



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

*Patrac*



UNIÓN EUROPEA  
FONDO EUROPEO DE  
DESARROLLO REGIONAL  
UNA MANERA DE HACER EUROPA



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

Número monográfico especial

**"PATRAC. "Patrimonio Accesible: I+D+i para una cultura sin barreras".  
Proyecto Singular y Estratégico, PSE-380000-2009-2.**

**Cofinanciado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) dentro del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación**



**Año V | Número 13 junio 2010**

**ISSN on-line: 1886-4805 ISSN papel: 1887-7052**

**Depósito Legal: B.43924-2006 Marca registrada**

**Director:** Josep Roca Cladera (UPC, Barcelona)

**Responsable de Redacción:** Carlos Marmolejo Duarte (UPC, Barcelona)

**Coordinadora de Redacción:** Magda Ulied i Seguí (UPC, Barcelona)

**Adjunto a la redacción y web manager:** Pau Queraltó i Ros  
(UPC, Barcelona)

**Coordinadores especiales:** Rolando Biere Arenas, Pau Queraltó i Ros

**Consejo científico:**

Horacio Capel Sáez (Univ. de Barcelona)

Manel Guardia Bassols (UPC, Barcelona)

Pilar García Almirall (UPC, Barcelona)

Rafael Serra Florensa (UPC, Barcelona)

Daniel González Romero (Univ. de Guadalajara, México)

Hector Gaete Feres (Univ. del Bio-Bio, Chile)

Jean-Paul Laborie (Univ. Toulouse Le Mirail, Francia)

José Antonio Pereira Tenedorio (Univ. Nova da Lisboa, Portugal)

Luigi Fusco Girard (Univ. Federico I de Nápoles, Italia)

Pedro Abramo Campos (Univ. de Rio de Janeiro, Brasil)

Riccardo Roscelli (Politécnico de Torino, Italia)

**Comité editorial:**

Montserrat Moix Bergadà (*web master*, UPC, Barcelona)

Malcolm Burns (UPC, Barcelona)

Rolando Biere Arenas (UPC, Barcelona)

Alejandro Marambio Castillo (UPC, Barcelona)

Bahaaeddine I. Al Haddad (UPC, Barcelona)

Helena Coch Roura (UPC, Barcelona)

Xavier Carceller i Roque (UPC, Barcelona)

**Corresponsales:**

Blanca Arellano Ramos (México Noroeste)

Demetrio Muñoz (Países Bajos)

Esperanza Durán de Gámez (Colombia)

Jesús Fitch Osuna (México Norte)

Carlos Aguirre Nuñez (Chile)

Michael Oxley (Reino Unido)

Susana Ruiz (País Vasco y Navarra)

**Editores adjunto:**

Montserrat Moix Bergadà (UPC, Barcelona)

Francesc Valls Dalmau (UPC, Barcelona)

Blanca Gutiérrez Valdivia (UPC, Barcelona)

Yraida Romano Grullón (UPC, Barcelona)

Manuel Ruiz Lineros (UPC, Barcelona)

**Apoyo administrativo:**

Carme Salvat Andrés (Administradora)

Esther Balboa Gómez (Secretaria)

## Contacto

---

### TELEMÁTICO

---

<http://www-cpsv.upc.es/ACE/MenuEsp.htm>

Coordinación redacción: Magda Ulied

magda.ulied@upc.edu  
ace.cpsv@upc.edu

Teléfono

+(34) 93 405 43 84

Fax

+(34) 93 333 09 60

### POSTAL

---

Avda. Diagonal, 649, 4ª planta 08028, Barcelona, España

## Índice

---

### Editorial

---

Patrimonio Accesible: I+D+I para una cultura sin barreras (PATRAC) 7  
[María Ramírez Díaz de Mendoza](#)

### Monográfico especial

---

Justificación de la necesidad de accesibilidad universal en los bienes de interés cultural: de derecho a valor 13  
[Fernando Alonso López](#)

Evaluación de los niveles de accesibilidad en los entornos patrimoniales 41  
[Consuelo Del Moral Ávila y Luís Delgado Méndez](#)

Herramienta para el diagnóstico de la accesibilidad en entornos de patrimonio histórico, en base a escaneado láser y realidad virtual: ACCDE1.0 61  
[Rolando Biere Arenas y Aitziber Egusquiza Ortega](#)

Una aproximación semántica a sistemas de información 3D para la resolución de problemas de accesibilidad en patrimonio construido 91  
[Javier Finat, et. al.](#)

Lugares intermedios de accesibilidad: metodología integrada de diagnóstico y solución de barreras de accesibilidad física y criterios de comprensión e identificación a todas las escalas del patrimonio 111  
[Joaquín Ibáñez Montoya, Graziella Trovato y Ainhoa Díez de Pablo](#)

Accesibilidad horizontal: contribución de nuevos pavimentos Cerámicos 127  
[Marta Valero Martínez, et. al.](#)

Nuevas formas de accesibilidad a través de una aplicaciones con realidad virtual y aumentada en el Museo Marítimo de Barcelona: proyecto PATRAC, subproyecto 3. 145  
[Alejandro Marambio, et. al.](#)

Herramienta de cálculo de rutas óptimas según parámetros de accesibilidad física en itinerarios urbanos 161  
[Pau Queraltó Ros y Francesc Valls Dalmau](#)

## Sección de tesis y tesinas

---

- Hacia una media integrada del factor de localización en la valoración residencial: el caso de Mazatlán 185  
[Iván Humarán Nahed y Josep Roca Cladera](#)

## Sección de notas

---

- Posibles reformas en la política de vivienda holandesa 219  
[Demetrio Muñoz Gielen](#)
- Methodology to reconstruc virtual cities from the past 223  
[Francisco Muñoz Salinas y Pilar García Almirall](#)

## Abstracts

---

- Resúmenes de los artículos en inglés 237

## Editorial

---

### **PATRIMONIO ACCESIBLE: I+D+I PARA UNA CULTURA SIN BARRERAS (PATRAC)**

La riqueza patrimonial que tiene España es enorme y muy variada, siendo el segundo país del mundo en número de monumentos, y el primero en número de lugares considerados como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO<sup>1</sup>. La conservación del Patrimonio está comenzando a dar un importante giro hacia la gestión integral del patrimonio cultural y de su entorno. Este cambio de tendencia conlleva que, además de las propias tecnologías que aseguren su correcta restauración y conservación, se ponga énfasis en la utilización futura del mismo y en su puesta en valor en todas sus dimensiones (social-económica-medioambiental) y en todas las escalas (edificio-ciudad-territorio)<sup>2</sup>.

El presente número monográfico de ACE titulado "PATRIMONIO ACCESIBLE: I+D+I PARA UNA CULTURA SIN BARRERAS (PATRAC)" repasa alguna de las actividades más importantes que se vienen desarrollando desde el año 2007 en el marco de este proyecto Singular y de carácter Estratégico cofinanciado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) y el fondo de ayudas europeas FEDER. La idea del proyecto PATRAC surgió de las necesidades identificadas por la línea estratégica de patrimonio cultural de la Plataforma Tecnológica Española de la Construcción y su objetivo global es el desarrollo de estrategias, productos y metodologías para facilitar el acceso, contemplación y captación de contenidos del Patrimonio Cultural Español de forma no discriminatoria y que resulten compatibles con las exigencias del monumento. Todo ello partiendo de una estrategia de intervención en la edificación y el Patrimonio Arquitectónico para su rehabilitación, conservación y explotación bajo el marco común del Diseño para todos.

Para la realización del proyecto se constituyó un equipo formado por diversas empresas e instituciones con perfiles complementarios y cuyo consorcio está formado en la actualidad por GEOCISA como coordinador del proyecto, LBEIN como coordinador científico así como por Instituto de estudios europeos (ACCEPLAN-UAB), ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, AZTECA SERGRUP, B&J ADAPTACIONES, Delgado del Moral Consultores (DDM Consultores), IBERMÁTICA,

---

<sup>1</sup> <http://whc.unesco.org/en/list/>

<sup>2</sup> Plataforma Tecnológica Española de Construcción. Documento de Visión 2030 y Agenda Estratégica de Investigación (2005).

Instituto Iberoamericana de la Innovación (I3b), ANDAMIOS IN, ILITIA TECHNOLOGIES, Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), Fundación ITMA, ORONA, ORONA EIC, Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y Universidad de Valladolid (UVA).

Las obras y los edificios patrimoniales son un legado de todos, pero no son accesibles a la totalidad de la población. El concepto de **Diseño Universal** aborda el diseño de productos y entornos de manera que puedan ser utilizados por el mayor número de personas, sin necesidad de adaptación o diseño especializado. La **Accesibilidad Universal** implica la incorporación de las tecnologías que permiten que un entorno, bien, producto o servicio sea comprensible, utilizable o transitable para cualquier persona en condiciones de seguridad y comodidad y de la forma más autónoma y natural posible con independencia del grado o tipo de pérdida de habilidad de ésta. Al plantear soluciones orientadas a la mejora de la accesibilidad se entra en conflicto en numerosas ocasiones con aspectos ligados a la preservación de las características formales y el valor histórico del edificio. El reto está en integrar la relación entre accesibilidad y conservación en el contexto del edificio en sí, su valor histórico-cultural y el servicio que proporciona.

PATRAC entiende por estrategia de accesibilidad al conjunto de medidas, protocolos y tecnologías de intervención sobre los Bienes de Interés Cultural orientados a proporcionar desde el origen de la actuación (rehabilitadora, conservadora o de preparación para su uso o visita) un diseño, servicio y gestión inclusivos para todas las personas. La estrategia de accesibilidad que se pretende proponer mediante este proyecto, parte de la base de que las intervenciones que se efectúen deben de estar concebidas de forma que:

- no resulten discriminatorias para ningún colectivo con problemas de accesibilidad
- sean compatibles con la herencia cultural del patrimonio
- adquieran la mayor funcionalidad desde el punto de vista de la visita: movilidad, usabilidad, captación de información, seguridad, etc.
- contribuyan positivamente al mejor conocimiento y disfrute de todos los visitantes, así como a la eficiencia en la gestión y explotación del edificio/conjunto monumental

En este número monográfico de ACE se han incluido 8 artículos en los que se resumen algunos de los resultados más importantes obtenidos a lo largo del proyecto como son:

- Los estudios realizados sobre la **evaluación de los niveles de accesibilidad** en los entornos patrimoniales y sobre **sistemas de escaneado laser y realidad virtual** que se han implementado en la **herramienta para el diagnóstico de accesibilidad** de entornos de patrimonio histórico.
- **Sistemas de información 3D** para la resolución de problemas de accesibilidad en patrimonio exponiendo las líneas maestras de una ontología específica que permite gestionar sistemas de
- documentación 3D y sistemas de información desde el punto de vista de la accesibilidad.
- **Metodología integrada de diagnóstico y solución de barreras** de accesibilidad física mediante productos existentes o desarrollados a lo largo del proyecto.
- Como ejemplo de producto desarrollado en el proyecto, un **sistema modular para la mejora de la accesibilidad horizontal** mediante nuevos pavimentos cerámicos.
- **Sistema de inteligencia ambiental** basado en una arquitectura de servicios distribuidos, una plataforma móvil y la adaptación del entorno patrimonial. Dentro de esta herramienta, se han implementado **aplicaciones con realidad virtual y aumentada** en concreto en el Museo Marítimo de Barcelona.
- El **método de cálculo de rutas óptimas** según parámetros de accesibilidad física en itinerarios urbanos como uno de los desarrollos implementados en el **sistema integrado de apoyo a la toma de decisiones**. Este sistema, desarrollado como objetivo final del proyecto, pretende ser un instrumento para la mejora de la accesibilidad en el patrimonio, facilitando criterios, conocimiento y herramientas que posibiliten una planificación integral de las actuaciones a los usuarios finales del mismo que son los agentes que tienen la responsabilidad de intervenir en el bien patrimonial.

En el primero de los artículos titulado **Justificando la necesidad de accesibilidad universal en los bienes de interés cultural: de derecho a valor**, Fernando Alonso analiza cómo la mejora de la accesibilidad está pasando de ser una obligación para con las personas con discapacidad a un requisito de buen diseño y calidad de uso significando un incremento de valor que puede redundar en beneficios directos e indirectos de distinto tipo. Tal y como se explica a través de un mejor diseño y adaptación específica se puede conseguir que la visita a los bienes de interés cultural o patrimonio sea un beneficio para todos favoreciendo que el diseño universal sea cada vez más un requisito básico. Todo ello debe llevar a realizar cambios, investigar y desarrollar tecnologías que posibiliten la accesibilidad universal a los bienes de interés cultural. Se repasan los argumentos legales y finalmente las consecuencias económicas y sociales de la mejora de la accesibilidad analizando los datos demográficos y del mercado turístico que justifican la racionalidad de esas mejoras.

Consuelo del Moral Ávila y Luis Delgado Méndez resumen el estudio realizado para la **evaluación de los niveles de accesibilidad en los entornos patrimoniales**. La elaboración de un método de diagnóstico de la accesibilidad adecuado a las condiciones singulares de los entornos patrimoniales ha permitido incluir la evaluación de la accesibilidad en un "análisis multicriterio" más amplio que el empleado hasta ahora. El diagnóstico de la accesibilidad no ha estado tradicionalmente presente en los procesos de intervención y para que se pueda incluir es necesario adecuar los requerimientos básicos de accesibilidad al método de diagnóstico a utilizar. Se han utilizado los requerimientos derivados de las normas UNE ponderándolos. Así se permite "calificar" cada elemento o espacio del recinto o entorno con un determinado nivel. Los niveles de accesibilidad se han establecido, además de genéricamente, por tipos de discapacidad. La metodología se divide en dos fases. La primera es la recogida de datos que responde a un sistema de tres niveles: estructura de datos, tipo de elementos (puerta, escalera, ascensor, etc.) y características de éstos (ancho libre, pendiente, pasamanos, etc.). La segunda es el tratamiento de los datos que responde a la utilización de los pesos específicos de las características de cada elemento y la definición de rangos de medición para cada uno de los tres niveles de accesibilidad establecidos (obstáculo, facilitador no cómodo, facilitador) y, todo esto, para cada tipo de discapacidad: movilidad, visión y audición y para la accesibilidad universal.

Rolando Biere Arenas, Aitziber Eguisquiza y José Luis Izkara describen en el artículo titulado **Herramienta para el diagnóstico de accesibilidad de entornos de patrimonio histórico, en base a escaneado laser y realidad virtual: ACC3DE1.0**, una metodología para la evaluación de la accesibilidad en edificios y entornos patrimoniales utilizando técnicas nuevas como las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), explícitamente nubes de puntos obtenidas mediante escáner láser y los

Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta metodología se ha implementado en las herramientas ACC3DE 1.0 y 1.5 para el diagnóstico de la accesibilidad a nivel edificio y nivel urbano respectivamente, prototipos desarrollados a lo largo del proyecto PATRAC.

En el artículo titulado **Una aproximación semántica a sistemas de información 3D para la resolución de problemas de accesibilidad en patrimonio construido**, el equipo dirigido por Javier Finat presenta una solución para integrar sistemas de documentación, información y gestión correspondientes a intervenciones a realizar en patrimonio, exponiendo las líneas maestras de una ontología específica que permite gestionar este tipo de sistemas desde el punto de vista de la accesibilidad. Tal y como se explica las cuestiones más importantes a resolver afectan a la interoperabilidad entre herramientas y funcionalidades.

En el artículo titulado **Lugares intermedios de accesibilidad: metodología integrada de diagnóstico y solución de barreras de accesibilidad física y criterios de comprensión e identificación a todas las escalas del patrimonio**, se resumen los trabajos realizados por el Grupo de Investigación Paisaje Cultural de la Universidad Politécnica de Madrid encabezado por Joaquín Ibáñez y con la colaboración de Graziella Trovato y Ainhoa Díez de Pablo. Su objetivo final ha sido la definición de criterios que sirvan de guía para la intervención en el patrimonio, garantizando su accesibilidad física y ayudando a su comprensión y a la identificación en todas las escalas. En el artículo se explican las bases de la metodología para la detección y solución de barreras desde la escala del monumento, su interior y entorno, hasta la escala de los conjuntos y lugares, así clasificados por la UNESCO. La metodología se compone en dos fases; la primera de detección de las barreras a través del uso de tablas en las que se cruzan los resultados de investigaciones anteriores dentro del proyecto y que se han comentado en el artículo anterior y la segunda de solución de estas barreras a través de catálogos de productos existentes y de otros desarrollados a lo largo del proyecto mediante tablas en las que a las características de cada producto se acompañan sus posibles adaptaciones. En la segunda parte del artículo se explican los criterios de selección, adaptación y gestión de la información de apoyo a la comprensión del bien patrimonial definidos a través de una herramienta de guiado, apoyo a la comprensión e interacción que permite completar la experiencia del entorno patrimonial cuando ésta se ve dificultada por problemas físicos o cognitivos.

Marta Valero y otros, en su artículo **Accesibilidad horizontal: contribución de nuevos pavimentos cerámicos**, describe el sistema desarrollado por IBV, AZTECA y ACCIONA de pavimentación sobreelvdado, modulable, removible y autoportante capaz de permitir una deambulaci3n horizontal con ligeros cambios de nivel, con la propiedad de ser f3cilmente montable y desmontable y de manera que la intervenci3n respete las caracter3sticas del edificio hist3rico.

El suelo técnico diseñado consiste en perfiles de baja deformabilidad realizados en materiales compuestos, sistema de tornillos graduables y baldosas compuestas de cerámica y laminado de lata presión.

En el artículo **Nuevas formas de accesibilidad a través de unas aplicaciones con realidad virtual y aumentada en el museo marítimo de Barcelona**, Alejandro Marambio Castillo, Juan Corso Sarmiento, Jennifer Lucena Salas y Josep Roca Cladera describen la metodología de trabajo desarrollada desde la creación del modelo 3d del Museo Marítimo de Barcelona y la incorporación de aplicaciones de realidad virtual y aumentada para la mejora de la accesibilidad, así como la experiencia museística de un usuario en silla de ruedas. Además se plantean tres formas innovadoras de accesibilidad: panoramas de alta resolución, realidad virtual y etiquetas inteligentes a través de realidad aumentada. En este trabajo se presentan dos procesos: la construcción de un modelo 3d con alta precisión mediante el uso del escáner láser terrestre y su modelado en 3d; y la aplicación de realidad virtual en la que interviene un motor gráfico para la navegación en estereoscopía en tiempo real y su interacción con dispositivos físicos. Finalmente se plantea una discusión sobre los conceptos de interacción planteados para el uso de esta tecnología, en usuarios con movilidad reducida.

El diseño de un **sistema integrado de apoyo a la toma de decisiones (ACC3DE 2.0)** ha sido el objetivo final del proyecto, sistema que proporciona al responsable de planificar las mejoras de la accesibilidad en entornos patrimoniales una herramienta para decidir la solución óptima según criterios de accesibilidad universal, respeto al patrimonio y viabilidad económica. Pau Queraltó i Ros y Francesc Valls Dalmau explican en el artículo titulado **Herramienta de cálculo de rutas óptimas según parámetros de accesibilidad física en itinerarios urbanos**, el desarrollo de una herramienta informática capaz de optimizar una ruta o itinerario entre dos puntos de interés patrimonial en el casco antiguo de un asentamiento urbano, teniendo en cuenta las particularidades del usuario en cuanto a sus discapacidades físicas. Dentro del módulo de análisis multicriterio del sistema se evalúan las distintas alternativas de intervención en base a criterios de mejora de la accesibilidad y Diseño para todos, criterios económicos y criterios de impacto en el patrimonio asegurando el respeto a sus valores.

**María Ramírez Díaz de Mendoza**