

“habitABLE”: aplicación web para la mejora de la accesibilidad en los edificios de uso colectivo

Luis Delgado Méndez ¹ | Consuelo del Moral Ávila ²

Recibido: 08-11-2023 | Versión final: 03-02-2025

Resumen

“habitABLE” es una herramienta informática que surge de la evolución del prototipo “VIVable, de la vivienda accesible a la vivienda sostenible: la esencia del ajuste razonable”, que incluye diagnóstico, propuesta de soluciones y ajuste razonable en los edificios de utilización colectiva, EUC, existentes. El prototipo inicial, VIVable (Agencia de Obra Pública. Junta de Andalucía-FEDER, 2013-2015), tiene similares funcionalidades para los edificios residenciales de vivienda. El objetivo de habitABLE es conseguir una herramienta informática que trata el diagnóstico de la accesibilidad universal en los EUC y la propuesta de soluciones a los problemas detectados a través de una metodología basada en la gestión automatizada de numerosa información. Para ello, se aborda la realidad de los EUC en tres fases: utilización de una metodología de análisis de su realidad en materia de accesibilidad en tres ámbitos, seguridad, eficiencia energética y funcionalidad; utilización de un método para proponer actuaciones de mejora de la accesibilidad con cuantificación económica; y consecución del equilibrio adecuado entre las necesidades de las personas con discapacidad y mayores, y las condiciones funcionales y tecnológicas de los EUC existentes. El resultado consiste en asignar una *etiqueta de accesibilidad* al EUC existente o a parte del mismo, de manera que se consiga el compromiso de posibilitar a las personas con discapacidad y a las personas mayores “habitar nuestro Patrimonio” con mejores condiciones de autonomía, comodidad y seguridad.

Palabras clave: mejora de la accesibilidad; gestión automatizada de información; análisis multicriterio difuso; edificios de uso colectivo

Citación

Delgado Méndez, . & del Moral Ávila, C. (2025). “habitABLE”: aplicación web para la mejora de la accesibilidad en los edificios de uso colectivo. *ACE: Architecture, City and Environment*, 19(57), 12448. <https://doi.org/10.5821/ace.19.57.12448>

“habitABLE”: Web Application to Improve Accessibility in Buildings for Collective Use

Abstract

“habitABLE” is a computer tool that arises from the evolution of the prototype “VIVable, from accessible housing to sustainable housing: the essence of reasonable adjustment”, which includes diagnosis, proposed solutions and reasonable adjustment in buildings for collective use, BCU, existing. The initial prototype, VIVable (Public Works Agency. Government of Andalusia-FEDER, 2013-2015), has similar functionalities for residential housing buildings. The objective of habitABLE is to obtain a computer tool that deals with the diagnosis of universal accessibility in the BCU and the proposal of solutions to the problems detected through a methodology based on the automated management of numerous information. To do this, the reality of BCU is addressed in three phases: the use of a methodology for analysing their reality in terms of accessibility in three areas, security, energy efficiency and functionality; the use of a method to propose actions to improve accessibility with economic quantification; and achieving the appropriate balance between the needs of people with disabilities and older people, and the functional and technological conditions of existing BCU. The result consists of assigning an *accessibility label* to the existing BCU or to part of it, so as to achieve the commitment to enable people with disabilities and the elderly to “inhabit our Heritage” with better conditions of autonomy, comfort and security.

Keywords: improving accessibility; automated information management; fuzzy multicriteria analysis; buildings for collective use

¹ Doctor, arquitecto, Profesor Asociado, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada (ORCID: [0000-0003-1186-5782](https://orcid.org/0000-0003-1186-5782)); ² Doctora, arquitecta, Profesora Contratada Doctora, Departamento de Construcciones Arquitectónicas, Universidad de Granada (ORCID: [0000-0002-0846-1958](https://orcid.org/0000-0002-0846-1958)). Correo de contacto: ldelgado@ugr.es

1. Introducción

1.1 Revisión de literatura

Desde la promulgación de la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad) se han materializado distintas iniciativas legislativas por los Estados Partes con el objetivo de promover la investigación y el desarrollo de bienes, servicios, equipos e instalaciones de diseño universal tal y como recoge el artículo 2 de la misma. No todas estas iniciativas han supuesto un avance significativo y equilibrado de la mejora de la calidad de vida de las personas con discapacidad (en adelante PCD) en el conjunto de los países firmantes.

En el estado español la norma en la que se recogen las medidas de acción positiva que tienen como cometido garantizar la igualdad de derechos y oportunidades de las PCD es la Ley General de los Derechos de las Personas con Discapacidad y de su Inclusión Social (Real Decreto Legislativo 1/2013). En el artículo 5 se expresa que los espacios públicos urbanizados, las infraestructuras y la edificación son ámbitos en los que se aplicarán las medidas específicas para garantizar la igualdad de oportunidades, la no discriminación y la accesibilidad universal. En este contexto jurídico las intervenciones en los edificios de utilización colectiva se deberían desarrollar de una forma diferente en las dos fases del proceso: la de diseño y la de construcción de los mismos.

La accesibilidad universal se define en la Ley (Real Decreto Legislativo 1/2013) como la condición que deben cumplir los entornos, bienes, productos, servicios y los objetos para que sean comprensibles, utilizables y practicables para todas las personas en condiciones de seguridad y comodidad y de la forma más autónoma posible. Presupone la estrategia del “diseño para todas las personas” o *diseño universal* sin que sea incompatible con los ajustes razonables que deban adoptarse. El diseño universal se define en la misma como la actividad, y siempre que sea posible, que se conciben o proyectan desde el origen para que puedan ser utilizados por todas las personas sin necesidad de un diseño especializado.

Surge así la necesidad de abordar y aplicar una metodología innovadora que permita a los responsables de los proyectos de los edificios de utilización colectiva (en adelante EUC) y su posterior ejecución introducir los elementos suficientes y adecuados para tal fin. El objetivo último es el de satisfacer las necesidades de todos los colectivos de personas en el uso de estos edificios y de sus actividades.

En el caso de los edificios existentes la metodología innovadora tiene una doble dimensión porque debe abordar el diagnóstico de la accesibilidad y la intervención posterior por medio de metodologías específicas, sistematizadas y científicamente verificadas. Para ello y como afirman los responsables del diseño de la herramienta “habitABLE” (del Moral & Delgado, 2020), se deben conjugar en paralelo tres aspectos fundamentales:

- 1º. Necesidades de las PCD en la utilización de los EP y la participación en sus actividades (bienes y servicios) (de Oliveira et al., 2014), (Heylighen et al., 2017).
- 2º. Funcionalidad de los espacios, objetos y herramientas de los EUC atendiendo a su uso, DB-SUA (Real Decreto 173/2010) y (DA DB-SUA/2, 2018).
- 3º. Respeto a la normativa de obligado cumplimiento en los dos ámbitos, accesibilidad y la específica al uso del edificio, para poder utilizarla desde la ciencia y el conocimiento.

Recientemente se ha publicado un interesante documento por parte del Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos, CSCAE, de España denominado “*Guía ciudadana de impulso a la rehabilitación*” que tiene como objetivo informar a la ciudadanía de los beneficios de rehabilitar su vivienda en algunos de los parámetros que determinan su calidad (Baldellou et al., 2021), entre los que se encuentra la accesibilidad. En la Guía se afirma que “*La rehabilitación mejora la salud y el bienestar, pero además repercute directamente en nuestro entorno, en la sostenibilidad de nuestros*

ecosistemas y en la reducción de las desigualdades por causas socioeconómicas” (página 4). En esa línea define la rehabilitación del edificio como un proceso para mejorar sus prestaciones con lo que se consigue también el aumento del valor patrimonial del inmueble. Los parámetros que determinan la calidad en una vivienda, además de los que exige la normativa de obligado cumplimiento, están relacionados con aspectos económicos.

Los que ha recogido la Guía son los que se indican a continuación:

- Parámetros sobre la salud y calidad del aire interior.
- Confort térmico, acústico y lumínico.
- Sostenibilidad y descarbonización de la vivienda.
- Habitabilidad y usabilidad: ergonomía, gestión y digitalización, accesibilidad.
- Retorno de la inversión.
- Efecto de la rehabilitación en el valor del inmueble.

Es interesante el análisis exhaustivo que se recoge respecto a la relación entre las actuaciones que se pueden realizar en el edificio existente y los impactos que producen en las prestaciones del mismo, aunque llama la atención que las actuaciones de accesibilidad sólo tengan impacto en la revalorización del inmueble y en cambio no se considere que tienen impacto sobre la salud (salud del aire interior, bienestar) de las personas.

Respecto de parámetros de confort térmico y lumínico y los de sostenibilidad y descarbonización, es oportuno mencionar que están regulados a efectos de la exigencia de un distintivo público que acredita la existencia de una certificación que se ha de registrar y que es necesaria para poder realizar cualquier transacción del edificio. Así, se exige que los edificios existentes cuenten con un “certificado de eficiencia energética” o etiqueta de estado que contiene el diagnóstico del estado en el que se encuentran a estos efectos y que se utiliza como punto de partida para la mejora que debe realizarse con la rehabilitación de los mismos. La normativa de obligado cumplimiento que regula el procedimiento para su elaboración (Real Decreto 390/2021), establece los tipos de certificados que se pueden realizar y la obtención de la etiqueta correspondiente.

Los tipos de certificados son tres:

- a) De proyecto. Se trata de la documentación resultado del proceso de certificación que contiene información sobre las características energéticas, la calificación de la eficiencia energética del proyecto de ejecución y las recomendaciones de posibles intervenciones técnicamente viables e individualizadas para la mejora de los niveles óptimos o rentables de eficiencia energética.
- b) De obra terminada. Se trata de la documentación resultado del proceso de certificación que contiene información sobre las características energéticas, la calificación de la eficiencia energética y las recomendaciones de posibles intervenciones técnicamente viables e individualizadas en cada edificio o parte del mismo, para la mejora de los niveles óptimos o rentables de eficiencia energética de un edificio de nueva construcción o de reforma o ampliación realizada en uno existente. Permite la comparación de la calificación obtenida en proyecto con la obtenida una vez finalizadas las obras.
- c) De edificio existente. Se trata de la documentación que contiene información sobre las características energéticas, la calificación de la eficiencia energética y las recomendaciones de posibles intervenciones técnicamente viables e individualizadas en cada edificio o parte del mismo para la mejora de los niveles óptimos o rentables de eficiencia energética de un edificio existente o parte del mismo.

Y la etiqueta de estado, denominada “etiqueta de eficiencia energética” es el resultado de la obtención del certificado de eficiencia energética del edificio de nueva construcción o existente y de su registro. Además, como ya se ha comentado con anterioridad, esta etiqueta se debe incluir en cualquier oferta, promoción y publicidad para la venta o alquiler del edificio.

Sin embargo, en relación al parámetro de accesibilidad no existe regulación alguna sobre la obligatoriedad de la existencia de una “etiqueta de accesibilidad” para la realización de cualquier

transacción con el edificio. Esta circunstancia en la práctica determina que la accesibilidad se considere de segundo o tercer nivel en relación al aumento del bienestar de las personas que utilizan las actividades de los EUC y el aumento del valor patrimonial. Por tanto, es oportuno abordar la implementación de la accesibilidad en los edificios existentes en el marco de una regulación sobre la exigencia de una “etiqueta de accesibilidad” en cualquier transacción.

Para ello, se van a describir aquí algunas herramientas de evaluación de la accesibilidad existentes, que han contribuido a visualizar que la accesibilidad de los EUC se puede mejorar atendiendo a las necesidades de las PCD y respetando la realidad de los mismos, siempre y cuando exista una decidida voluntad de hacerlo.

Ha sido siempre una tradición emplear como metodología para realizar las auditorías de accesibilidad la del tipo check-list, metodología en la que el resultado es un valor absoluto, cumple o no cumple, en relación al cumplimiento de las exigencias de la normativa. Este hecho conlleva no poder medir en los edificios existentes un nivel de la accesibilidad en proporción al hecho de serlo y que supone una gran limitación a la hora de proponer una intervención de mejora.

En 2003 Church y Marston (2003) utilizan otra forma de medir que es la de “accesibilidad relativa” en el ámbito urbano. Su propuesta, además de la verificación del cumplimiento de las exigencias de la normativa, incorpora la medición sistemática y precisa del impacto que proporcionan las mejoras decididas para un determinado nivel de gasto. La traslación de esta metodología al ámbito de la edificación se produce en el marco del proyecto POLIS a través de la metodología BAM, Building Accessibility Methodology, en la que los edificios se consideran como proveedores de servicios y la accesibilidad se evalúa definiendo previamente un conjunto de recorridos representativos para medir su calidad (Sakkas & Pérez, 2006). En este caso se evalúa la relevancia de cada servicio en función del tipo de edificio y la persona usuaria asignando pesos a los parámetros de diseño dependiendo de su relevancia para las distintas categorías de discapacidad. Derivado del proyecto POLIS surge un software desarrollado por la Unidad de Roma del Instituto de Tecnologías de la Construcción del Consejo Nacional de Investigación de Italia, ITC-CNR, denominado ValeAS (Biocca et al., 2014) junto a los demás socios. Su principal objetivo es realizar una evaluación técnica de las características del entorno construido vinculada a la accesibilidad que permite a los profesionales del sector de la construcción planificar las intervenciones necesarias de diseño o adaptación. Se inspiró en los resultados de dos experiencias previas importantes (Biocca et al., 2013): la primera fue un trabajo que como resultado final elaboró una lista de verificación de evaluación de seguridad contra incendios en lugares de trabajo donde hay personas con discapacidad (Ministero dell'Interno, 2002); el segundo y como ya se ha comentado, el software derivado del proyecto POLIS que evalúa el nivel de accesibilidad del entorno construido en base a parámetros definidos teniendo en cuenta tanto los requisitos constructivos establecidos por la legislación como los tipos de discapacidad según la Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud, CIF (Organización Mundial de la Salud, 2001). Existen aportaciones que desde la innovación social y la rehabilitación urbana se adentran en el análisis de la percepción del espacio urbano desde el enfoque de la psicología social, permitiendo la valoración del patrimonio contemporáneo facilitando su protección (Peral-López, 2024). La tecnología del escáner láser se ha utilizado para crear mapas urbanos de pendientes en los que diseñar y verificar recorridos óptimos entre dos puntos predefinidos (Roca & Marambio, 2006), así como para poder identificar obstáculos físicos en los posibles recorridos de entornos patrimoniales (Marambio, Redondo, & García, Urban point cloud models: 3D laser scanning of the historical centre. Tosssa del mar, Catalonia, 2007). Igualmente, es habitual el uso de herramientas SIG para la planificación y generación de rutas accesibles para PCD en entornos urbanos que pueden identificar obstáculos para las diferentes necesidades de estas personas (Sobek & Miller, 2006), (Queraltó & Valls, 2010). Se suelen centrar en las necesidades de las personas usuarias de silla de ruedas o con problemas de movilidad. La herramienta Acc3DE es una herramienta de cálculo y visualización de la accesibilidad de edificios patrimoniales y su aportación está enfocada a la implementación de una metodología de diagnóstico que se alimenta de datos extraídos de forma semiautomática por medio de escáner láser terrestre y presenta la información de la accesibilidad a nivel de rutas utilizando gráficos 3D, vídeos dinámicos y explicaciones

textuales. (Biere & Egusquiza, 2010). Una vez posibilitado el diagnóstico el siguiente paso es dotar a la herramienta de funcionalidades que permitan decidir las intervenciones a llevar a cabo. Aunando los conceptos de accesibilidad universal y mejora del entorno urbano surge el proyecto “Ciudad sin Barreras. Herramienta para la evaluación y visualización de la accesibilidad al espacio público” que se centra en una herramienta de evaluación de la accesibilidad y en la obtención de rutas óptimas en el entorno urbano, a partir de parámetros previamente probados. (Biere Arenas & Arellano Ramos, 2017)

Existen metodologías de diagnóstico de la accesibilidad que no están diseñadas para facilitar los trabajos de intervención. Uno de ellos es el sistema de evaluación de la accesibilidad remoto para edificios construidos basado en la creación de modelos 3D del entorno, a partir de la fotogrametría, centrado en las personas usuarias de silla de ruedas en entornos domésticos (Kim & Brienza, 2006). Otros modelos de evaluación, en cambio, hacen uso de reconstrucciones digitales 3D de los entornos para simular a través de la realidad virtual formas de interacción de la persona usuaria de silla de ruedas, teniendo en cuenta sus limitaciones, y la naturaleza del entorno (Otmani et al., 2009), (Marambio et al., 2010). Por otro lado, algunos especialistas están preocupados por integrar herramientas y adaptar las funcionalidades existentes a entornos complejos monitorizados. Los sistemas a integrar están relacionados con la Documentación, la Información y la Gestión y la interoperabilidad se convierte en crucial para el entorno de la Arquitectura. Así surgió una Ontología diseñada especialmente para PATRAC (Muñoz, et al., 2010) que integra, en relación con la accesibilidad, conceptos relativos a conocimiento sobre el dominio físico, personas usuarias y tareas de estas personas. El conocimiento se representó en OWL (Ontology Web Language) y se proporcionó a través de un servicio web.

Además, existen otras herramientas centradas en facilitar las auditorías de accesibilidad en edificios de nueva planta, como CODEBUDDY.COM (coddebuddy TM) que ofrecen y filtran información acerca de la normativa americana ADA (ADA.gov) en forma de texto e imágenes en 2D.

La herramienta habitABLE (del Moral & Delgado, habitABLE, Habitar, Accesible, Sostenible, 2018) surge en ese contexto como una evolución continuada de distintos proyectos de investigación sobre accesibilidad en edificios, siendo ésta una de las líneas de investigación de sus autores. Se trata de una ampliación de la herramienta VIVable (Delgado, et al., 2013), fruto del Proyecto I+D+i, “VIVable, De la vivienda accesible a la vivienda sostenible: la esencia del ajuste razonable”. La herramienta se pone en funcionamiento en el año 2019 a partir de un trabajo desarrollado en la Universidad de Granada bajo la dirección de los autores, sin financiación externa. Se utiliza para realizar el diagnóstico de la accesibilidad y la propuesta de mejora de la misma, a través del uso de la gestión automatizada de numerosa información que, mediante metodologías específicas, sistematizadas y científicamente verificadas, conjugan en paralelo tres aspectos fundamentales:

- a) Las necesidades de las personas con discapacidad en la utilización de los EUC y la participación en sus actividades (de Oliveira et al., 2014), (Heylighen et al., 2017).
- b) Funcionalidad de los espacios, objetos y herramientas de los EUC atendiendo a su uso.
- c) Respeto a la normativa de obligado cumplimiento en los dos ámbitos, accesibilidad y la propia de los EUC en función de su uso, para utilizarla desde la ciencia y el conocimiento.

La metodología de diagnóstico de la accesibilidad empleada se fundamenta en otras existentes por lo que se trata de una evolución de las mismas a través de la adaptación a los EUC. Se trata de la evolución de la metodología BAM, empleada en VIVable (Delgado, et al., 2013) en la que las necesidades de las personas con discapacidad se agrupan por semejanzas entre ellas y se ponen en relación a los servicios que se ofrecen en los EUC dependiendo de su uso y también a la normativa de obligado cumplimiento. Para ello, se incorpora a la herramienta una extensa base de datos que van a permitir en un siguiente paso realizar la propuesta de mejoras de accesibilidad a través de varias alternativas posibles que por medio de un análisis multicriterio difuso se clasifican, se ordenan y permiten decidir las que son ajuste razonable.

1.2 Finalidad del trabajo de investigación desarrollado

La herramienta *habitABLE* (del Moral & Delgado, *habitABLE*, Habitar, Accesible, Sostenible, 2018) es una aplicación informática con cabida para dos tipos de usuarios: persona usuaria pública que puede registrarse, consultar el mapa, consultar la referencia catastral de su edificio, identificarse o rellenar el formulario de contacto; y persona usuaria registrada que puede realizar una solicitud compuesta por el diagnóstico de la accesibilidad del edificio elegido, la propuesta de soluciones a los problemas detectados y el análisis multicriterio difuso, que a partir de un conjunto amplio de criterios, permite conseguir en las soluciones propuestas un equilibrio adecuado entre las necesidades de las PCD y personas mayores y las condiciones funcionales y tecnológicas de dicho edificio; también podrá editar solicitudes previas, descargar fichas o descargar el informe final con el contenido completo de aquéllas. La persona usuaria registrada puede intervenir en el registro que previamente ha realizado la persona usuaria pública.

En el Congreso REHABEND 2020 se publicó el resultado de la investigación realizada por los autores (del Moral & Delgado, 2020) en una primera fase del trabajo. Esta publicación describió los objetivos de la herramienta en el ámbito arquitectónico:

- a) Realizar el diagnóstico de la accesibilidad.
- b) Facilitar la elaboración de las propuestas de actuación para la mejora de la accesibilidad.
- c) Proporcionar una herramienta que, a partir de un análisis multicriterio difuso de las propuestas, caracteriza las intervenciones y determina la que puede considerarse ajuste razonable.

Con estos objetivos se describe la funcionalidad de la herramienta para conseguir un compromiso de posibilitar a las personas con discapacidad y personas mayores “habitar nuestro Patrimonio” con mejores condiciones de autonomía, comodidad y seguridad.

Ahora, en este artículo se recoge el desarrollo de la herramienta en la dimensión del software desarrollado, con el objetivo de comprender mejor la relación entre los objetivos fijados al inicio de la investigación y los resultados plasmados en el sitio web denominado “*habitABLE*” (del Moral & Delgado, *habitABLE*, Habitar, Accesible, Sostenible, 2018). Los resultados permiten obtener una “etiqueta de accesibilidad” en los edificios existentes a modo de distintivo público que acredita el estado actual de la accesibilidad y las posibles soluciones a los problemas detectados caracterizando las que pueden ser ajuste razonable.

El diagnóstico de la accesibilidad se realiza en base a los requisitos básicos exigidos por las normas de obligado cumplimiento actuales y anteriores, al tratarse de EUC existentes. Las propuestas de intervención para la mejora de la accesibilidad se incorporan como una extensa base de datos que permite la clasificación y ordenación de las mismas. Esa ordenación es la que finalmente determinará las propuestas que son ajuste razonable. El concepto “ajustes razonables” está recogido en el artículo 2.m) de la Ley General de los Derechos de las Personas con Discapacidad y de su Inclusión Social (Real Decreto Legislativo 1/2013) como las modificaciones y adaptaciones necesarias y adecuadas del ambiente físico, social y actitudinal a las necesidades específicas de las personas con discapacidad que no impongan una carga desproporcionada o indebida cuando se tengan que emplear para facilitar la accesibilidad y la participación de estas personas en igualdad de condiciones al resto de la población. En ese contexto se ha diseñado un sistema propio de la herramienta por medio del que se produce la mencionada determinación.

El artículo está organizado como se indica a continuación: después de la introducción de la sección 1, la sección 2 está destinada a la descripción de los objetivos fijados al inicio de la investigación. La sección 3 recoge la metodología empleada, así como, su justificación. La sección 4 contiene la descripción del proceso de diseño e implementación de la herramienta y su manejo. La sección 5 explicita los resultados obtenidos, a través de la descripción de los aspectos más relevantes del manual de la persona usuaria del sitio web y de un ejemplo de utilización. La sección 6 se destina a recoger las conclusiones. Por último, se recoge la bibliografía.

2. Objetivos iniciales

Los objetivos fijados al inicio de la investigación que culmina con la herramienta habitABLE (del Moral & Delgado, habitABLE, Habitar, Accesible, Sostenible, 2018) se indican a continuación:

1º. Disponer de una aplicación eficaz en la gestión de una información amplia y compleja necesaria para abordar la evaluación del estado de la accesibilidad y así obtener un diagnóstico preciso de la realidad.

2º. Facilitar la elaboración de propuestas de actuación de mejora de la accesibilidad a partir de una amplia base de datos especializada para este tipo de edificios, sistematizada y científicamente verificada.

3º. Facilitar también la toma de decisiones en las propuestas de intervención de mejora, por medio de un análisis multicriterio difuso, que además permite determinar la que puede considerarse *ajuste razonable*.

4º. Asignar una posible *etiqueta de accesibilidad* al edificio analizado por medio de toda la documentación que suma la evaluación del estado de la accesibilidad, las propuestas de actuación de mejora de la accesibilidad y la determinación de la que puede considerarse ajuste razonable en un EUC existente o, incluso, en parte del mismo.

3. Metodología empleada. Justificación y descripción

La metodología empleada está desarrollada tres fases (del Moral & Delgado, 2020) y tiene su justificación en dos vertientes diferenciadas: la jurídica, considerando las normas de obligado cumplimiento que persiguen hacer efectiva la igualdad de derechos de las PCD respecto al resto de la población; y la de la necesidad social que persigue hacer efectiva la participación en las actividades colectivas de las PCD en igualdad de condiciones al resto de colectivos sociales. Su utilización va a tener un impacto directo en la mejora de la calidad de vida de los distintos colectivos de las PCD, ya que tanto el diagnóstico de los problemas de accesibilidad, como la propuesta de actuaciones de mejora de la misma se realizan de forma sistematizada y automatizada teniendo en cuenta las necesidades de utilización del entorno físico de las PCD y las condiciones tecnológicas y de funcionalidad de los EUC (ver Figura 1).

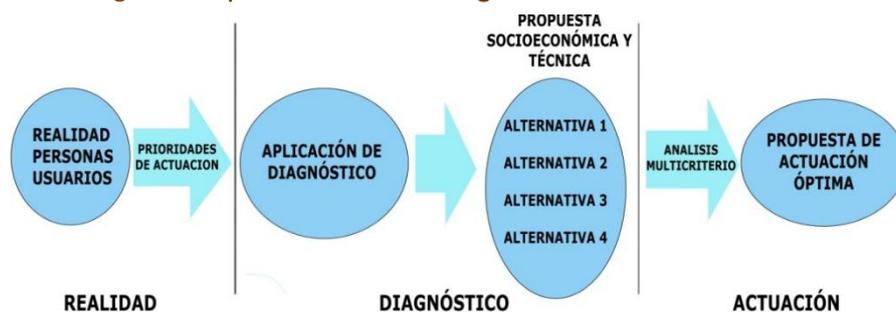
Fase 1. Utilización de una metodología de análisis de la realidad de los EUC en materia de accesibilidad (Cornadó et al., 2019). Está integrada por tres ámbitos clave de la rehabilitación de los mismos: seguridad, eficiencia energética y funcionalidad. Para ello, se compara la realidad de la accesibilidad del EUC con los requerimientos básicos de las normas de obligado cumplimiento del estado español (Decreto 293/2009), (Real Decreto 173/2010), (Decreto 72/1992).

Fase 2. Utilización de un método para proponer de forma sistematizada distintas actuaciones de mejora de la accesibilidad, incluyendo su cuantificación económica (Gallego, 2008). Las actuaciones de mejora de la accesibilidad se recogen en una propuesta de intervención en la que cada persona usuaria registrada (personal técnico cualificado) puede introducir las alternativas que considere convenientes. Se entiende por alternativa al conjunto de actuaciones de diseño y construcción que una vez aplicadas mejorarán el estado de la accesibilidad del EUC. Se han previsto dos tipos de alternativas: la propia de la herramienta denominada alternativa habitABLE, y la no tipificada que permite al personal técnico cualificado introducir una solución propia con presupuesto incluido (del Moral & Delgado, 2020). Las alternativas se evalúan siguiendo el mismo proceso de comparación de la fase 1 con la salvedad de que la realidad de la accesibilidad de las mismas es la resultante una vez aplicada la actuación de mejora. Por último, con el objetivo de garantizar que la propuesta de intervención se adecua a las necesidades de las PCD y a las condiciones tecnológicas y de funcionalidad del EUC, el sistema de valoración de las alternativas empleado se realiza a partir de un conjunto amplio de criterios de tres tipos: técnicos, sociales y económicos.

Fase 3. Aplicación de un análisis multicriterio difuso para determinar la intervención de mejora de la accesibilidad más adecuada y que pueda ser considerada ajuste razonable (ver Figura 2). Esta

determinación se consigue clasificando las alternativas según el grado de dominancia guiado por cuantificadores, QGDD (en inglés quantifier-guided dominance degree) (Delgado et al., 2019), que son el personal técnico cualificado que utiliza la herramienta. El objetivo último de esta actividad es conseguir un equilibrio adecuado entre las necesidades de las PCD y las condiciones funcionales y tecnológicas de los EUC, tal y como recogían los autores en su artículo de “Fuzzy multicriteria for determining reasonable adjustment in housing” para los edificios de vivienda (Delgado et al., 2019), artículo en el que quedó demostrado que la utilización de la herramienta permite la determinación de que algunas alternativas pueden ser ajuste razonable en los edificios de vivienda.

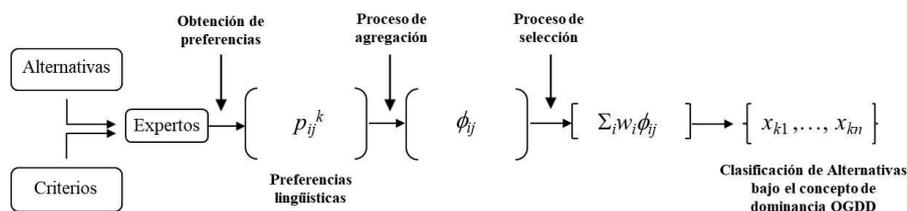
Figura 1. Esquema de la metodología de la herramienta habitABLE



Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

En la Figura 2 se recoge el esquema de la metodología empleada en el análisis multicriterio difuso por medio del que se obtiene la clasificación de las alternativas.

Figura 2. Esquema de la metodología empleada en el análisis multicriterio difuso



Fuente: Delgado et al., 2019.

4. Proceso de diseño e implementación de la herramienta y su manejo

En este apartado se recoge el desarrollo de la herramienta habitABLE (del Moral & Delgado, habitABLE, Habitar, Accesible, Sostenible, 2018) desde el ámbito del diseño e implementación de una aplicación web. En ese contexto bajo la dirección de los autores, Santiago Gutiérrez Rojano, entonces estudiante de Ingeniería Informática, colaboró en dicho desarrollo y en la fase de pruebas de la herramienta durante los años 2018 y 2019. Y finalmente plasmó en su Trabajo Fin de Grado, denominado “HabitABLE” (Gutiérrez, 2019) el proceso seguido, así como los resultados del mismo.

4.1 El proceso habitABLE

La herramienta “habitABLE” se desarrolla en código abierto y bajo la licencia creative commons CC BY-NC-ND (Reconocimiento – No comercial – Sin Obra Derivada). Esta licencia es la más restrictiva de las seis licencias principales, sólo permite que otros puedan descargar las obras y compartirlas con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se pueden cambiar de ninguna manera ni se pueden utilizar comercialmente. Por otro lado, la herramienta se ha creado siguiendo las directrices de accesibilidad para el contenido Web 2.0, con el objetivo de hacer la Web más accesible a los usuarios con discapacidad. De esta forma, como aparece en la pantalla de inicio, se ha conseguido el Nivel Doble-A de Conformidad con las Directrices de Accesibilidad para el Contenido Web 2.0 (Real Decreto 1112/2018).

A continuación, se describen los hitos que configuran la funcionalidad de la herramienta.

1º. Las personas usuarias de la aplicación, normalmente profesionales de la arquitectura, emplean la herramienta para identificar problemas de accesibilidad universal en los EUC y aplicar las posibles soluciones con el objetivo de solventarlos. Los pasos que tienen que seguir son por este orden, registrarse, identificarse, consultar un mapa que muestra las solicitudes realizadas sobre edificios o enviar una determinada consulta a los administradores de la herramienta. Cualquier persona usuaria registrada puede iniciar un proceso de solicitud o consultar solicitudes realizadas con anterioridad. El inicio del proceso de solicitud supone la introducción en el formulario de solicitud de un conjunto amplio de datos que no son todos obligatorios. Existe la posibilidad de introducir planos de la configuración arquitectónica del edificio que no están sujetos a evaluación por sí mismos, pero que se almacenan para, por un lado, realizar comparativas del estado inicial con el estado resultante tras aplicar la propuesta de soluciones a adoptar y para, por otro, realizar consultas posteriores.

2º. A partir de aquí la interacción con la herramienta contiene varias actividades, que se describen a continuación.

Diagnóstico. A través de unas fichas de la herramienta, denominadas fichas de diagnóstico, se introducen unos datos que permiten el análisis de la accesibilidad por la propia herramienta. Estas fichas se pueden descargar si la persona usuaria así lo decide. Las fichas de diagnóstico se realizan para cada componente de los considerados, que se corresponden con los distintos espacios del EUC, y comparan la realidad de la accesibilidad con los requerimientos básicos de normas de obligado cumplimiento del estado español. El sistema de comparación utilizado es el mismo que el empleado en la herramienta VIVable (Delgado, et al., 2013) y que ya había sido utilizado por los autores en el proyecto PATRAC (del Moral & Delgado, 2010), por lo que se usan dos hechos cualificadores que son la relevancia y el rango.

La relevancia cuantifica la importancia del requerimiento básico a analizar frente al resto. Y los rangos utilizados en este caso (del Moral & Delgado, *habitABLE*, Habitar, Accesible, Sostenible, 2018) son cuatro: el diseño para todas las personas, discapacidad de movilidad, discapacidad visual y discapacidad auditiva. El rango de diseño para todas las personas se ha utilizado para su consideración en la penúltima actividad, análisis multicriterio, con el objetivo de que las intervenciones de mejora de la accesibilidad estén cercanas a la accesibilidad universal.

Propuesta de actuaciones de mejora de la accesibilidad a través de la definición de las alternativas. En esta actividad y como ya se ha comentado hay dos opciones posibles: utilizar alternativas “habitABLE” o alternativas no tipificadas. Todas ellas contienen un estudio económico.

Evaluación de alternativas. Se trata de seleccionar las alternativas que se evaluarán en función de las soluciones implementadas. Al igual que en el proceso de diagnóstico es obligatorio introducir los datos nuevos en las fichas que se volverán a evaluar. La herramienta muestra a través de una tabla comparativa entre distintas soluciones y los datos del diagnóstico. Valoración de cada una de las alternativas propuestas en tres tablas de análisis multicriterio con todos los datos del proceso realizado y que responden a los tres tipos de criterios, Económicos, Sociales y Técnicos.

Elección de los datos con que la persona usuaria desea generar un fichero pdf de la solicitud, que se puede descargar en su dispositivo electrónico y también conservar unido a la misma.

4.2 *Diseño de la herramienta*

La herramienta sigue un proceso en el que las personas usuarias (en general, arquitectas y arquitectos que son los competentes según la Ley de Ordenación de la Edificación (Ley 38/1999) tienen que realizar un conjunto de actividades basadas en la introducción de múltiples datos, no todos obligatorios, organizados en tres grupos, que se recogen en la Figura 3.

Para la introducción y gestión de todos los datos, la aplicación debe estar alojada en un servidor central para poder acceder a ella desde cualquier dispositivo y desde cualquier lugar. En este momento está diseñada para ser utilizada desde un ordenador, pero en el futuro se puede adaptar a dispositivos móviles.

Figura 3. Grupos de datos a introducir en la herramienta



Fuente: elaboración propia.

El diseño de la herramienta se ha basado en un modelo relacional, por lo que el primer paso consiste en diseñar la base de datos. Para ello, se ha utilizado el modelo conceptual “entidad/relación”, diagrama E/R, con una colección de objetos básicos (entidades) y las relaciones entre ellos, (Date, 2004), (Elmasri, 2004), (García-Molina, Ullman, & Widom, 2002). El diseño del diagrama E/R se realiza en base a la configuración de las entidades que intervienen, 18 en total, así como de las relaciones entre ellas que son 15. Los conjuntos de elementos identificados se recogen en la Tabla 1. Toda la información que contienen los conjuntos de elementos se pasa a unas tablas, que a partir de un proceso de normalización permiten obtener las tablas definitivas utilizadas en la herramienta.

Tabla 1. Elementos del diseño de la base de datos

Entidades		Relaciones	
1. Usuario	10. Alternativas	1. Usuario realiza solicitud	9. Diagnóstico tiene alternativa
2. Solicitud	11. Alternativas no tipificadas	2. Planos pertenecen a solicitud	10. Alternativa es alternativa no tipificada
3. Planos	12. Alternativas habitABLE	3. Solicitud genera PDF	11. Alternativa es alternativa habitABLE
4. Documento PDF	13. Solución	4. Persona realiza solicitud	12. Alternativa habitABLE tiene soluciones
5. Persona	14. Evaluación	5. Representante representa a persona en solicitud	13. Alternativa es evaluada
6. Representante	15. Valoración	6. Solicitud tiene edificio	14. Evaluación de fichas
7. Edificio	16. Multicriterio	7. Diagnóstico pertenece a solicitud	15. Valoración de evaluación
8. Diagnóstico	17. Contacto	8. Diagnóstico contiene fichas	
9. Fichas	18. Valores de fichas		

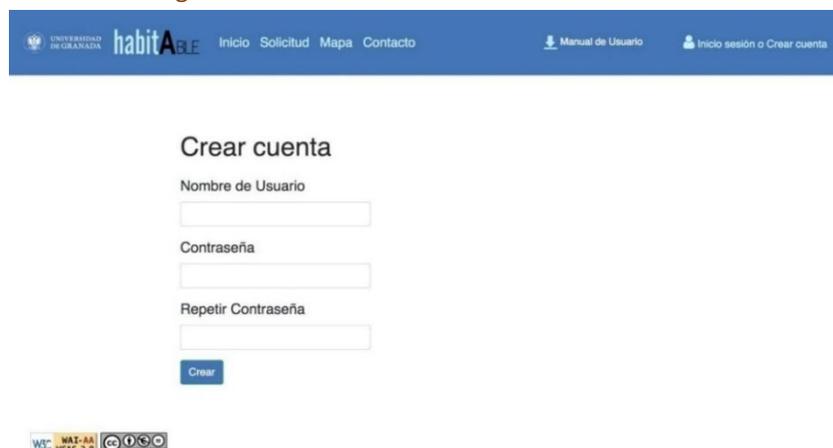
Fuente: elaboración propia.

El segundo paso consiste en el diseño de la aplicación web para el que se ha utilizado un patrón denominado Modelo Vista Controlador, MVC, que separa los datos y la lógica y está constituido por tres componentes: el modelo, la vista y el controlador. Este patrón es muy utilizado en el diseño e implementación de páginas web. El controlador es un script invisible para la persona usuaria. El modelo se encarga de gestionar las consultas del controlador realizando las funciones necesarias para responderlas. La vista es la interfaz que en nuestro caso es la web. Y el controlador se encarga de manejar los datos introducidos y de responder a eventos asociados a los mismos y realiza consultas al modelo.

La herramienta está configurada por un conjunto de módulos ordenados. Cada módulo es un conjunto de scripts que se encargan de una función determinada. El de *Identificación* se encarga de responder a las peticiones de la persona usuaria para registrarse e identificarse. El *Mapa* conecta con el modelo y muestra las solicitudes realizadas en el sistema con algunos datos. El *Contacto* muestra un formulario de contacto con la persona administradora de la herramienta, que recoge la consulta, la guarda y la envía por email a esta persona. La *Solicitud* contiene varios módulos que se encargan de todo el proceso a realizar en la misma.

El diseño de la interfaz sigue un patrón y unos colores elegidos de antemano (Figura 4) con el objetivo de que la página web sea accesible, por lo que están adaptados a las directrices de accesibilidad para el contenido Web 2.0 (Real Decreto 1112/2018).

Figura 4. Diseño de la interfaz de la herramienta



Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

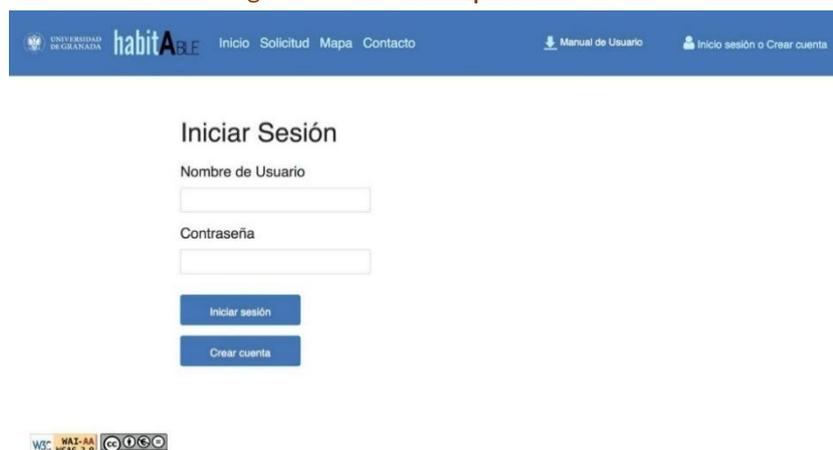
4.3 Implementación del software

Los lenguajes utilizados son bastante comunes: HTML, CSS, PHP, JavaScript y SQL. En el caso de las bibliotecas también se han utilizado las más comunes, empleadas en aplicaciones web (Håkon & Bert, 2005): DOMPDPF. Permite generar un documento PDF a partir de una web HTML. BOOTSTRAP. Biblioteca multiplataforma con multitud de plantillas para formularios, tablas, etc., API Google Maps, utilizada para mostrar los mapas de Google en las aplicaciones web.

Los módulos se configuran en tres partes:

La primera es la “vista” que es el interfaz que interactúa con la persona usuaria y recibe o muestra los datos. Al iniciar la aplicación la primera vista que tiene la persona usuaria es la página index con un menú superior con los logotipos de la UGR y de habitABLE, con varios botones (Figura 5).

Figura 5. Inicio de la aplicación web



Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

La segunda es el “controlador” que es un script que recibe los datos y los procesa antes de enviarlos al modelo que es invisible para la persona usuaria.

Y la tercera es el “modelo” que se encarga de recibir las consultas y de responder, bien sobre base de datos, bien sobre cálculos. Los cálculos y generación de elementos los realizamos en un fichero llamado “funciones.php” y las consultas en uno llamado “db.php”.

Y los módulos utilizados son: base de datos, identificación, mapa, contacto y solicitud.

5. Resultados obtenidos

Como resultados del trabajo se recogen aquí los principales contenidos de la estructura del Manual de la Persona Usaria del sitio Web elaborado en 2018 y un ejemplo de aplicación en un edificio de utilización colectiva con la discusión de los resultados obtenidos para este caso.

5.1 Manual de la Persona Usaria del sitio web

El manual se diseña como una guía para el manejo de todas las áreas de contenidos y sus funciones, permitiendo el dominio de todas sus características. A continuación, se describen los aspectos más relevantes de cada uno de los capítulos del Manual.

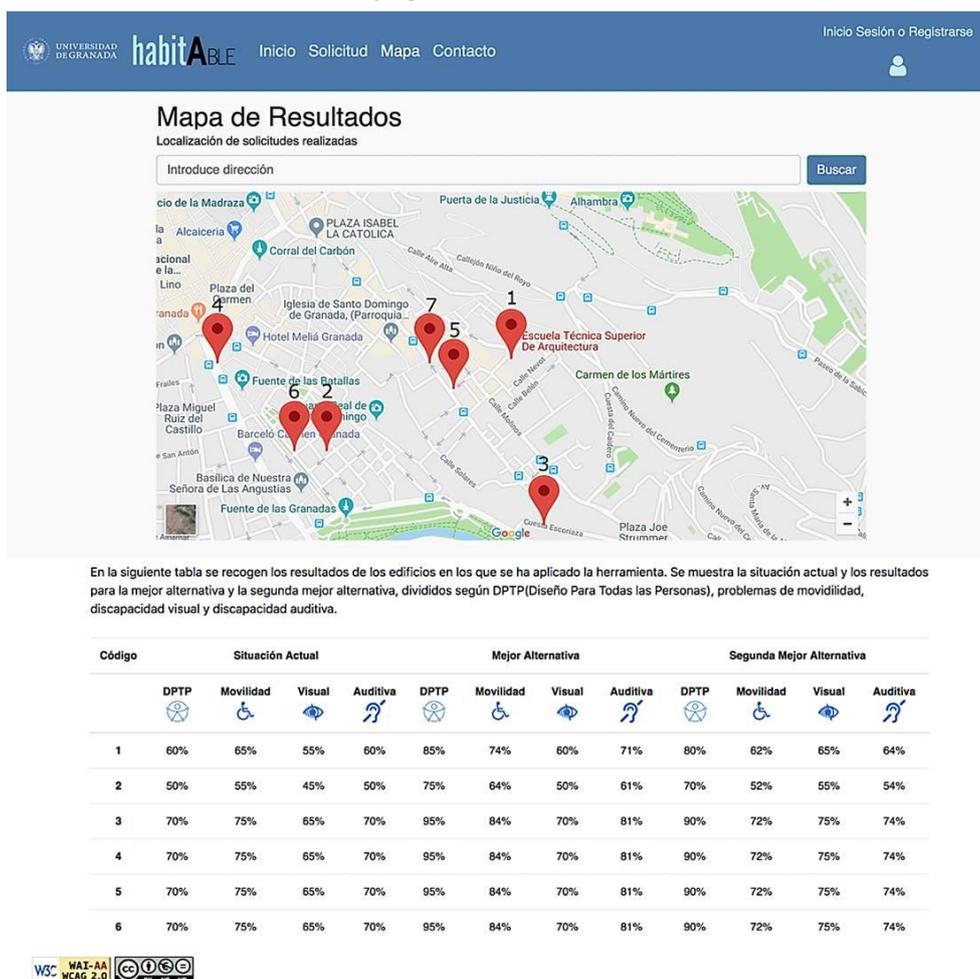
- Menú superior de la página de inicio del sitio web (Figura 5).

Al pinchar los logotipos de habitABLE, UGR o Inicio el sitio web vuelve siempre a la página de inicio.

Solicitud. Es el espacio principal de la web ya que es el lugar en el que se hace el estudio completo del edificio elegido. Una vez dentro dispone de un menú lateral para seguir cada uno de los pasos a dar en el proceso.

Mapa. Muestra un mapa de resultados con la ubicación de los edificios estudiados, así como una tabla de resultados con los datos generales de cada caso (Figura 6).

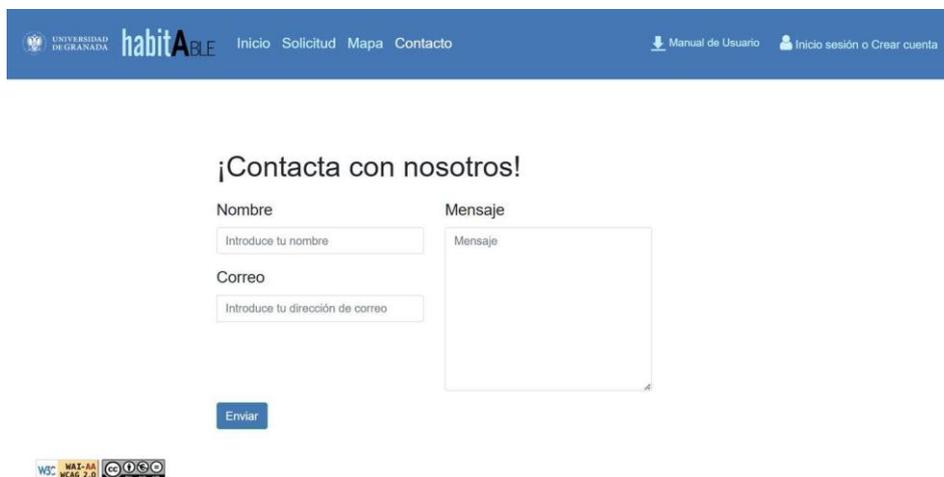
Figura 6. Mapa y tabla de resultados obtenidos



Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

Contacto. Está constituido por un formulario (Figura 7) para que el visitante pueda ponerse en contacto directo con el administrador del sitio web.

Figura 7. Formulario de contacto



UNIVERSIDAD DE GRANADA **habitABLE** Inicio Solicitud Mapa Contacto Manual de Usuario Inicio sesión o Crear cuenta

¡Contacta con nosotros!

Nombre
Introduce tu nombre

Correo
Introduce tu dirección de correo

Mensaje
Mensaje

Enviar

W3C WCAG 2.0

Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

5.2 Manual del usuario. Descarga del Manual para el uso del sitio web.

Inicio Sesión o Registrarse. Permite a cualquier persona usuaria registrarse o iniciar sesión.

- Inicio de solicitud.

Para poder iniciar una solicitud es necesario que la persona usuaria se registre e inicie la sesión. Para ello, se siguen los pasos siguientes:

1º. Registro/ Inicio de sesión (Figura 5). Para las personas usuarias ya registradas se encuentran los espacios para introducir el nombre de la persona y la contraseña. Para las personas no registradas hay que pulsar el icono crear cuenta, que permite el acceso al sitio web de forma automática.

2º. Solicitud. Se accede desde el botón solicitud del menú superior. Una vez dentro permite tres opciones: Inicio de solicitud de Edificio de Utilización Colectiva, Inicio de solicitud de Edificios Residenciales de Vivienda o Ver mis solicitudes (Figura 8). Los dos primeros permiten el desarrollo de la solicitud al completo bajo la misma estructura. En este artículo se recoge solo el desarrollo de la primera opción.

Figura 8. Inicio de solicitud



UNIVERSIDAD DE GRANADA **habitABLE** Inicio Solicitud Mapa Contacto Manual de Usuario Inicio sesión o Crear cuenta

Inicio de Solicitud de Edificio de Utilización Colectiva

Inicio de Solicitud de Edificios Residenciales de Viviendas

Ver mis solicitudes

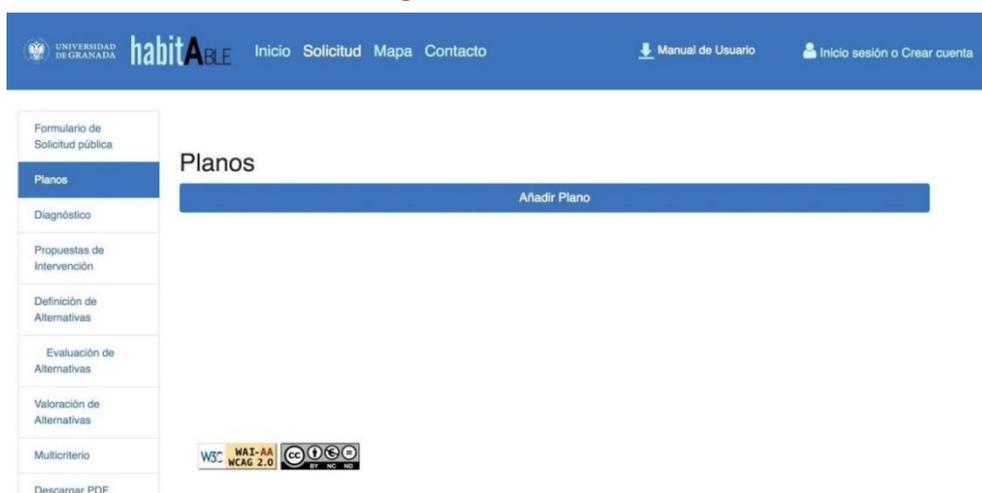
W3C WCAG 2.0

Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

- Desarrollo de la solicitud para Edificio de Utilización Colectiva.

Consta de varios pasos que se ubican en el menú lateral (ver Figura 9). Se encarga de describir y desarrollar los pasos del estudio del edificio para que la herramienta sea completa. Solo está disponible en el botón solicitud. Hay que seguir los pasos de forma ordenada: Formulario de Solicitud, Planos, Diagnóstico, Propuestas de Intervención, Definición de alternativas, Evaluación de alternativas, Valoración de alternativas, Multicriterio y Descargar PDF.

Figura 9. Menú lateral



Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

Paso 1º. Formulario de solicitud. Es importante que este apartado se complete ya que la información recogida en este apartado se utiliza después en el botón Multicriterio. Los datos que hay que introducir se clasifican como se indica a continuación:

Identificación y datos jurídicos. Son datos generales sobre el solicitante y el edificio a analizar.

Datos de carácter social. Son datos fundamentales para la elaboración del análisis multicriterio ya que recogen la información referente a las personas usuarias del edificio.

Datos económicos. Son datos fundamentales, igualmente para la elaboración del análisis multicriterio, ya que se refieren a la capacidad económica de los responsables del funcionamiento o tenencia del edificio y de sus actividades.

Relación de problemas de accesibilidad del edificio, tanto del interior como del exterior del mismo si fuese el caso.

Una vez cumplimentado el Formulario de Solicitud se tiene que pulsar el botón “Siguiente” para continuar el proceso.

Paso 2º. Planos. Es una sección opcional (Figura 9), que permite a la persona usuaria introducir un plano en formato pdf desde su ordenador a través del botón “añadir plano”.

Paso 3º. Diagnóstico. Se divide en dos espacios diferenciados, superior e inferior (Figura 10).

En el espacio superior aparecen la totalidad de las fichas de diagnóstico que se pueden añadir una a una a elección de la persona usuaria de la herramienta. Si se quieren añadir fichas de un mismo componente existe un submenú con la opción “+” para concretar el número exacto. Se utilizan para introducir los datos de la realidad de la accesibilidad de cada componente.

En el espacio inferior aparece una tabla con la totalidad de las fichas seleccionadas para cada componente de los que la persona usuaria decide analizar y que aparecen ordenadas en filas consecutivas. La tabla tiene varias columnas: código (establecido para cada tipo de componente), etiqueta (nombre asignado al componente), DPTP (siglas del diseño para todas las personas), Movilidad, Auditiva y Visual (discapacidades de cada tipo).

Una vez introducidos todos los datos que componen los cuatro grupos anteriores, aparece una cifra en % que se corresponde con el resultado del diagnóstico. A la derecha en cada fila de la tabla aparecen tres botones con sus correspondientes iconos: editar, eliminar y descargar. Pulsando el botón de “Editar” se accede a la ficha correspondiente a cada componente para la introducción de los datos que la conforman en una columna denominada “Situación Actual”. Una vez cumplimentadas se obtienen los porcentajes del estado de accesibilidad para DFTP, Movilidad, Auditiva y Visual. Por medio del botón “Eliminar” se puede borrar la ficha de un determinado componente en su totalidad. Y por medio del botón “Descargar” se puede obtener la ficha de un determinado componente en formato pdf para ser cumplimentada de forma manual, si así se desea.

Figura 10. Fichas de diagnóstico añadidas

The screenshot shows the 'habitABLE' web application interface. On the left is a navigation menu with options like 'Formulario de Solicitud pública', 'Planos', 'Diagnóstico', 'Propuestas de Intervención', 'Definición de Alternativas', 'Evaluación de Alternativas', 'Valoración de Alternativas', 'Multicriterio', and 'Descargar PDF'. The main area displays a list of diagnostic forms (TC08 Local Húmedo, TC09 Piscina, TC10 Atención e información pública, TC11 Actividades colectivas de estancia, TC12 Actividades colectivas de estancia y de atención al pública, TC13 Actividades colectivas de almacén y reprografía, TC14 Vestuario) with an 'Añadir' button. Below this is a table with columns for 'Codigo', 'Etiqueta', 'DFTP', 'Movilidad', 'Auditiva', and 'Visual'. Two rows are visible: TC 01 (Itinerario) with 70% for all categories, and TC 03 (Escalera) with 80% DFTP, 60% Movilidad, 50% Auditiva, and 40% Visual. Each row has 'Editar', 'Eliminar', and 'Descargar' buttons. At the bottom left of the table area are accessibility icons: WC, WCAG 2.0, and others.

Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

Paso 4º. Propuestas de intervención. Consta de tres partes: Definición de alternativas, Evaluación de alternativas y Valoración de alternativas, a las que se accede desde el menú lateral.

El espacio de definición de alternativas se utiliza para configurar las soluciones de mejora de la accesibilidad y la persona usuaria podrá introducir las que estime oportunas y de los dos tipos que permite la herramienta.

El espacio de evaluación de alternativas es el que recoge todas las alternativas introducidas en el paso anterior y para cada una de ellas permite realizar el proceso de evaluación con una metodología igual a la empleada en el diagnóstico (la única diferencia es que la “situación actual” ya es igual al resultado de aplicar la alternativa correspondiente. El espacio de valoración de alternativas es la tercera y última parte de la propuesta de intervención. Para ello, se utiliza una base de datos compleja de carácter técnico, social y económico en relación al edificio y a las personas usuarias del mismo (Figura 11).

Paso 5º. El espacio multicriterio permite dar un valor a cada alternativa y determinar la que es ajuste razonable, a través de una ponderación lineal o de Scoring, que consiste en construir una función que asocia un número real a cada una de las alternativas posibles (Delgado, del Moral, C, del Moral, M.J., Tapia, Valverde-Palacios, & Valverde-Espinosa, 2019). Este número refleja el valor o la utilidad que cada alternativa tiene para el decisor a través de una suma ponderada basada en la expresión que se recoge a continuación:

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i * r_{ij}$$

En la que:

S_j es la puntuación obtenida por la alternativa j , de un total de m alternativas

r_{ij} es el rating o calificación obtenida por la alternativa j , según el criterio C_i , de un total de n criterios

w_i es la ponderación establecida para cada criterio C_i , de un total de n criterios

Figura 11. Valoración de alternativas

Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

Desde habitABLE se propone que la calificación obtenida por cada alternativa se asigne en función de una escala homogénea (ver Figura 12) para todos los criterios que va desde el 0 hasta el 4. Se considera que esta escala es suficiente para establecer las diferencias de valor que se puedan apreciar entre las distintas alternativas. Según la naturaleza del criterio, bastará con la escala de valores de tres puntos, 0, 2 y 4, o para criterios más complejos, que admitan más matices, se podrá utilizar una escala más pormenorizada: es cuando se utilizarán los valores intermedios 1 y 3 (Delgado, del Moral, C, del Moral, M.J., Tapia, Valverde-Palacios, & Valverde-Espinosa, 2019). Los criterios elegidos como referencias para manifestar las preferencias de la persona usuaria en materia de accesibilidad responden a los tres grupos mencionados y a su vez, cada uno de ellos se subdivide en una serie de subgrupos atendiendo a la homogeneidad en la naturaleza de los mismos. Técnicos: satisfacción de las necesidades de las PCD, condiciones tecnológicas del edificio y marco normativos. Sociales: diversidad funcional, situación de ocupación del edificio, condiciones patrimoniales y valores socio-culturales. Económicos: capacidad económica, valoraciones económicas, facilitadores de mejora, límite del deber legal de conservación y otras.

La ponderación w_i o importancia dada a cada grupo será la misma para conseguir el equilibrio efectivo entre las necesidades de utilización del entorno físico de las PCD y las condiciones tecnológicas y de funcionalidad de los EUC. Este proceso permite la clasificación y ordenación de las alternativas que será la que finalmente determinará las propuestas que son ajuste razonable.

Figura 12. Escala de rating o calificación para las alternativas

Valor entero asignado a la Alternativa A_j en función del criterio C_i (i desde 1 hasta n)	Significado del valor asignado
---	El criterio no se ha podido tener en cuenta y por lo tanto no se valora
0	Tiene muy poco o nulo valor por carecer de interés para el criterio o no alcanzar su objetivo
1	Cuando proceda: valor intermedio entre 0 y 2. Tiene escaso valor por tener escaso interés para el criterio o casi no alcanzar su objetivo
2	Tiene mediano valor por tener medio interés para el criterio o alcanzar su objetivo solo a medias
3	Cuando proceda: valor intermedio entre 2 y 4. Tiene bastante valor por tener bastante interés para el criterio o aproximarse bastante a su objetivo
4	Tiene mucho valor por tener mucho interés para el criterio o alcanzar su objetivo

Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

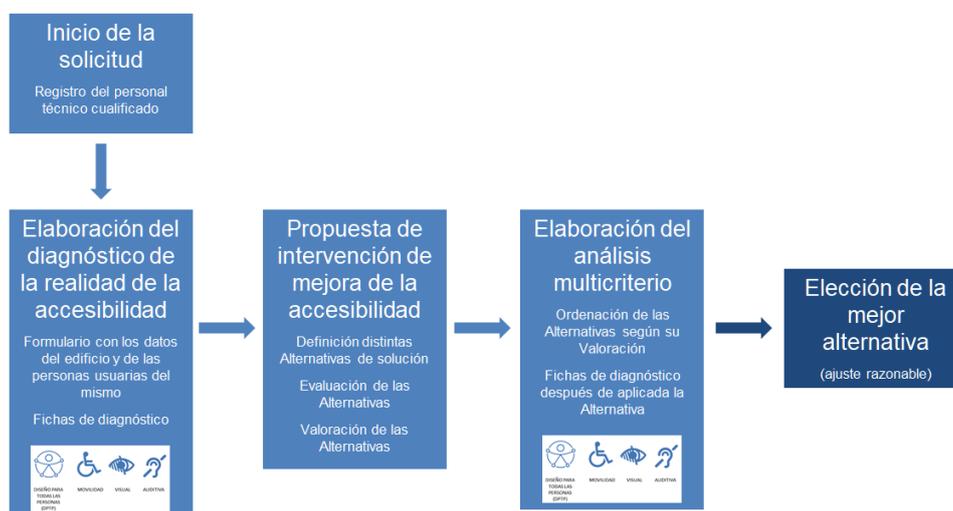
Por último, la herramienta permite realizar una comparativa de todas las intervenciones de mejora decididas, lo que permite la asignación de una *etiqueta de accesibilidad* al edificio o a parte del mismo (Figura 6).

Paso 6º. El espacio “Descargar pdf” permite a la persona usuaria obtener un documento completo con todo el proceso en ese formato, pudiendo seleccionar la ubicación en la que se desea guardar el archivo correspondiente.

5.3 Ejemplo de utilización

En este apartado se recoge un ejemplo de utilización de la herramienta en el edificio protegido, conocido como “Palacio de las Columnas”, en el que se ubica la Facultad de Traducción e Interpretación de la Universidad de Granada, así como la discusión de resultados obtenidos. Se trata, por tanto, de un edificio de utilización colectiva y uso de educación superior situado en el centro de la ciudad de Granada. El proceso seguido por la herramienta para este caso se recoge en la Figura 13 y a continuación se describen los pasos desarrollados en el mismo.

Figura 13. Proceso empleado en la utilización de la herramienta para el edificio “Palacio de las Columnas”



Fuente: elaboración propia.

- Inicio de la solicitud

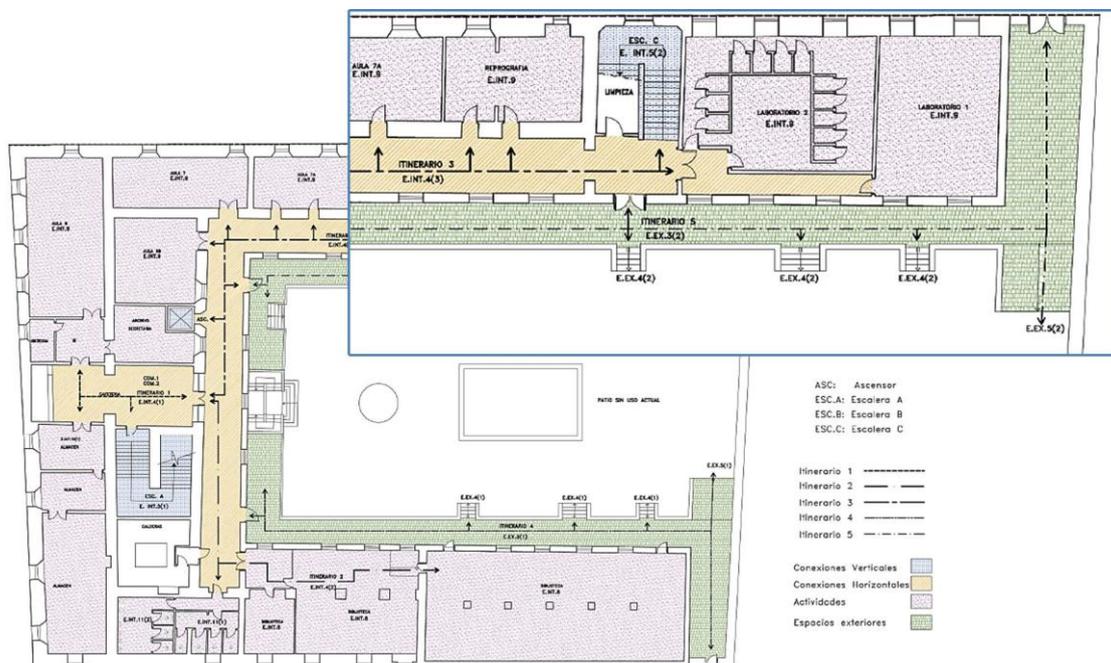
El proceso de la utilización de la herramienta comienza con el registro de la persona que se va a encargar de elaborar el informe técnico sobre este EUC que acredita el estado real de la accesibilidad y las posibles soluciones a los problemas detectados, caracterizando las que pueden ser ajuste razonable.

- Elaboración del diagnóstico de la realidad de la accesibilidad del EUC

El diagnóstico de la realidad de la accesibilidad de este edificio se inicia con la elaboración del formulario de solicitud una vez que se pulsa el botón “solicitud” del menú superior (ver Figura 8), que activa el menú lateral (ver Figura 9). Este formulario contiene los datos generales de las características del edificio y de las personas que lo utilizan. Aunque la sección “planos” es opcional, en el caso de estudio se insertaron los planos de las tres plantas del edificio para incorporar los distintos componentes (espacios del edificio) que configuran el diagnóstico de la accesibilidad. A modo de ejemplo en la Figura 14 se recoge la planta semisótano del edificio.

En la pestaña de diagnóstico se van seleccionando y añadiendo todas las fichas de diagnóstico correspondientes a los componentes para el caso que nos ocupa. Una vez que se han añadido todas las fichas de diagnóstico en el espacio inferior de la sección aparece una tabla con la totalidad de las mismas; a partir de aquí se editan y la persona usuaria rellena todos los ítems de la columna correspondiente a la “situación actual” en cada una de ellas (Figura 15).

Figura 14. Plano de planta semisótano del edificio con la incorporación de los componentes del diagnóstico de la accesibilidad



Fuente: elaboración propia.

Las normas sobre accesibilidad consideradas para realizar el diagnóstico son tres: las normas de obligado cumplimiento en vigor actualmente en la comunidad autónoma de Andalucía (Decreto 293/2009) y en el estado español, Código Técnico de la Edificación, CTE (Real Decreto 173/2010); la norma de obligado cumplimiento de la comunidad autónoma de Andalucía, ya derogada, y que sirve de referente para edificios existentes construidos o reformados con anterioridad a las que están en vigor (Decreto 72/1992); y la norma UNE-ISO sobre accesibilidad en el entorno (UNE-ISO 21542. Octubre 2012), que se utiliza para establecer la comparativa cuando hay algún componente no regulado en las anteriores.

Figura 15. Ejemplo: Ficha de Acceso al edificio

Diagnóstico-TC02 Acceso/Entrada												
Código	Componentes y Características	Situación Actual	Valor según D72/1992 y CTE	VALOR SEGÚN D 293/2009	VALOR NORMA UNE-ISO 21542	Relevancia DPTP	Relevancia Movilidad	Relevancia Visual	Relevancia Auditiva	Rango		
TC 02	Acceso/entrada					100%	100%	100%	100%	Obstáculo	Facilitador no cómodo	Facilitador
	Si existe desnivel éste se salva de forma accesible		si	si	si	8%	8%	8%	11%	no	-	si
	Anchura libre mínima(cm)*		120	120	150	6%	7%	8%	8%	< 120	120 <= X < 150	>= 150
	Altura libre mínima (cm)**		-	220	210	7%	5%	5%	2%	< 210	210 <= X < 220	>= 220
	Diámetro mínimo del espacio libre de giro (cm)		120	150	150	7%	8%	5%	3%	< 120	120 <= X < 150	>= 150
	Felpudo encastrado/filado al		-	si	-	7%	8%	8%	3%	no	-	si

Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018.

Los apartados destinados a relevancia son los correspondientes a los cuatro grupos establecidos en la herramienta. Se establece un % de relevancia para cada ítem basado en la investigación y resultados del proyecto VIVable (Delgado, et al., 2013) adaptados a los EUC. Por último, las

columnas de Rango recogen el resultado de la comparativa de la situación actual con los valores de las normas consideradas que va desde facilitador cuando cumple, a obstáculo cuando no cumple y facilitador no cómodo cuando está muy cerca del cumplimiento de la norma.

Finalmente, la herramienta otorga un resultado de diagnóstico basado en un % para cada componente de los elegidos y para cada uno de los cuatro grupos de relevancia (Figura 16).

Figura 16. Lista de fichas de diagnóstico empleadas en el edificio

Codigo	Etiqueta	Acc.Todos	Acc.Movilidad	Acc.Auditiva	Acc.Visual			
TC01	Itinerario	66%	70%	64%	75%	Editar	Eliminar	Descargar
TC02	Acceso	70%	50%	80%	70%	Editar	Eliminar	Descargar
TC03	Escalera	80%	60%	50%	40%	Editar	Eliminar	Descargar
TC04	Rampa	78%	60%	50%	45%	Editar	Eliminar	Descargar
TC05	Ascensor	65%	70%	54%	70%	Editar	Eliminar	Descargar
TC06	Puerta	70%	70%	60%	55%	Editar	Eliminar	Descargar
TC07	Aparcamiento	65%	80%	60%	50%	Editar	Eliminar	Descargar

Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018

Hay que reseñar que la base de datos de la herramienta permite modificar de forma sencilla los valores de las normas sobre accesibilidad a considerar en el diagnóstico, por lo que la herramienta se puede emplear en cualquier otra comunidad autónoma del estado español u otro país.

-Propuesta de intervención de mejora de la accesibilidad.

La propuesta de intervención de la mejora de la accesibilidad se materializa en la pantalla de las alternativas. Para ello, cada alternativa se edita y se configura como la suma de las soluciones comunes propias de la herramienta y soluciones por tipo de componente. Las soluciones se han diseñado en formato de tabla en la que se recoge el código asignado, un título, la unidad de medida y el precio por unidad.

Una vez que se han seleccionado todas las soluciones necesarias para cada alternativa se obtiene la configuración de la misma con el precio total. A partir de aquí se evalúan con el mismo proceso que el realizado para el diagnóstico con el objetivo de asignar un % para cada componente de los elegidos y para cada uno de los cuatro grupos de relevancia una vez que hemos aplicado la alternativa correspondiente. De esta forma se puede determinar el incremento de mejora de la accesibilidad respecto al estado actual. Por último, se procede a la valoración de las alternativas a través de la base de datos compleja de la herramienta. Esta valoración es necesaria para acometer el análisis multicriterio.

-El análisis multicriterio.

Tal y como ya se ha comentado el análisis multicriterio difuso permite la clasificación y ordenación de las distintas alternativas elegidas por la persona usuaria y la determinación de las que resultan ajuste razonable (Figura 17).

En una misma tabla se superponen los resultados de cada una de ellas, ordenados por los grupos de criterios técnicos, sociales y económicos y la herramienta los ordena de mayor a menor puntuación.

Figura 17. Tabla multicriterio. Criterios Técnicos

Grupo de Criterios	Subgrupo de Criterios	Criterios	Peso W(0 a 1)	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3			
				Edificio	Rating R (0 a 4)	WsR	Edificio	Rating R (0 a 4)	WsR	Edificio	Rating R (0 a 4)	WsR	
Técnicos (0,333)	Satisfacción necesidades PCD (65% s/técnicos)	1 Nivel acc de la propuesta diseño para todos (%)	0,054	97%	4	0,217	91%	4	0,217	86%	3	0,163	
		2 Nivel acc de la propuesta movilidad (%)	0,054	97%	4	0,217	92%	4	0,217	87%	3	0,163	
		- Nivel acc de la propuesta auditiva (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		- Nivel acc de la propuesta visión (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3 Incremento nivel acc diseño para todos (%)	0,054	29%	4	0,217	23%	4	0,217	18%	3	0,163	
		4 Incremento nivel acc movilidad (%)	0,054	28%	4	0,217	23%	4	0,217	18%	3	0,163	
		- Incremento nivel acc auditiva (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	- Incremento nivel acc visión (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Condiciones tecnológicas del edificio	1 Configuración arquitectónica	0,017	Media	2	0,033	Media	2	0,033	Media	2	0,033	
		2 Estado físico	0,017	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	
		3 Usos y actividades	0,017	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	
		4 Relaciones con el entorno	0,017	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	
	Marco normativo	5 Técnico	0,017	Media	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	
6 Urbanístico		0,017	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067		
7 Administrativo		0,017	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067	Escasa o Nula	4	0,067		
Celda de comprobación del peso del grupo de indicadores (Σ Wtécnico)			0,333	Total Ttécnico=	Σ WtécnicoR=	1,300	Total Ttécnico=	Σ WtécnicoR=	1,300	Total Ttécnico=	Σ WtécnicoR=	1,300	

Fuente: Consuelo del Moral Ávila, Luis Delgado Méndez y Jesús Román Ríos, 2018

6. Conclusiones

El diseño y la funcionalidad de la herramienta habitABLE (del Moral & Delgado, habitABLE, Habitar, Accesible, Sostenible, 2018) permite alcanzar los objetivos propuestos al inicio de la investigación desarrollada a tal fin en tiempo real: porque se trata de una herramienta eficaz en la gestión de una información amplia y compleja necesaria para abordar la evaluación del estado de la accesibilidad y así obtener un diagnóstico preciso de la realidad de los edificios existentes. Una vez realizado el diagnóstico, la herramienta permite la elaboración de propuestas de actuación de mejora de la accesibilidad a partir de una amplia base de datos especializada para los edificios de utilización colectiva existentes, sistematizada y científicamente verificada. Y por último, permite también la toma de decisiones en las propuestas de intervención de mejora, por medio de un análisis multicriterio difuso, que además determina la propuesta que puede considerarse *ajuste razonable* (Real Decreto Legislativo 1/2013). Por tanto, se trata de una herramienta que permite asignar una etiqueta de accesibilidad al edificio analizado por medio de toda la documentación que permite obtener: la evaluación del estado de la accesibilidad del edificio; las propuestas de actuación de mejora de la accesibilidad; y la determinación de la que se considera ajuste razonable en un EUC existente o, incluso, en parte del mismo.

El diseño de la herramienta se ha basado en un modelo relacional a través del modelo conceptual “entidad/relación”, diagrama E/R, con una colección de objetos básicos (entidades) y las relaciones entre ellos (Date, 2004), (Elmasri, 2004), (García-Molina, Ullman, & Widom, 2002). El diseño del diagrama E/R se realiza en base a la configuración de las entidades que intervienen, 18 en total, así como de las relaciones entre ellas que ascienden a 15. La aplicación web se ha diseñado por medio de un patrón denominado Modelo Vista Controlador, MVC, que separa los datos y la lógica y está constituido por tres componentes: el modelo, la vista y el controlador; se trata de un patrón muy utilizado en el diseño de páginas web. En cuanto a la biblioteca es multiplataforma con multitud de plantillas, entre las que se encuentra API Google Maps que se utiliza para mostrar en los mapas de Google de la aplicación web el conjunto de edificios que cuentan con la etiqueta de accesibilidad.

Respecto al diagnóstico de la accesibilidad, el sistema de comparación utilizado es el mismo que el empleado en el proyecto PATRAC (del Moral & Delgado, 2010) y en la herramienta VIVable (Delgado,

et al., 2013), por lo que se usan dos hechos cualificadores que son la relevancia y el rango. La relevancia cuantifica la importancia del requerimiento básico a analizar frente al resto. Y los rangos utilizados en este caso (del Moral & Delgado, habitABLE, Habitar, Accesible, Sostenible, 2018) son cuatro: el diseño para todas las personas, discapacidad de movilidad, discapacidad visual y discapacidad auditiva. El rango de diseño para todas las personas se configura como esencial en el análisis multicriterio difuso porque supone que las mejores alternativas son las más cercanas a la accesibilidad universal.

La formulación de las soluciones a los problemas detectados en el diagnóstico permite elaborar diferentes alternativas con un nivel suficiente y razonable incluyendo el coste económico de las mismas. La herramienta permite evaluar de forma automática el nivel de accesibilidad alcanzado en cada una de ellas. A través del análisis multicriterio difuso empleado se obtiene la clasificación y ordenación de las alternativas que será la que finalmente determinará las propuestas que son ajuste razonable (Real Decreto Legislativo 1/2013). Los criterios elegidos como referencia para manifestar las preferencias en materia de accesibilidad de la persona usuaria se clasifican en tres grupos: técnicos, sociales y económicos y la importancia dada a cada grupo será la misma para conseguir el equilibrio efectivo entre las necesidades de utilización del entorno físico de las PCD y las condiciones tecnológicas y de funcionalidad de los EUC.

Al utilizar el modelo conceptual “entidad/relación”, diagrama E/R, con una colección de objetos básicos (entidades) y las relaciones entre ellos el método propuesto desde habitABLE para el diagnóstico de la accesibilidad, la evaluación multicriterio difusa para determinar las propuestas que son ajuste razonable y la asignación de la etiqueta de accesibilidad son extrapolables a otros países en los que están normalizados los requerimientos básicos de accesibilidad universal en los edificios y el derecho de igualdad de trato y de vida independiente de las PCD; solo será necesario ajustar las entidades y sus relaciones a las citadas normalizaciones.

La tarea inmediata de los autores, en relación a la herramienta habitABLE (del Moral & Delgado, habitABLE, Habitar, Accesible, Sostenible, 2018), consiste en finalizar la elaboración de la etiqueta de accesibilidad en siete edificios propiedad de la Universidad de Granada que en este momento se encuentra en la fase inicial (diagnóstico de la accesibilidad). En el curso 2005-2006 se realizó un extenso informe sobre el estado de la accesibilidad y la elaboración de posibles propuestas de mejora de la misma en esos siete edificios, pero no llegó a ejecutarse. En cambio, de la herramienta VIVable (Delgado, et al., 2013) si se obtuvieron resultados muy positivos en su utilización en 7 edificios de viviendas. Se trabajó de forma diferenciada sobre los espacios privativos y viviendas unifamiliares y sobre los espacios colectivos a partir de la extensa base de datos sobre las personas usuarias y las características de cada edificio por medio de una colaboración estrecha y muy positiva con las personas usuarias. Se detectaron los principales problemas de accesibilidad a partir de la metodología de diagnóstico para cada componente y para la totalidad de cada edificio. Igualmente, con el objetivo de solucionar esos problemas se diseñaron las alternativas posibles edificio a edificio, incluyendo el coste económico correspondiente. A partir de aquí el análisis multicriterio permitió clasificar y ordenar las alternativas posibles, determinando las que eran ajuste razonable. Este resultado permitió a las personas usuarias elegir la mejor alternativa con una información razonada y transparente.

Para finalizar, con la utilización de la herramienta habitABLE se consigue el compromiso de posibilitar a las personas con discapacidad “habitar nuestros edificios de utilización colectiva” con mejores condiciones de autonomía, comodidad y seguridad.

Agradecimientos

A Jesús Román Ríos por su colaboración y aportación como arquitecto al trabajo de investigación materializado en la herramienta habitABLE, a partir de la toma de datos y el análisis de los mismos en el edificio recogido en el apartado 5.2.

A Santiago Gutiérrez Rojano estudiante del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad de Granada por sus aportaciones en la consecución de la funcionalidad de la herramienta que fueron utilizadas en su Trabajo Fin de Grado.

Autoría

La persona autora 1 ha conceptualizado y diseñado la investigación y ha desarrollado todo el proceso del análisis multicriterio difuso con el objetivo de determinar la intervención de mejora de la accesibilidad más adecuada y que pueda ser considerada ajuste razonable. La persona autora 2 ha intervenido en el proceso de diseño e implementación de la herramienta y su manejo con el objetivo de aunar el análisis de la realidad de los edificios de uso colectivo en materia de accesibilidad y el método para proponer las distintas actuaciones de mejora de la misma; igualmente ha escrito el artículo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no hay conflicto de intereses.

Bibliografía

DA DB-SUA/2. (29 de junio de 2018). Recuperado el 15 de mayo de 2024, de CTE: https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SUA/DA_SUA_2_Adecuacion.pdf

ADA.gov. (s.f.). *U.S. Department of Justice Civil Rights Division*. Recuperado el 15 de mayo de 2024, de <https://www.ada.gov/>

Baldellou, A., García-Gasco, S., & Ramírez, E. (2021). *Guía ciudadana de impulso a la rehabilitación*. Madrid, España: CSCAE.

Biere Arenas, R., & Arellano Ramos, J. (2017). Las TIC, herramientas facilitadoras para el habitar y disfrute de una ciudad sin barreras. *ACE: Architecture, City and Environment*, 11(33), 219-234. <https://doi.org/10.5821/ace.11.33.5159>.

Biere, R., & Egusquiza, A. (2010). Herramienta para el diagnóstico de la accesibilidad en entornos del Patrimonio Histórico, en base a escaneado láser y realidad virtual: ACC3DE 1.0. *ACE: Architecture, City and Environment*(13), 61-90. <https://doi.org/10.5821/ace.v5i13.2493>.

Biocca, L., D'Eredità, A., Malavasi, L., & Paraciani, N. (2014). ValeAS: uno strumento ICT per valutare l'accessibilità e la sicurezza dell'ambiente costruito. *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment* (07), 132-139.

Biocca, L., Morini, A., Paraciani, N., & Pomposini, R. (2013). "ValeAS Uno strumento per verificare accessibilità e sicurezza dell'ambiente costruito". *Speciale ITC-CNR "Ricerca e Sperimentazione" estratto dalla rivista Structural* (177), 43-45.

Church, R., & Marston, J. (2003). Measuring Accessibility for People with a Disability. *Geographical Analysis*, 35(1), 83-96.

codebuddy TM. (s.f.). Recuperado el 15 de mayo de 2024, de <https://www.codebuddy.com/>

Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad. (s.f.). *Resolución 61/106, de 13 de diciembre de 2006*. New York, Estados Unidos: Asamblea General de Naciones Unidas A/RES/61/106.

Cornadó, C., Vima, S., & Martín, E. (2019). Intervenciones de mejora de accesibilidad en los edificios históricos de Barcelona. *En Proceedings of the 13th International Conference on Virtual City and Territory* (págs. 1-14). Barcelona: CPSV. <http://dx.doi.org/10.5821/ctv.8506>.

Date, C. (2004). *An Introduction to database systems*. Boston, Estados Unidos: Pearson Education.

de Oliveira, F., Garcia-Deitos, B., Dornelles, S., Azevedo, S., de Oliveira, M., & Maciel, K. (2014). Barreras y facilitadores arquitectónicos: un desafío para la independencia funcional. *Index de Enfermería*, 23(3), 124-128.

Decreto 293/2009. (s.f.). *de 7 de julio, por el que se aprueba el reglamento que regula las normas para la accesibilidad en las infraestructuras, el urbanismo, la edificación y el transporte en Andalucía*. BOJA num. 140 de 21 de julio 2009, pp. 114-157. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2009/140/d1>.

Decreto 72/1992. (s.f.). *de 5 de mayo, por el que se aprueban las normas técnicas para la accesibilidad y la eliminación de barreras arquitectónicas, urbanísticas y en el transporte en Andalucía*. BOJA num. 44 de 23 de mayo de 1992. pp. 2929-2937. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/1992/44/d1.pdf>.

del Moral, C., & Delgado, L. (2010). Evaluación de los niveles de accesibilidad en los entornos patrimoniales. *ACE: Architecture, City and Environment*(13), 41-60. <https://doi.org/10.5821/ace.v5i13.2492>.

del Moral, C., & Delgado, L. (2018). Recuperado el 15 de mayo de 2024, de habitABLE, Habitar, Accesible, Sostenible: <https://ddm.es/habitable>

del Moral, C., & Delgado, L. (2020). Habitable. Accessibility to heritage by applying a fuzzy multi-criteria analysis. *En Proceedings of the 8th REHABEND Congress* (págs. 2890-2900). Granada: REHABEND 2020.

Delgado, L., del Moral, C., del Moral, M.J., Tapia, J., Valverde-Palacios, I., & Valverde-Espinosa, I. (2019). Fuzzy multicriterio for determining reasonable adjustment in housing. *Technological and Economic Development of Economy*, 25(3), 421-446.

Delgado, L., del Moral, C., Valverde-Espinosa, I., Muñoz, J., Ortiz, D., Pavón, S., et al. (2013). *Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía*. Retrieved mayo 15, 2024, from http://www.aopandalucia.es/innovacion/principal.asp?alias=Vivienda_accesible_sostenible

Elmasri, R. (2004). *Fundamentals of database systems*. Boston, Estados Unidos: Pearson Education.

Gallego, J. (2008). Modelos de valoración automatizada. *CT: Catastro* (62), 7-26.

García-Molina, H., Ullman, J., & Widom, J. (2002). *Database Systems: The Complete Book*. Upper Saddle River, NJ, Estados Unidos: Prentice Hall.

Gutiérrez, S. (2019). *Trabajo Fin de Grado "Habitable" (Trabajo Fin de Grado)*. Universidad de Granada, Granada.

Håkon, L., & Bert, B. (2005). *Cascading style sheets: designing for the Web*. Upper Saddle River, NJ, Estados Unidos: Addison Wesley.

Heylighen, A., Van der Linden, V., & Van Steenwinkel, I. (2017). Ten questions concerning inclusive design of the built environment. *Building and Environment*, 114(1), 507-517.

Kim, J., & Brienza, D. (2006). Development of a Remote Accessibility Assessment System through three-dimensional reconstruction technology. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 43(2), 257-72. <https://doi.org/10.1682/jrrd.2004.12.0163>.

Ley 38/1999. (s.f.). *de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación*. BOE núm. 266 de 6 de noviembre de 1999. pp. 38925-38934. <https://www.boe.es/eli/es/l/1999/11/05/38>.

Marambio, A., Corso, J., Lucena, J., & Roca, J. (2010). Nuevas formas de accesibilidad a través de aplicaciones con realidad virtual y aumentada en el Museo Marítimo de Barcelon. Proyecto PATRAC, Subproyecto 3. *ACE: Architecture, City and Environment* (13), 145-160. <https://doi.org/10.5821/ace.v5i13.2497>.

Marambio, A., Redondo, E., & García, P. (2007). Urban point cloud models: 3D laser scanning of the historical centre. Tossa del mar, Catalonia. *Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual*, 4^o. Guadalajara, México.

Ministero dell'Interno. (2002). *La sicurezza antincendio nei luoghi di lavoro: strumento di verifica e controllo (check-list)*. Roma: Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile.

Muñoz, M., Martín, P., Valverde, B., Martínez, R., Delgado, F., Hurtado, A., et al. (2010). Una aproximación semántica a sistemas de información 3D para la resolución de problemas de accesibilidad en patrimonio construido. *ACE: Architecture, City and Environment*(13), 91-110. <https://doi.org/10.5821/ace.v5i13.2494>.

Organización Mundial de la Salud. (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud: CIF. Versión abreviada*. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Secretaría de Estado de Servicios Sociales, Familias y Discapacidad. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO).

Otmani, R., Moussaoui, A., & Pruski, A. (2009). A new approach to indoor accessibility. *International Journal of Smart Home* , 3(4), 1-14.

Peral-López, J. (2024). Accesibilidad universal y patrimonio en el reto de una sociedad inclusiva. La arquitectura residencial del siglo XX en la ciudad del siglo XXI. *ACE: Architecture, City and Environment*, 19(55), 1-12. <https://doi.org/10.5821/ace.19.55.12751>.

Queraltó, P., & Valls, F. (2010). Herramienta de cálculo de rutas óptimas según parámetros de accesibilidad física en itinerarios urbanos. *ACE: Architecture, City and Environment* (13), 161-184. <https://doi.org/10.5821/ace.v5i13.2498>.

Real Decreto 1112/2018. (s.f.). *de 7 de septiembre, sobre accesibilidad de los sitios web y aplicaciones para dispositivos móviles del sector público*. BOE num. 227 de 19 de septiembre de 2018. pp. 90533-90549. <https://www.boe.es/boe/dias/2018/09/19/pdfs/BOE-A-2018-12699.pdf>.

Real Decreto 173/2010. (s.f.). *de 19 de febrero, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad*. BOE num. 61 de 11 de marzo de 2010. pp. 24510-24562. <https://www.boe.es/boe/dias/2010/03/11/pdfs/BOE-A-2010-4056.pdf>.

Real Decreto 390/2021. (s.f.). *de 1 de junio, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*. Madrid, España: BOE núm. 131 de 2 de junio de 2021. pp. 67351-67373. <https://www.boe.es/boe/dias/2021/06/02/pdfs/BOE-A-2021-9176.pdf>.

Real Decreto Legislativo 1/2013. (s.f.). *de 29 de noviembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley General de derechos de las personas con discapacidad y de su inclusión social*. BOE num. 289 de 3 de diciembre de 2013. pp. 95635-95673. <https://www.boe.es/boe/dias/2013/12/03/pdfs/BOE-A-2013-12632.pdf>.

Roca, J., & Marambio, A. (2006). Aportación tecnológica al plan especial del conjunto histórico de Cadaqués: SIG y escáner láser. *Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual*, 3^o. Bilbao.

Sakkas, N., & Pérez, J. (2006). Elaborating metrics for the accessibility. *Computers, Environment and Urban Systems* (30), 661-685.

Sobek, A., & Miller, H. (2006). U-Access: A web-based system for routing pedestrians of differing abilities. *Journal of Geographical Systems*, 8(3), 269-287. <https://doi.org/10.1007/s10109-006-0021-1>.

UNE-ISO 21542. Octubre 2012. (s.f.). *Edificación. Accesibilidad del entorno construido*. Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. pp. 1-171.