentinel-2 del programa Copérnico de la UE. Este servicio se implementará a modo de piloto demostrador para dar soporte a la toma de decisiones, tanto para el personal de mantenimiento, como para la gestión y planificación gracias al uso de big-data.
	Se fundamenta en el huerto docente situado en la universidad donde se ensaya y estudia la gestión sostenible y calidad del agua y el suelo, control de hierbas, recuperación de espacios cultivados y compostaje, todo ello a través de la sinergia resultante del uso de técnicas tradicionales junto a nueva tecnología.
	Este proyecto propone el diseño y fabricación de una micro almazara de baja coste para la obtención de aceite de oliva aprovechando las aceitunas de los olivos propiedad de la UMA, además, se analizará la calidad del aceite. El diseño final podrá comercializarse a pequeñas fincas oliveras y cooperativas.
	El proyecto se basa en la creación de microintercambiadores solares inteligentes que permitirán mejorar la accesibilidad y movilidad del campus, así como, su descarbonización mediante el uso de e-bike, las cuales también permitirán obtener datos de la movilidad para su posterior estudio.
	El objetivo del proyecto es dar soporte TIC y dotar al campus de una infraestructura piloto para la gestión de la movilidad sostenible, promoviendo el uso del campus como un “urban-lab” donde se puedan poner a prueba nuevas ideas y conceptos innovadores relacionados con las infraestructuras de carga inalámbrica de vehículos eléctricos y los sistemas de gestión de energía de las smart-cities.



El propósito de este proyecto es desarrollar un prototipo de árbol tecnológico construido a partir de un sistema desmontable y transportable formado por materiales reutilizados. Será válido tanto para amabilizar el interior de los edificios, donde el árbol incluiría los elementos de soporte y riego de vegetación natural, como para crear espacios de sombra, descanso y trabajo al exterior. Los Smart-Trees integrarán sistemas de monitorización ambiental, generación de energías renovables y crearán puntos o nodos tecnológicos con conexión WIFI y recarga de dispositivos.



El objetivo principal es la elaboración de herramientas que permitan la recopilación de datos de los vehículos que acceden a diario al Campus Universitario con dos objetivos principales. En primer lugar, la caracterización de los patrones de conducción más frecuentes entre distintos lugares de residencia y el campus, así como dentro del propio campus, y en segundo lugar el análisis de los datos obtenidos para la generación de información que proporcione un feedback al conductor y a la administración, de forma que permita optimizar el uso del vehículo y mejorar el tráfico dentro, y en el entorno del campus.

## 5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

El despliegue de un campus inteligente suele realizarse progresivamente a través de diversos proyectos y oportunidades de financiamiento que comprenden años, esta situación provoca la coexistencia final de elementos TIC muy heterogéneos. Así, la planificación, despliegue, mantenimiento y explotación de un sistema extenso y heterogéneo de Smart-Campus es un proceso complicado que involucra a múltiples departamentos, sectores y grupos institucionales. Esta circunstancia obstaculiza el mantenimiento de una integración adecuada de todos los sistemas. La UMA ha abordado esta problemática a partir de la creación de un marco común de gestión y datos de IoT, permitiendo la explotación completa de los datos recopilados. La gestión y coordinación implica una gran cantidad de esfuerzo, donde el personal dedicado y capacitado es una necesidad. El análisis de la participación en las diversas actividades refleja un interés significativo en las mismas, especialmente si se proporcionan recursos para fines de investigación.

El escenario propuesto por UMA Smart-Campus enriquece el desarrollo de proyectos transversales de carácter interno o externo a las universidades, en áreas de docencia, investigación, innovación y compromiso social. Futuros trabajos evaluarán en detalle los resultados conseguidos por los proyectos enmarcados dentro de UMA Smart-Campus, estableciendo su impacto en la comunidad universitaria, en la docencia y en la investigación. Actualmente se está trabajando para lograr que exista una continuidad a lo largo del tiempo de este tipo de proyectos e iniciativas con el objetivo de evaluar los beneficios tanto a nivel educativo como en la gestión, sostenibilidad e infraestructuras de la Universidad. Por otro lado, se pretende potenciar el rol de la Universidad como Urban-Lab, para testear los prototipos obtenidos en estos tipos de proyectos, con el objeto de replicarlos a nivel ciudad, de modo que toda la población pueda beneficiarse de los resultados.

## REFERENCIAS

- [1] Ministerio de educación cultura y deporte, «Datos y cifras del sistema universitario español. 15/16» Madrid, 2016.
- [2] X. Zhihua, M. Xiaohe, S. Zixuan, S. Xingming, X. Neal N. y J. Byeungwoo, «Secure Image LBP Feature Extraction in Cloud-Based Smart Campus,» IEEE Access, vol. 6, pp. 30392-30401, 2018.
- [3] P. Sotres, J. R. Santana, L. Sánchez, J. Lanza and L. Muñoz, “Practical Lessons From the Deployment and Management of a Smart City Internet- of-Things Infrastructure: The SmartSantander Testbed Case,» IEEE Access, vol. 5, p. 14309–14322, 2017.
- [4] M. Gascó-Hernandez, “Building a Smart City: Lessons from Barcelona,» Communications of the ACM, vol. 61, no. 4, pp. 50-57, 2018.
- [5] E. C. a. F. A. Z. A. Ojo, “A Tale of Open Data Innovations in Five Smart-cities,» in 48th Hawaii International Conference on System Sciences, Kauai, HI, 2015.
- [6] Sari, M.W.; Ciptadi, P.W.; Hardyanto, R.H. Study of Smart Campus Development Using Internet of Things Technology. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering; IOP Publishing: Bristol, UK, 2017.
- [7] M. Alvarez-Campana, G. López, E. Vázquez, V. Villagrà y J. Berrocal, «Smart CEI Moncloa: An IoT-based Platform for People Flow and Environmental Monitoring on a Smart University Campus.,» Sensors, vol. 17, p. 2856, 2017.
- [8] Fortes, S., Santoyo-Ramón, J. A., Palacios, D., Baena, E., ... & Barco, R. (2019). The Campus as a Smart City: University of Málaga Environmental, Learning, and Research Approaches. Sensors, 19(6), 1349.
- [9] Fortes, S., Santoyo-Ramón, J. A., Palacios, D., Baena, E., Mora-García, R., Medina, M., ... & Barco, R. (2019). Líneas ambientales, de enseñanza e investigación de la iniciativa Smart-Campus de la Universidad de Málaga. XXXIV Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio URSI 2019. Sep 2019, Sevilla.
- [10] Universidad de Málaga, “Smart-Campus” [Online]. Available: <https://www.uma.es/smart-campus>