

DISEÑO DE EXPOSICIONES ARQUITECTÓNICAS PARA DISCAPACITADOS VISUALES. APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS 3D Y EXPERIENCIA DE USUARIO.

Navarro Delgado, Isidro
Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica – Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona
Universidad Politécnica de Cataluña
Avda. Diagonal, 649. 08012 Barcelona
isidro.navarro@upc.edu

Fonseca, David
(GTM) Departament de Tecnologies Media - Enginyeria i Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull
Cuatre Camins, 2. 08022 Barcelona
fonsi@salle.url.edu

RESUMEN

El acceso a la cultura es primordial para el progreso de cualquier sociedad. Las barreras arquitectónicas y de acceso a la información en los espacios de exposición cultural sigue siendo un tema de estudio para científicos y técnicos. El desarrollo de la tecnología digital ha permitido incorporar nuevas ideas para solucionar la accesibilidad arquitectónica y cultural. Los criterios de accesibilidad en diseño arquitectónico eliminan las barreras físicas a las exposiciones. Además, la incorporación de la tecnología digital permite una visión más inmediata de los contenidos de los museos, ya sea a través de sus páginas web, como en los sistemas multimedia incluidos en las instalaciones.

El proyecto en curso y que presentamos en este artículo aporta como factor diferencial la participación de los usuarios en el proceso de diseño. Este aspecto debe mejorar [H1] y permitir a cualquier persona sin condición de edad o disfunción física o psíquica, una mayor aproximación a la cultura. La participación del usuario en el proceso de diseño nos permitirá evaluar de forma empírica la usabilidad y accesibilidad del entorno evaluando si la transmisión de los conceptos se realiza de forma más clara para cualquier tipo de visitante del sistema [H2].

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de tener accesos para personas con discapacidad visual al patrimonio artístico y cultural así como a cualquier otro elemento social de interés, ha sido una aspiración histórica de dicho colectivo y actualmente reconocida como un derecho civil. Para que el acceso a dichos contenidos sea efectivo, se debe llevar a cabo a través de otros canales sensoriales complementarios como el tacto o el oído aportando nuevas soluciones [1].

La investigación y desarrollo de nuevas propuestas ha sido constante en la historia de las instituciones educativas desde el siglo XVIII [2]. Sin embargo, no encontramos soluciones integrales hasta finales del siglo XX como veremos en el siguiente apartado.

Con nuestro trabajo pretendemos aportar un nuevo punto de vista a la evaluación de la accesibilidad tanto al espacio (en próximos proyectos) como a los contenidos de una exposición cualquiera, en este caso, generando un vínculo dinámico entre diseñadores de la exposición, de los contenidos y de los usuarios finales. Esto nos permitirá enunciar una nueva

metodología centrada no solo en una accesibilidad teórica sino en una experiencia satisfactoria real.

2. ESTADO DEL ARTE

“El éxito de un museo no se mide por el número de visitantes que recibe, sino por el número de visitantes a los que ha enseñado alguna cosa”. Georges Henri Riviere.

Actualmente, son numerosos los museos y entidades que ofrecen alternativas de accesibilidad. Podemos destacar entre todos ellos su metodología y la eficacia de sus propuestas la entidad Art Education of the Blind (AEB) de Nueva York, que ha puesto en marcha numerosos programas de investigación y colaboración con otras organizaciones, como es el caso del manual: *“Art beyond sight: a resource guide to art, creativity and visual impairment”* [3], publicado en coedición con la American Foundation for the Blind. En este manual se sintetizan los avances metodológicos puestos en práctica por AEB en sus programas de accesibilidad y en su obra en curso *“Art History through touch and sound”*, de la que se han publicado seis volúmenes, y cuyo objetivo fundamental es la enseñanza de la Historia del Arte [1].

Más recientemente podemos encontrar otros ejemplos de adaptación museológica a necesidades especiales. A finales del 2009 diversos museos británicos han implementado servicios para hacer más accesibles los contenidos especialmente a usuarios ciegos: además de los muchos servicios ofrecidos destacan los folletos adaptados, las visitas guiadas orales y los recorridos “táctiles” [4]:

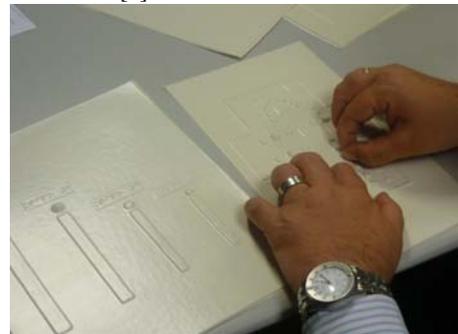


Fig. 1 Experiencia de usuario con panel gráfico de la Sagrada Familia.

La Royal National Institute of Blind People [5], genera un inventario en permanente actualización sobre los museos adaptados para ciegos y sus servicios.

No obstante podríamos discutir si la importancia de la noticia radica en la innovación de las aplicaciones implementadas o en el considerable retraso en la implementación de estas soluciones.

También encontramos implementaciones para espacios abiertos como las “Visitas guiadas para ciegos en el Zoo de Buenos Aires” [6] que no obstante necesitan de personal de apoyo y otras iniciativas que buscan la total independencia del usuario que visita la instalación como la del “Parque de la Naturaleza de Cabárceno” [7]. No obstante mayoritariamente podemos afirmar que los cines, museos y otros centros de ocio público, tienden a una cierta marginación de los discapacitados al no tener una correcta accesibilidad para estos [8].

Centrándonos en un entorno museístico podemos afirmar que cada vez más se empiezan a extender nuevos desarrollos, destacando por su innovación los casos singulares de dos museos italianos, el de Omero en Ancona y de Anteros en Bolonia [9]. En el primero de ellos pueden encontrar toda la información en braille y pensando en su movilidad han implementado un sistema electrónico (“walk assistant”) que siguiendo una línea amarilla en el suelo con un bastón especial les permite recibir información de las piezas expuestas [10]. El Museo de Anteros destaca por sus desarrollos informáticos y materiales en relieve de cara a facilitar la visita de usuarios ciegos.

Es justamente la aplicación y utilización de herramientas informáticas de diseño y el estudio detallado del uso que deben recibir dichas soluciones finales donde no solo centramos nuestro trabajo, sino que también podemos encontrar esfuerzos en los últimos tiempos: Probablemente uno de los mejores ejemplos ha sido la creación del Museo Tiflológico [11, 12] de la ONCE (Organización Nacional de Ciegos de España), inaugurado en 1992 en Madrid y donde se pretende ofrecer a las personas ciegas la posibilidad de acceder a un museo de forma normalizada, sin que la deficiencia visual genere una barrera insalvable para el usuario a la hora de estudiar o disfrutar las piezas [13]. La creación de este museo y de las colecciones que en él se albergan provienen de unos estudios pormenorizados de diversos antecedentes históricos [14] en la generación de museos adaptados a personas con diversas discapacidades.

Centrándonos en los contenidos, debemos recordar que dentro de las artes plásticas, la escultura es la más accesible para los usuarios ciegos [15], al permitir una exploración táctil de los originales y la pintura la más inaccesible [16], mientras que la arquitectura se encuentra en una posición intermedia [17] gracias al empleo de recursos como las maquetas que, al igual que la escultura no sólo permiten una exploración táctil del modelo sino que facilitan el procesamiento y síntesis de los datos obtenidos a través de la percepción háptica [18]. Las características de la maqueta y por consiguiente su proceso de diseño y realización se antojan de vital importancia en la consecución de una experiencia satisfactoria. El trabajo con tecnologías infográficas nos debe permitir una mayor adaptabilidad de los contenidos y la posibilidad de trabajar con diversos formatos de salida (reales y virtuales) de manera que la información se pueda adaptar a las necesidades de cada tipo de usuarios. Tanto la maqueta, como su ubicación como el recorrido necesario para llegar a la misma deben ser accesibles, conjugando espacios y formas para una codificación de la información gráfica adecuada.

Finalmente indicar la existencia de diversos estudios sobre los museos adaptados a usuarios con discapacidades [19]. Para garantizar el acceso a los contenidos se han estudiado elementos que facilitan dicho acceso como por ejemplo: la accesibilidad física sin deterioro de los originales, supresión de barreras arquitectónicas, instalación de paneles y planos adecuados, optimización de las zonas de circulación con combinación de pavimentos, texturas y colores adecuados, información audiovisual, etc... Todos estos estudios basados en la comprobación objetiva del entorno de estudio por usuarios expertos en la discapacidad o sin discapacidad no han tenido en cuenta la experiencia de uso de los visitantes, ni la fase de diseño del entorno estudiado, justo los dos puntos fuertes y destacables de nuestro trabajo.

3. METODOLOGÍA

Para que la generación de la propuesta metodológica sea sostenible desde un punto de vista científico podemos definir 6 fases diferenciadas que nuestro proyecto debe tener:

- **FASE1:** Realización práctica de un proyecto y evaluación de las diversas fases del mismo.
- **FASE2:** Definición e Implementación de una metodología teórica.
- **FASE3:** Análisis de resultados de la metodología propuesta.
- **FASE4:** Modificación de la metodología en base a los resultados obtenidos.
- **FASE5:** Análisis de la propuesta metodológica modificada.
- **FASE6:** Definición de la metodología final e iteración en otros campos.

Para el presente estudio **nos hemos centrado en la primera fase, es decir en la realización de un proyecto concreto** en el estudio de la accesibilidad dentro del campo de la arquitectura: **“Creación de contenidos para una visita guiada de invidentes al Templo de la Sagrada Familia de Barcelona”**.

El proyecto se está desarrollando en la facultad de Arquitectura La Salle, Universitat Ramon Llull, como continuación de anteriores trabajos orientados a incorporar la experiencia de usuarios en el diseño de espacios accesibles [20, 21, 22, 25].

A continuación pasaremos a definir más detenidamente los **tres aspectos principales que definen la base de la fase 1**, necesaria para definir nuestra metodología:

- **El espacio expositivo** (entorno físico en el cual se visualizará la exposición): La exposición muestra los contenidos a personas con o sin discapacidades. La experiencia con usuarios permitirá fijar las dimensiones y modos más adecuados de presentación.
- **La información** (“índice de contenidos” o guía de los materiales que se exponen y dónde se exponen): La información de los contenidos se debe transmitir al usuario con sistemas de fácil lectura para una mejor comprensión de los conceptos, incluso a personas con discapacidades.
- **El material a exponer** (los modelos tridimensionales en los que está centrado el caso de estudio): Los modelos a exponer y su representación arquitectónica se sirven de los medios digitales para elaborar los prototipos tridimensionales que se muestran en la exposición. El proceso incorpora la elaboración de

prototipos digitales y físicos que deberán evaluar los usuarios.

Una vez clarificado el punto en el que nuestro proyecto se enmarca (Fase 1 del diseño metodológico) y los aspectos que implementaremos de la exposición (diseño del espacio de la información y del material a exponer), **pasaremos a definir las subfases de nuestro trabajo que nos van a permitir contralar el mismo en base a los diversos grados de intervención por parte de los profesionales, desarrolladores de contenidos y usuarios finales tanto con discapacidades como sin ellas:**

- **Sub-fase 1, Conceptos y contexto:** Los conceptos teóricos permiten la aproximación a la realidad de nuestro grupo de usuarios objetivo: aquellos con **ceguera total o parcial**. Los profesionales de estas áreas intervienen para dotar de base científica a la fase inicial del proyecto y se recogen experiencias previas para analizar la implantación llevada a cabo y su adaptabilidad a la interacción con los usuarios.

El contexto es de dos tipos: físico (del lugar y los contenidos) y social (de los usuarios). La exposición es un espacio construido que será adaptado para mostrar material relacionado con la arquitectura y el grupo de usuarios serán ciegos totales o con deficiencia visual.

- **Sub-fase 2, desarrollo de contenidos:** El material de exposición se genera con tecnología informática y de modelado tridimensional (tecnologías CAD).

En el proceso de creación de contenidos interviene personal docente y alumnos de la Facultad de Arquitectura de La Salle (Campus de Tarragona y Barcelona), de la Universidad Ramón Llull. Como paso previo el equipo de trabajo será formado y estudiará modelos de edificios existentes en dimensiones y materiales adecuados para su correcta interpretación, paneles con información que permite interpretar estos contenidos y material didáctico para los usuarios.

- **Sub-fase 3, experiencia de usuario:** Con los modelos (aspectos de la fase) generados se procede a la visita por parte de los usuarios y posterior evaluación de los mismos mediante un test de evaluación. Los usuarios que evaluarán nuestra propuesta serán de tres tipos: personas con dificultades derivadas de la visión, expertos en dicha temática, usuarios sin intervención en la fase de diseño y los mismos usuarios involucrados en las dos fases anteriores.

- **Sub-fase 4, análisis de resultados y propuesta metodológica:** Toda la información se analiza para contrastar los objetivos iniciales con el resultado final. Los desarrolladores del proyecto y los profesionales en discapacidad participan en este estudio.

Los contenidos materiales, de información y la experiencia de usuario son los parámetros más importantes en la evaluación de la propuesta metodológica.

4. FASE1: DISEÑO Y EVALUACIÓN DE UN CASO DE ESTUDIO: GEOMETRÍA Y LA OBRA DE GAUDÍ.

Sub-fase 1: Conceptos y contexto

Es preciso tener un conocimiento detallado de los parámetros técnicos que serán aplicados en el resto de sub-fases. Los técnicos en rehabilitación de la Fundación ONCE dan a conocer estos parámetros con material educativo propio del centro.

Los aspectos a considerar del espacio físico de la exposición serán adaptados siguiendo las pautas de la normativa adecuada y según los documentos desarrollados a partir de estudios al respecto [23], experiencias previas y de aplicación en proyectos similares.

Los tipos de discapacidades a considerar están determinados por las áreas de trabajo de la Fundación ONCE. Éstas se determinan en sus estatutos, artículo 8, “...serán beneficiarios potenciales de la Fundación cualquier persona de nacionalidad española afectada de discapacidad, física, psíquica, sensorial o mental, conforme a la regulación y calificación legal vigente de las minusvalías...”.

De todas ellas, serán objeto de estudio de nuestro trabajo las que afectan a las personas con ceguera total o parcial. Estas disfunciones parciales afectan a la vista de dos maneras: en su precisión (imagen focalizada) y/o percepción (imagen borrosa).

Se considera el tacto como el sentido sensorial más destacado que permitirá la lectura de los materiales expositivos a desarrollar en el proyecto. Además de los modelos tridimensionales, se empleará el lenguaje Braille (tamaño de fuente de 20 puntos e interlineado de 33 puntos) y textos con tipografía con contraste se incluyen en las descripciones de los contenidos.

Sub-fase 2: Desarrollo de Contenidos

El caso práctico donde experimentar la Fase 1 del proyecto consiste en una exposición. La temática es la **aplicación de la Geometría en la Obra del arquitecto Gaudí**, concretamente en el Templo de la Sagrada Familia de Barcelona.

Los desarrolladores de los contenidos se dividen en grupos de 3 o 4 personas. Cada grupo tiene que debe crear los siguientes contenidos:

1. Modelo tridimensional de la geometría de un elemento arquitectónico del templo (hiperboloide, superficie de transición, helicoide, conoide y curva catenaria)
2. Modelo tridimensional del elemento arquitectónico (lucernario, columna de doble giro, escalera de caracol, cubiertas sinusoidales y arcos de la estructura del templo).
3. Panel gráfico en relieve descriptivo del tema.
4. Texto descriptivo (Braille).

Para cada contenido se emplearán las aplicaciones tecnológicas adecuadas, que en algunos casos serán programas de diseño asistido por ordenador CAD o en otros casos software específico para traducción en Braille y también dispositivos de generación de patrones en relieve.

Las aplicaciones en el desarrollo de los modelos tridimensionales tienen como objetivo la generación de los patrones necesarios para modelar con diversos materiales los prototipos arquitectónicos. El proceso se divide en los siguientes pasos:

- Modelado 3D de los prototipos con software de diseño asistido por ordenador.
- Generación de patrones a escala para reproducir en madera y yeso el prototipo (ver Figuras 2 y 3).
- Creación del contra-molde en caucho del prototipo.
- Creación del prototipo en resina.

En las etapas iniciales se emplean estas tecnologías para facilitar la generación de los prototipos. La síntesis geométrica se obtiene en el proceso de análisis de la forma del elemento arquitectónico a analizar [24]. Éste se define en una de sus partes para poder realizar el proyecto de detalle.

Este proceso permite a los desarrolladores comprender y analizar las geometrías empleadas por el arquitecto Antonio Gaudí y poder expresarlas en los prototipos.



Figura 2. Modelo arquitectónicos de las Escuelas de la Sagrada Familia.



Figura 3. Escuelas de la Sagrada Familia

Sub-fase 3: Experiencia de usuario

El universo de usuarios que han participado en el estudio se clasifica por:

- | | | |
|---------------------|-----------------|------------|
| • Edad | de 20 a 30 años | 2 usuarios |
| | de más de 40 | 3 usuarios |
| • Discapacidad | visión parcial | 2 usuarios |
| | ceguera total | 3 usuarios |
| | adquirida | 3 usuarios |
| | congénita | 2 usuarios |
| • Nivel de estudios | medio | 2 usuarios |
| | alto | 3 usuarios |

En la fase de desarrollo se han realizado 3 evaluaciones para definir la capacidad de comprensión por parte de los usuarios de los contenidos creados para la exposición:

1. Evaluación del modelo geométrico.
2. Evaluación del modelo arquitectónico y panel gráfico en relieve [Figura 2].
3. Visita a la obra (Templo de la Sagrada Familia).

En cada evaluación se realizan test a los usuarios de los que se extraen los resultados finales del proceso completo. Las preguntas se refieren a los siguientes apartados:

- Experiencia en museos adaptados y valoración de accesibilidad.
- Conocimientos de Geometría, Arquitectura y obra del arquitecto Gaudí.
- Comprensión del modelo geométrico y su aplicación en la obra del templo.

Sub-fase 4: análisis de resultados y propuesta metodológica

Del grupo de voluntarios que han participado en el proyecto, el perfil de público abarca todas las edades, mayoritariamente mujeres para el caso de la primera evaluación. Las discapacidades visuales se reparten de forma equilibrada (ceguera total y parcial), así como el origen (discapacidad adquirida o congénita). El nivel de estudios es medio-alto (con bachillerato o carrera universitaria), de manera que la comprensión de los modelos no resultó complicada.

En la valoración sobre la experiencia de los usuarios frente a la accesibilidad en museos adaptados o no adaptados, hay una coincidencia en la opinión general, y es la necesidad de incorporar estos parámetros en la gran mayoría de museos. Los que ya tienen adaptados algunos de los espacios, son escasos, y los más conocidos se sirven de métodos guiados que no permiten la autonomía total del visitante. La valoración sigue siendo baja exceptuando casos puntuales como el Museo Tifológico de la ONCE en Madrid.

Los conocimientos de los usuarios en las materias del tema escogido son básicos. La arquitectura es el tema más cercano, pero cuando se pregunta acerca de un arquitecto o su obra, el resultado no es tan bueno. La geometría también es un tema poco conocido. Las valoraciones de la comprensión del modelo geométrico es bastante buena excepto en uno de ellos, la superficie de transición.



Figura 4: Evaluación de modelos geométricos por usuarios discapacitados.

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones más relevantes del estudio són:

- El proceso de generación de las geometrías con aplicaciones tecnológicas permite realizar modelos de gran complejidad formal.
- La creación de prototipos y su evaluación por usuarios en el proceso de diseño ayuda a perfeccionar los modelos para la exposición.
- La geometría es interpretada con facilidad independientemente del nivel de conocimientos de la materia.
- La discapacidad de visión no es un factor decisivo en la comprensión de los modelos geométricos, ya que el tacto resulta la herramienta decisiva para su rápida interpretación.
- La obra arquitectónica escogida es de gran complejidad, pero la selección de elementos singulares facilita la comprensión del conjunto.
- La diferencia entre los elementos geométricos escogidos no es determinante para su interpretación por los usuarios.

6. REFERENCIAS CITADAS

- [1] **J. Muñoz Arroyo**, *El arte en tus manos: actividades de exploración táctil en la exposición "Obras maestras del patrimonio de la Universidad de Granada"*. 2007, Integración: Revista sobre Ceguera y Deficiencia Visual, 50, pp 38-47. ISSN: 0214-1892
- [2] **Eriksson, Y.** *Tactile pictures: pictorial representations for the blind*, 1998, 1784-1940. Göteborg: Acta Universitatis Gothoburgensis.
- [3] **Axel, E.S.** *Art beyond sight: a resource guide to art, creativity, and visual impairment*. Levent, N.S. (Eds.). (2003). New York: American Foundation for the Blind, Arte Education for the Blind.
- [4] <http://www.diariodelviajero.com/museos/servicios-especiales-para-visitantes-ciegos-en-museos-britanicos>
Consultado 1 de marzo 2010
- [5] <http://www.rnib.org.uk/Pages/Home.aspx>
Consultado 10 de marzo 2010
- [6] <http://www.diariodelviajero.com/america/visitas-guiadas-para-ciegos-en-el-zoo-de-buenos-aires>
Consultado 23 de marzo 2010
- [7] <http://www.diariodelviajero.com/espana/el-parque-de-la-naturaleza-de-cabarceno-ahora-preparado-para-ciegos>
Consultado 23 de marzo 2010
- [8] <http://revista.consumer.es/web/es/20021201/pdf/tema-de-portada.pdf>
Consultado 23 de marzo 2010
- [9] <http://www.nodo50.org/utlai/itaca/2museos.htm>
Consultado 23 de marzo 2010
- [10] www.museoimero.it
Consultado 23 de marzo 2010
- [11] <http://www.nodo50.org/utlai/museos3.htm>
Consultado 23 de marzo 2010
- [12] <http://www.once.es/new>
Consultado 23 de marzo 2010
- [13] **Benito, G.** *Inaugurado el Museo Tiflológico* (1993). Perfiles 81, 35-37.
- [14] **Cano, B.C.**, *Antecedentes históricos de las colecciones del Museo Tiflológico*. 2001. Integración: Revista sobre Ceguera y Deficiencia Visual, 36, pp 17-28, [15]
- [15] **Rowland, W.** *On dirait une fleur: dossier sur les aveugles*. 1973. Nouvelles de l'ICOM 3 (26), 97-101.
- [16] **Cela, E.** *Comunicar el arte a los ciegos: La Capilla Sixtina*. 1998. Integración: Revista sobre Ceguera y Deficiencia Visual, 27, pp.60-63,
- [17] **Consuegra, B.** *Maquetas accesibles a las personas con discapacidad visual*. 1998. Integración: Revista sobre Ceguera y Deficiencia Visual, 28 pp. 16-20.
- [18] **Ballesteros, S.** *Psicología del tacto I: representación háptica de patrones realzados y objetos (vídeo)*. 1993 Madrid: CEMAV. Universidad Nacional de Educación a Distancia
- [19] <http://www.fe.ccoo.es/andalucia/docu/p5sd5413.pdf>
Consultado 23 de marzo 2010
- [20] **Navarro, I.**, *Naturaleza para todos. Tecnología para una señalización adaptada*. (2008) CISCI Proceedings. Vol 3. Pp. 39-44. Orlando. USA.
- [21] **Navarro, I., Fonseca, D.**, *Accesibilidad Web en entornos culturales* Conferencia IADIS Ibero-Americana WWW/Internet — CIAWI 2008. Lisboa, Portugal, Pp 583-585.
- [22] **Villegas, E., Pifarré, M., Fonseca, D. Garcia, O.**, *Requisitos de integración en una comunidad virtual web para usuarios discapacitados utilizando la combinación de diferentes líneas metodológicas*. 2008. CISCI Proceedings. Vol 3. Pp. 45-50. Orlando. USA.
- [23] **López, Marta.** *Accesibilidad y adaptabilidad, tipos de barreras*. Barcelona, 2006
- [24] **Gómez Serrano, José.** *Gaudí, la búsqueda de la forma*. 2002. Ed. Lunberg
- [25] **Fonseca, D., y otros.** *An Image-Centred "Search and Indexation System" based in User's Data and Perceived Emotion*. [ed.] ACM. Vancouver, Canada : HCC '08, ACM, New York, 2008. Proceeding of the 3rd ACM international Workshop on Human-Centered Computing . págs. 27-34.