

**Interreg**  
**Sudoe**



European Regional Development Fund

## **Guía de replicabilidad del sistema SHCity**

Diciembre de 2018

SHCITY - SOE1/P1/E0332

- Versión 0.1 -

## Tabla de Contenidos

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introducción.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Visión general del sistema de gestión SHCity.....</b>          | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>Instalación del sistema SHCity en la ciudad de Ávila .....</b> | <b>8</b>  |
| <b>4</b> | <b>Demostración de la replicabilidad del sistema SHCity .....</b> | <b>15</b> |
| <b>5</b> | <b>Directrices generales para replicar el sistema SHCity.....</b> | <b>18</b> |

# 1 Introducción

El espacio SUDOE (sudeste de Europa) cuenta con muchos centros urbanos históricos con gran valor cultural y artístico que son elementos de identidad y factor de desarrollo económico local. Algunos de ellos tienen la consideración de Patrimonio de la Humanidad, y otros son reconocidos por reglamentaciones nacionales o regionales. Esa protección se refiere a aspectos urbanísticos con la intención de conservar los aspectos estéticos y funcionales de los conjuntos urbanos.

Los centros históricos están sufriendo una pérdida de habitantes pues las características de los mismos los hacen, muchas veces, inadecuados para cumplir los estándares de confort del siglo XXI, lo que da lugar a una degradación, tanto de edificios, como de calidad de vida, perdiendo así actividad económica y quedan, en ocasiones, como mero centro turístico. Por tanto, las Administraciones competentes necesitan de herramientas que permitan una gestión integral de los cascos históricos similares a las que se utilizan en las Smart Cities para revitalizar esas zonas urbanas de las ciudades.

Para minimizar estos problemas, en el proyecto se ha creado una solución tecnológica de gestión de centros históricos que ayuda a fomentar la conservación preventiva de los bienes patrimoniales (culturales y naturales), evitando su degradación, ya sea por el uso o la afluencia masiva de turismo cuando sobrepasa la capacidad de carga de los edificios o cascos históricos, por el paso del tiempo y los agentes atmosféricos, la contaminación, o el simple abandono del bien.

La solución desarrollada resuelve el problema de integrar los bienes patrimoniales y todo el conjunto histórico en el concepto de Smart City, dotando a edificios y espacios circundantes de tecnología útil (inteligencia de sistemas) que aporte información para facilitar la toma de decisiones por parte de las Administraciones Locales competentes. De esta manera se ahorran recursos públicos y el retorno de la inversión es más eficiente.

## 2 Visión general del sistema de gestión SHCity

La solución tecnológica desarrollada para la gestión de centros históricos se denomina sistema de gestión SHCity o, simplemente, sistema SHCity.

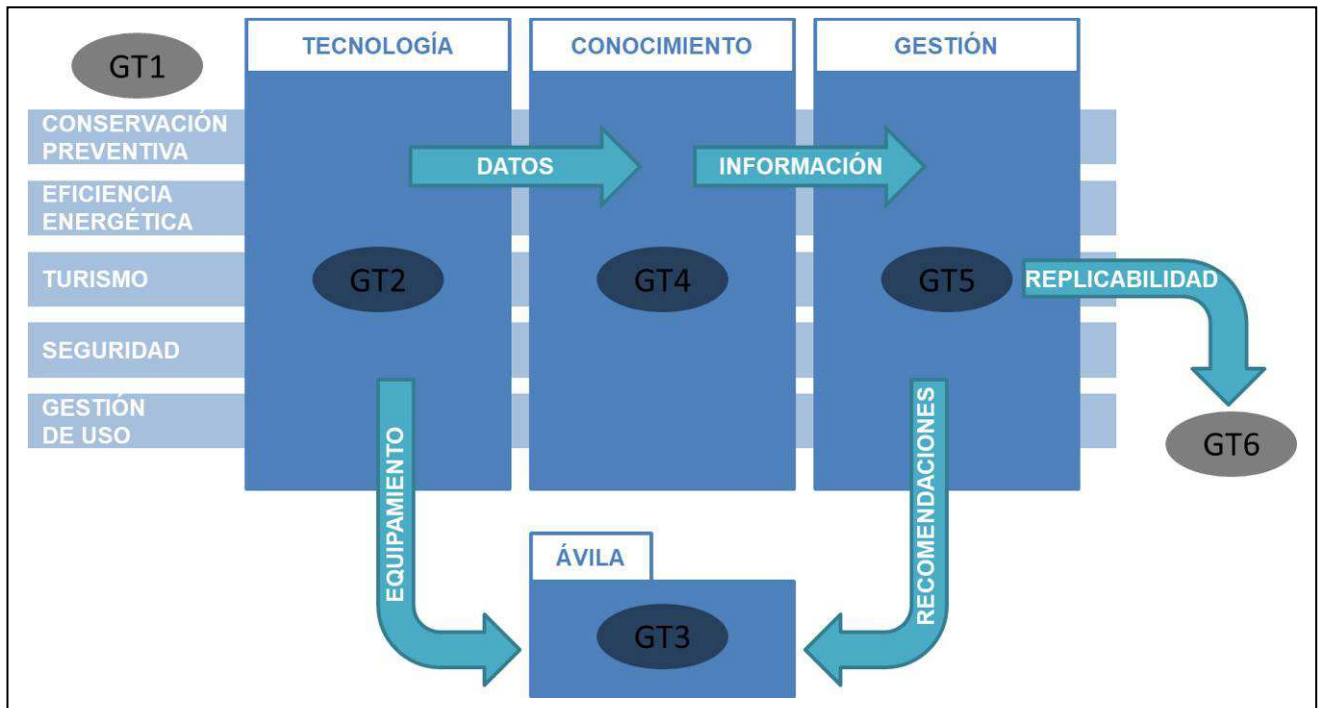


Figura 1. Diagrama de desarrollo del sistema SHCity

El sistema SHCity integra datos recogidos por redes de sensores desplegados en el conjunto urbano, a fin de controlar y responder a los elementos de riesgo naturales y antrópicos que afectan a los edificios y a su entorno, la gestión de consumos energéticos y el control y ordenación del flujo de visitantes. Esta solución tecnológica se basa en un conjunto de herramientas desarrolladas mediante el uso de las TIC y el conocimiento experto en diferentes campos relacionados con la gestión del patrimonio a escala urbana. Por tanto, permite una gestión más eficaz de los centros históricos y facilitarán su conservación, optimizando su coste.

Los principales resultados obtenidos en el proyecto son los siguientes:

- Una infraestructura de captación y almacenamiento de los datos, que integra innovadoramente sistemas de monitorización y actuación correspondientes a distintas plataformas tecnológicas. Esta infraestructura se ha diseñado para integrarse versátilmente

con otras plataformas ya instaladas (como Smart City Ávila) o futuras.

- Dos aplicaciones software para el control y gestión de los conjuntos históricos a escala urbana: una destinada a los turistas y otra a gestores del conjunto urbano
- Una herramienta software de gestión inteligente y toma de decisiones en formato Open Source, desarrollada a partir de la infraestructura de captación de datos y la gestión del conocimiento experto en tecnología y protección del patrimonio.

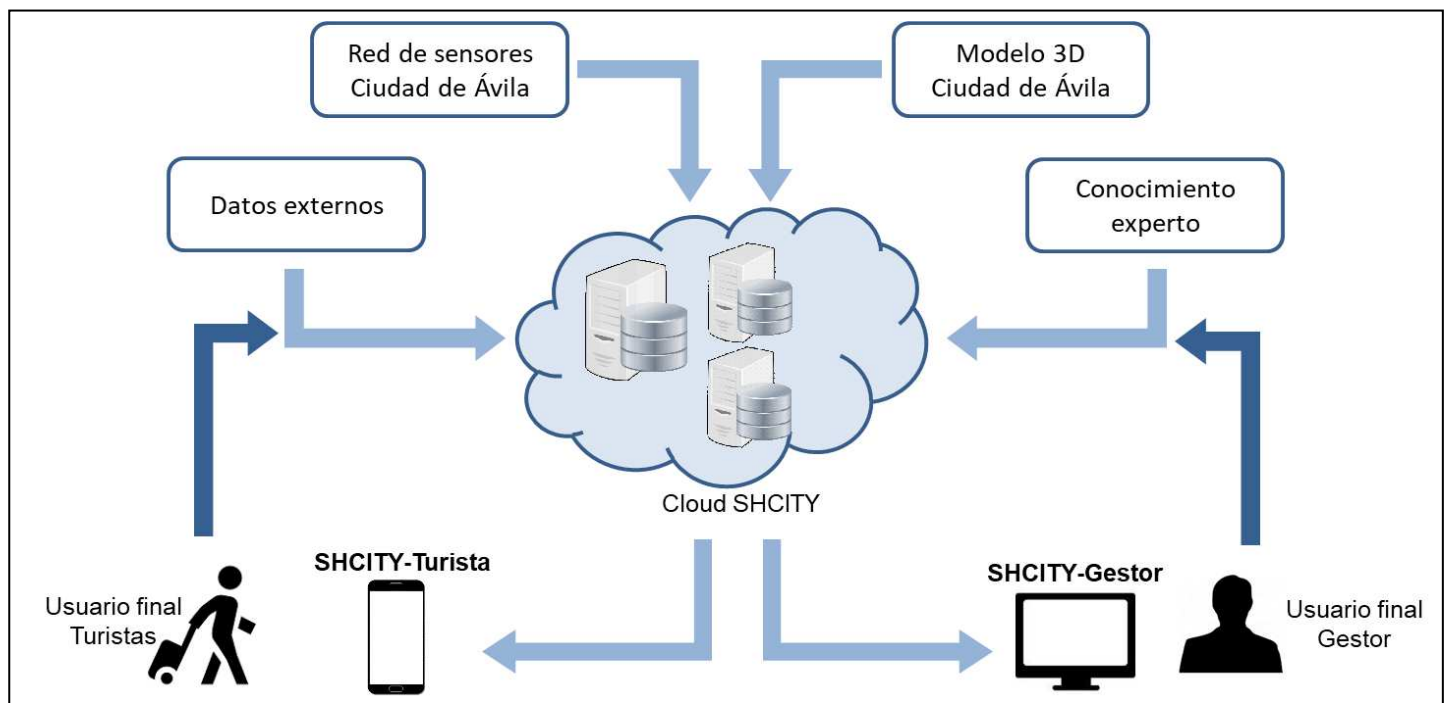


Figura 2. Diagrama de funcionamiento del sistema SHCity

Los datos obtenidos de las redes de sensores y equipos se registran y se muestran en una aplicación software llamada **SHCity-Gestor** que, por ejemplo, establece parámetros para evaluar aspectos clave como la efectividad del riego en zonas ajardinadas, el estado de la madera estructural, la eficiencia energética o la ordenación del flujo de visitantes, tanto en edificios como en sus entornos.

Otra aplicación (**SHCity-Turista**), destinada a turistas, aprovecha la información del SHCity-Gestor y le da un enfoque más divulgativo, orientado a concienciar a los visitantes y a la sociedad en general de la importancia de la adecuada preservación del patrimonio. Además, se han instalado dos paneles

interactivos, para que personas invidentes puedan tener acceso a determinados datos de interés.



Figura 3. Aplicación software para turistas (SHCity-Turista)



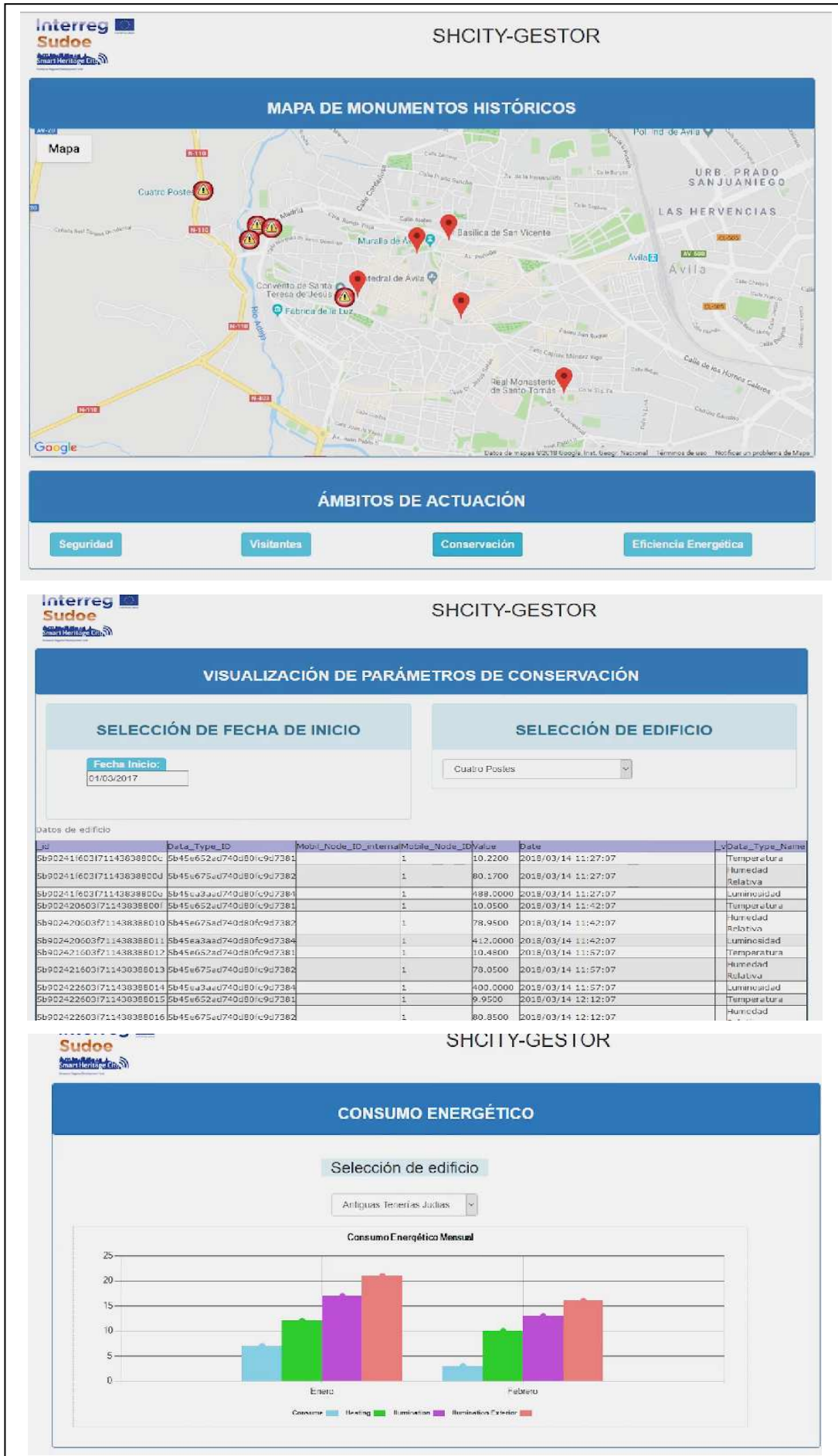


Figura 4. Aplicación software para gestores (SHCity-Gestor)

### 3 Instalación del sistema SHCity en la ciudad de Ávila

El sistema SHCity está instalado y en funcionamiento en la ciudad de Ávila, en concreto en 26 espacios del conjunto histórico de la ciudad (la muralla, la catedral, edificios singulares y calles). Para la instalación se eligió la ciudad de Ávila porque está declarada por la UNESCO Patrimonio Mundial. Por tanto, constituye un espacio idóneo para implantar una herramienta orientada a la gestión de conjuntos históricos.



Figura 5. Vista parcial de la muralla de Ávila

El sistema instalado está compuesto por una red de 230 sensores y dispositivos que controlan en tiempo real una veintena de parámetros ambientales o estructurales, así como otros relacionados con la seguridad, el consumo energético o el flujo de visitantes.

Los datos recogidos por los sensores se suman a los derivados de otros sistemas ya existentes, generando un flujo de información de más de 1.000 datos por hora, que facilitará el trabajo de los gestores, mejorando el diagnóstico y la toma de decisiones, mediante un conocimiento más preciso de los edificios y su entorno. La previsualización de los datos se realiza sobre un modelo 3D urbano.



Este sistema, entre otras funciones, permite medir el flujo de visitantes en algunos de los accesos de la muralla, registrar parámetros ambientales y estructurales para analizar el estado de conservación de edificios y su posible deterioro, determinar si la madera está expuesta a ataques de agentes xilófagos como termitas, carcoma y hongos, cuantificar la humedad y la resistencia mecánica de la madera, medir el consumo eléctrico y mejorar la iluminación donde se requiera, etc.



**Figura 6. Instalación y configuración de una estación meteorológica en un punto de la muralla de Ávila**

En la parte del proyecto relativa al entorno próximo, se miden parámetros como la humedad del suelo en parques y jardines, los niveles de radiación solar, las concentraciones de gases nocivos como CO, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>, etc., así como indicadores de alerta para esas variables.

El estudio de la luminosidad y la radiación UV permite conocer la incidencia de una fuente de luz sobre las superficies de los bienes patrimoniales y hace posible determinar posibles acciones dañinas para los materiales. En consecuencia, resulta interesante ejecutar este control en elementos críticos como lienzos, pinturas, murales o tapices. Las condiciones de iluminación son muy representativas de los deterioros superficiales y, en algunos casos, apuntan a otras patologías (humedades,

decoloraciones, colonias de insectos, etc.). Para controlar la presencia de agua en el terreno, se han dispuesto detectores de contenido de agua y conductividad, de modo que se analice el riesgo que supone el agua para los materiales arqueológicos.



**Figura 7. Instalación y configuración de un sensor de radiación solar y de un sensor de xilófagos y humedad de la madera en el palacio de Caprotti o Superunda. Este palacio del siglo XVI, de estilo renacentista, fue declarado en 1992 Bien de Interés Cultural con categoría de monumento**

En cuanto a la gestión de uso, se han instalado contadores de personas, que cuantifican el número de personas presentes en las distintas zonas del recinto amurallado. Este valor genera un indicador de riesgo de uso del recinto y constituye una herramienta muy útil para las autoridades en el caso de producirse aglomeraciones, o para los gestores de turismo, pues al estar instalado en los edificios más visitados puede informar sobre el estado de ocupación, tanto del edificio, como de sus accesos.



**Figura 8. Instalación de una cámara de conteo y un nodo repetidor en el Monasterio de Santo Tomás**

En cuanto a seguridad, el proyecto protege aquellos escenarios con mayores riesgos de intrusión y deterioro por acción humana. En estos espacios, redes de cámaras vigilan accesos no autorizados y emiten inmediatamente alarmas que avisan a la autoridad competente. En resumen, el sistema desarrollado es una red compleja de dispositivos de diversos campos que interactúan para ofrecer una visión holística de la conservación del conjunto histórico de Ávila a los gestores, y además proporciona útil información en tiempo real a las visitas turísticas y a los ciudadanos.

Entre las localizaciones más relevantes donde se ha instalado el sistema SHCity se encuentran monumentos como la basílica de San Vicente, la Catedral del Salvador, la iglesia de San Pedro, la iglesia de San Segundo la puerta del Alcázar, o el Real Monasterio de Santo Tomás. En todos ellos se miden las condiciones de



conservación del edificio y de los bienes que albergan. Además, en San Segundo, San Pedro y San Vicente, se registra la evolución estructural de elementos con deterioro, y que pueden suponer un riesgo.

En la puerta del Puente, la puerta de San Vicente y la puerta de la Santa están instalados los dispositivos de conteo de personas, habiendo, en la puerta de San Vicente, otro contador de vehículos que registra el tránsito de tráfico. Otros inmuebles históricos, como el palacio de los Verdugo, o el palacio Superunda contienen dispositivos de conservación ambiental, sensores de xilófagos y de humedad de la madera, cámaras de conteo y medidores de gases. Por su vulnerabilidad, en los restos arqueológicos de las Antiguas Tenerías Judías se ubican los sistemas de seguridad.

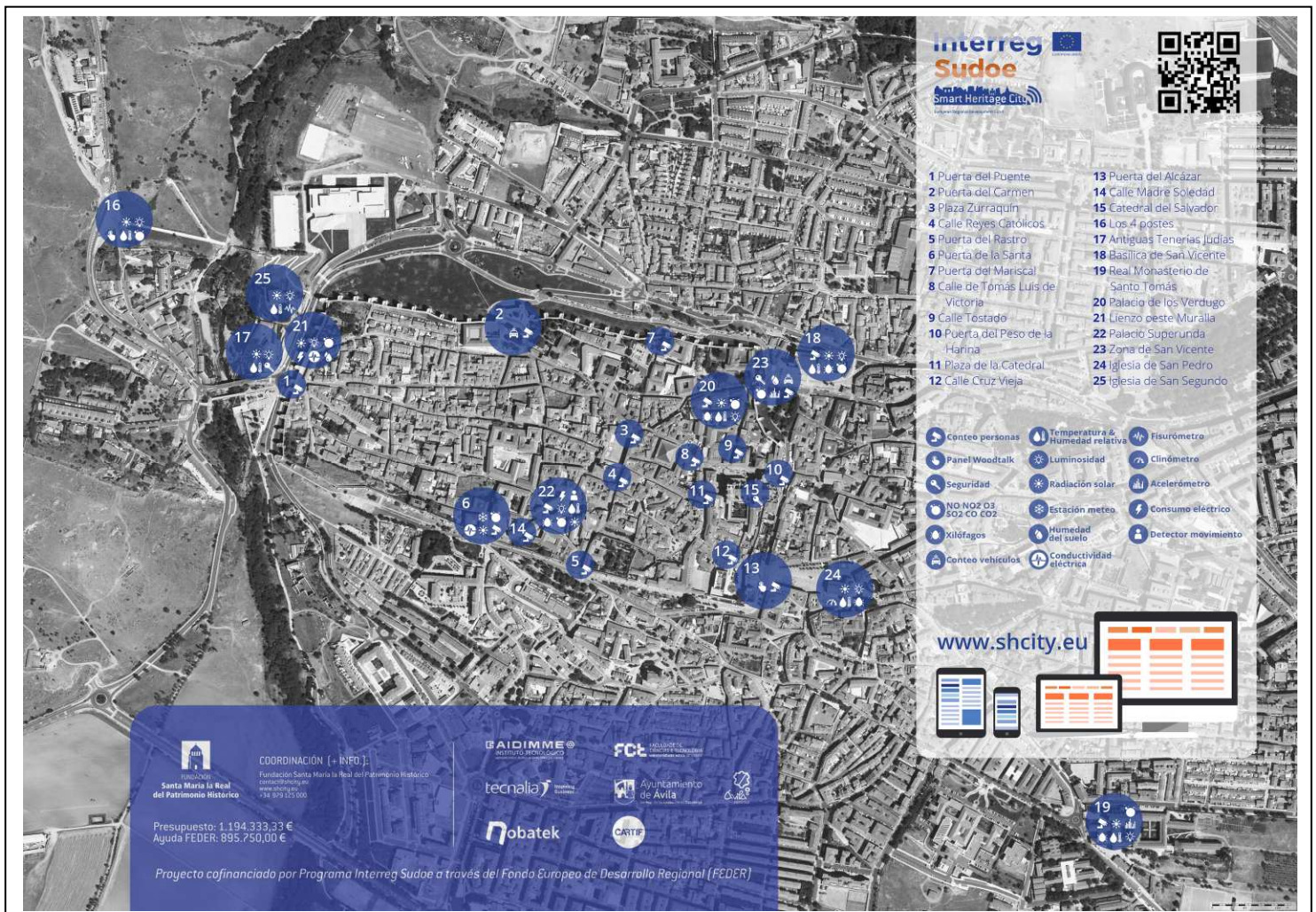


Figura 9. Mapa de los sensores y equipos del sistema SHCity



| <b>SENSORES Y EQUIPOS DEL SISTEMA SHCITY<br/>INSTALADO EN ÁVILA</b> | <b>UNIDADES</b> |
|---|-----------------|
| <b>Cámaras conteo de personas</b>                                   | 19              |
| <b>Cámaras conteo de vehículos</b>                                  | 2               |
| <b>Sensores de temperatura y humedad relativa</b>                   | 62              |
| <b>Sensores de humedad del suelo</b>                                | 5               |
| <b>Sensores de luminosidad</b>                                      | 28              |
| <b>Sensores de radiación solar</b>                                  | 10              |
| <b>Sensores de gases (NO, NO2, O3, SO2, CO, CO2)</b>                | 28              |
| <b>Estación meteorológica</b>                                       | 1               |
| <b>Fisurómetros</b>   | 2               |
| <b>Clinómetros</b>  | 2               |
| <b>Acelerómetros</b>  | 4               |
| <b>Sensores de xilófagos</b>  | 15              |
| <b>Proyector de imagen 2D</b>                                       | 1               |
| <b>Pinzas amperimétricas</b>  | 17              |
| <b>Sensores de conductividad eléctrica</b>                          | 2               |
| <b>Detectores de presencia</b>                                      | 3               |
| <b>Paneles woodtalk</b>   | 2               |
| <b>Seguridad</b>  | 3               |

Tabla 1. Sensores y equipos del sistema SHCity instalado en Ávila

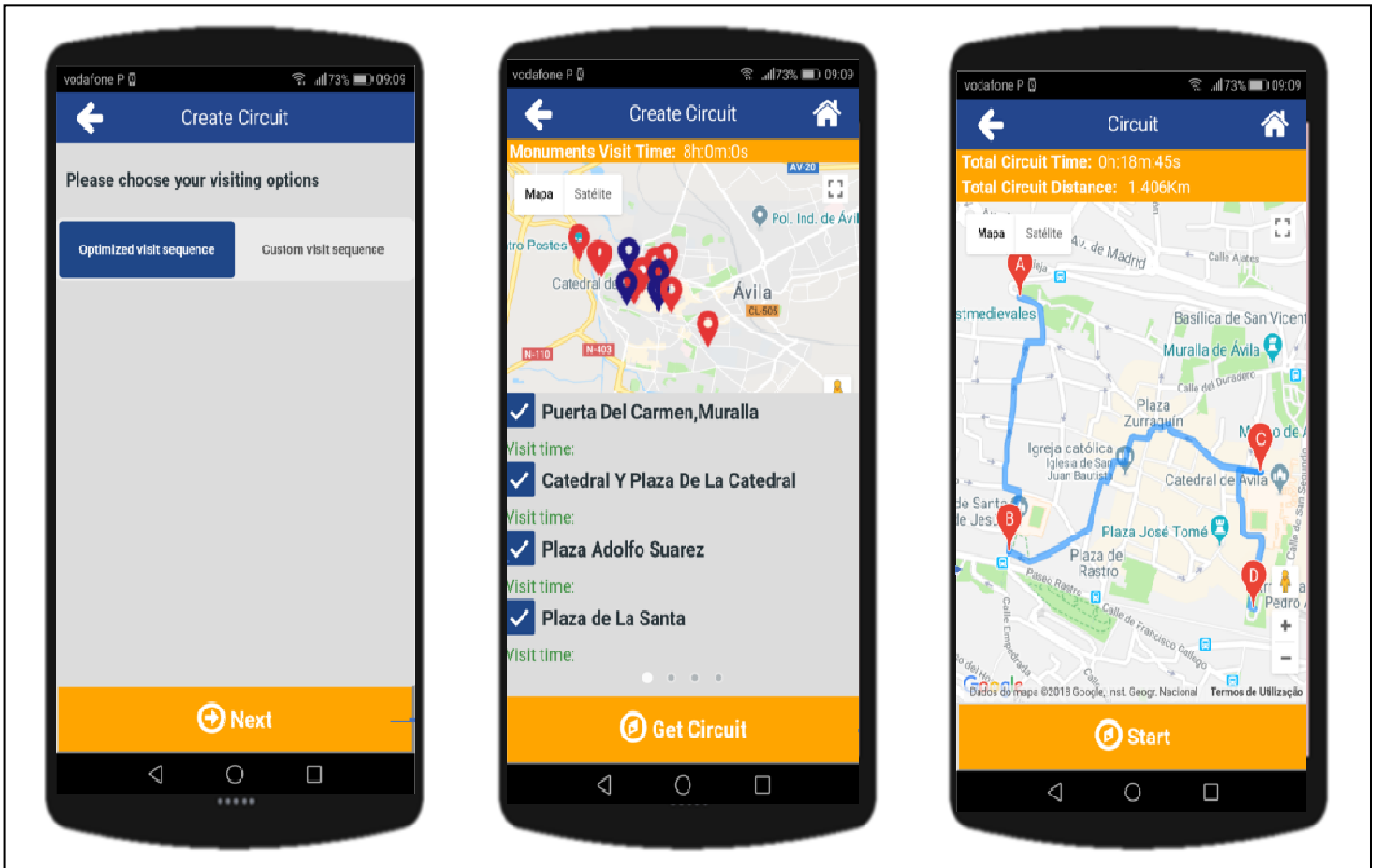


Figura 10. Optimización mediante SHCity-Turista de visitas turísticas. Se indica en tiempo real la mejor ruta para evitar colas.



Figura 11. SHCity-Gestor muestra el número de visitantes en un edificio y su variación.

## 4 Demostración de la replicabilidad del sistema SHCity

Durante el proyecto se ha analizado y evaluado la replicabilidad del sistema de gestión SHCity en 3 cascos históricos representativos del espacio SUDOE y pertenecientes a ciudades de España, Portugal y Francia.

En concreto, para el análisis y evaluación de la replicabilidad se seleccionaron los cascos históricos correspondientes a las siguientes poblaciones:

- Riba-roja de Túria (Comunidad Valenciana, provincia de Valencia, España)
- Saint-Emilion (Nouvelle-Aquitaine, département de la Gironde, Francia)
- Quinta da Regaleira (Sintra, Portugal)

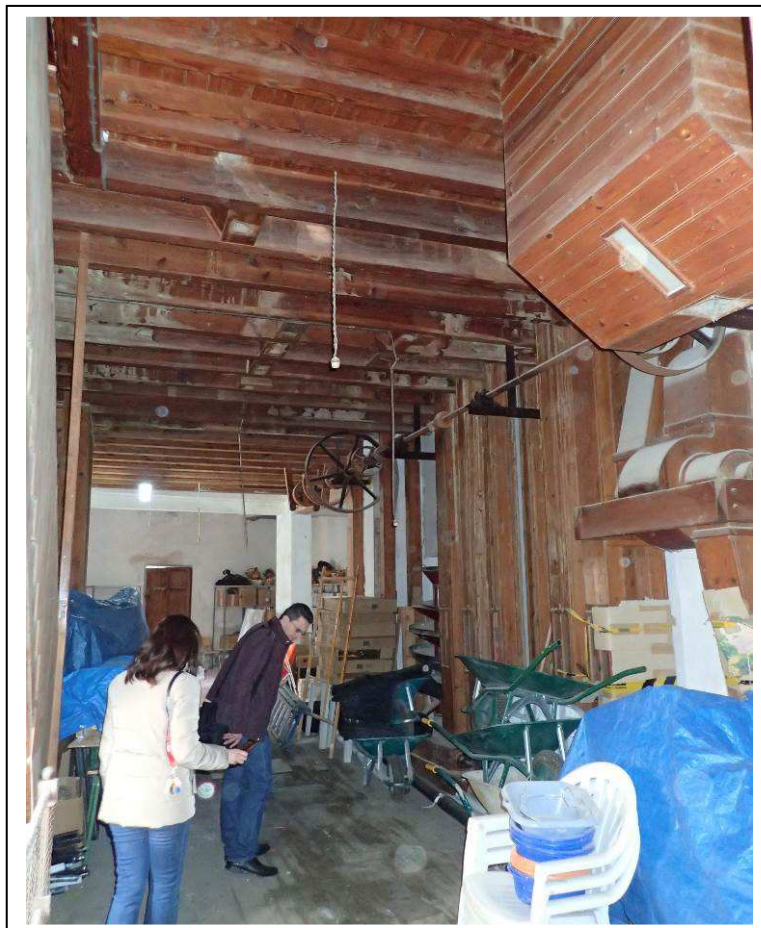


Figura 12. Antiguo molino de arroz de Riba-roja de Túria, con estructura de madera que necesita ser monitorizada.





Figura 13. L'Eglise Monolithe (Saint-Emilion) precisa contar el número de visitantes y medir el consumo eléctrico.



Figura 14. El Poço iniciático (Quinta da Regaleira) precisa sensores de humedad y fisurómetros.



En los tres casos de análisis, precisamente elegidos porque son muy representativos de las variadas condiciones geográficas, climáticas, culturales y turísticas del espacio SUDOE, todas las necesidades de gestión, tanto para turistas como para gestores, están consideradas por el sistema SHCity en su estado actual.

Esta conclusión resulta generalizable a otros cascos históricos del espacio SUDOE.

## 5 Directrices generales para replicar el sistema SHCity

Existen indudables particularidades geográficas, climáticas, culturales y turísticas en los centros históricos del espacio SUDOE. Sin embargo, como demuestran los resultados del anterior apartado, esas particularidades no imponen condiciones y limitaciones a la replicación general del sistema SHCity, que es lo bastante versátil para adaptarse a ellas.

Ahora bien, para replicar efectivamente el sistema SHCity en cualquier centro histórico del espacio SUDOE deben seguirse ciertas directrices, que se exponen a continuación.

### DIRECTRIZ 1

Debe considerarse desde el principio tanto la replicabilidad correspondiente a la parte de gestión del sistema como la correspondiente a la parte del turista.

### DIRECTRIZ 2

Se deben concertar visitas con los responsables de los núcleos patrimoniales de interés; debe recogerse información mediante formularios para gestores y entidades de interés (oficinas de turismo, por ejemplo); deben realizarse visitas de campo con el fin de comprobar detalles y verificar respuestas.

Por último, la documentación generada debe ser revisada por los gestores y entidades de interés para garantizar que responde a las necesidades del núcleo patrimonial y que no se olvida ningún aspecto importante.

### DIRECTRIZ 3

Para replicar el sistema SHCity en la parte de gestión deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos, correspondientes, en gran medida, a estructuras y materiales:

- a) Lugares/edificios/áreas que interesa controlar o gestionar.
- b) Superficie ocupada por el conjunto de los lugares o edificios a controlar
- c) Tipos de materiales empleados en ellos: piedra, metal, madera, yeso, argamasa, etc.

- d) Tipos de problemas/defectos observados: inundaciones, humedades, calor o frío excesivo, grietas, cambios de color, manchas, piedra helada, restos salinos, corrosión, hongos o insectos xilófagos en la madera, hongos cromógenos en la madera, falta o exceso de iluminación o radiación solar, contaminación, vandalismo, consumo energético excesivo, etc..
- e) Intereses del gestor: temperatura ambiente, humedad relativa ambiente, irradiación de luz (natural o artificial), consumo energético, calidad del aire (presencia de gases contaminantes), vandalismo, seguridad, regulación del tráfico (personas y vehículos), conteos de visitantes, alojamientos disponibles, recorridos y flujos de visitantes dependiendo de las estaciones y los horarios, usos inadecuados, etc.
- f) Aspectos que deben vigilarse en materia de seguridad, climatología, salud ciudadana y acciones de vandalismo: control de aglomeraciones, límites de vehículos, usos inadecuados, etc.
- g) Infraestructura de comunicación de la que dispone el centro histórico: caminos, senderos, puentes, etc.
- h) Forma más útil para el gestor de visualizar y acceder a los datos: informe mensual, informe diario, visualización de datos en tiempo real, visualización de alertas y avisos en tiempo real, etc.

#### **DIRECTRIZ 4**

Para replicar el sistema SHCity en la parte de turistas deben considerarse los siguientes aspectos:

- a) Lugares y edificios más visitados.
- b) Tiempo medio de visita para cada lugar o edificio.
- c) Rango de número de visitantes al día para cada lugar o edificio.
- d) Intereses habituales de los turistas:
  - 1) Concentración de turistas en un momento dado.
  - 2) Optimización de trayectos entre los lugares a visitar.
  - 3) Lugares o edificios que son gratuitos para todo el público o bien para determinados colectivos (estudiantes, jóvenes, jubilados).
  - 4) Horarios de apertura y cierre
  - 5) Coste de la entrada.

- 6) Día en que la entrada es gratuita.
  - 7) Duración media de la visita.
  - 8) Información del lugar (datos históricos, por ejemplo).
  - 9) Eventos especiales previstos (exposiciones, ...)
  - 10) Condiciones climatológicas actuales y predicción para una semana.
  - 11) Riesgos climatológicos próximos.
  - 12) Otros
- e) Herramientas consideradas más útiles para informar a los visitantes de una ciudad: aplicaciones de dispositivos móviles, páginas web, carteles informativos o paneles interactivos en ubicaciones relevantes, paneles interactivos e informativos en tiempo real, etc.
- f) Intereses del gestor.