

SISTEMA DE VISUALIZACIÓN PANORÁMICA DE ESPACIOS HABITABLES. UN PROYECTO DE INTERACCIÓN CROMÁTICA ENTRE LA PERSONA MAYOR Y EL ESPACIO ARQUITECTÓNICO

PANORAMIC VIEWING SYSTEM FOR LIVING SPACES. A CHROMATIC INTERACTION PROJECT BETWEEN THE ELDERLY AND THE ARCHITECTURAL SPACE

Ana Torres Barchino, Pedro M. Cabezos Bernal, Anna Delcampo Carda, Eduardo Baviera Llópez

doi: 10.4995/ega.2021.14856

El impacto del espacio arquitectónico en las capacidades físicas, sensoriales y cognitivas de las personas mayores es hoy en día un tema de estudio de creciente interés. En este sentido, la simulación arquitectónica a través de las gafas de RV proporciona una percepción del espacio que introduce el concepto de inmersión, a la vez que facilita el trabajo de investigación mediante técnicas innovadoras. El presente artículo desarrolla un sistema de simulación virtual de espacios arquitectónicos, inmersivo, que permita llevar a cabo los estudios de color en el marco del proyecto de investigación desarrollado (MODIFICA). Para ello, se crea una herramienta interactiva, de fácil acceso online, que permita la utilización de este sistema de simulación virtual, atendiendo a la ergonomía visual del usuario, que irá destinada a la investigación

de espacios arquitectónicos. La herramienta desarrollada queda validada a través de su aplicación en un caso práctico concreto, con participantes mayores.

PALABRAS CLAVE: SIMULACIÓN VIRTUAL, ESPACIO INTERIOR, ARQUITECTURA GERIÁTRICA, EXPRESIÓN GRÁFICA

The increase of the population age drives to a new focus of study, the elder people. Specifically, the impact of architectural environments on physical, sensory, and cognitive capacities of the elderly is a study subject of growing interest. And so, it becomes necessary to research about the interaction between the elderly and the constructed environment. Accordingly, architectural simulation through VR goggles provides an environmental perception introducing the

“immersion” concept and allows for the research tasks using innovative techniques. Aiming to fill the gap in the research field regarding the senior people and their visual perception of architectural space, this paper develops a virtual simulation system of architectural environments to conduct the colour research within the framework of a broader research project (MODIFICA). Thus, an online interactive tool is created, considering the user visual ergonomics, to be used to assess architectural environments from anywhere with an internet connection. Finally, this tool has been validated through its application in a concrete practical case, with senior participants..

KEYWORDS: VIRTUAL SIMULATION, INTERIOR SPACE, GERIATRIC ARCHITECTURE, GRAPHIC EXPRESSION



Hoy en día, la sociedad se enfrenta a un proceso en el que la esperanza de vida aumenta de forma gradual y constante. Como resultado, la población mayor está creciendo para convertirse en uno de los sectores más significativos de nuestra sociedad (UNFPA and International, 2012). Esto conduce a la aparición de un nuevo foco de estudio como es la persona mayor. Concretamente, el impacto del espacio arquitectónico en las capacidades físicas, sensoriales y cognitivas de las personas mayores es un tema de estudio de creciente interés (Delcampo-Carda, Torres-Barchino and Serra-Lluch, 2019).

Son numerosas las investigaciones realizadas al respecto, en las que se emplean diferentes métodos de análisis de interacción de la persona con el espacio arquitectónico. Generalmente, estas investigaciones se basan en presentar al participante, habitualmente joven, un espacio interior concreto. Estos espacios son representados mediante métodos y materiales variados como son las imágenes de espacios arquitectónicos dibujados (Acking and Küller, 1972), imágenes de espacios simulados (Yildirim, Hidayetoglu and Capanoglu, 2011), imágenes editadas de espacios reales (Zamora et al., 2008) e incluso escenarios creados a escala real (Mikellides, 2009).

Para llevar a cabo los estudios de simulación virtual de los espacios arquitectónicos es posible recurrir a varias opciones, por un lado, la modelización virtual mediante programas de CAD y, por otro lado, la fotografía panorámica inmersiva. Se recurre a este último método para abordar la investigación pues permite una mayor facilidad para

representar fielmente los diversos espacios interiores destinados a personas mayores.

Objetivos

- Desarrollo de un sistema de simulación virtual de espacios arquitectónicos, inmersivo.
- Crear una herramienta interactiva que permita la utilización de este sistema de simulación virtual, atendiendo a la ergonomía visual del usuario y que sea accesible de manera sencilla desde cualquier lugar con conexión a internet.
- Validación de este sistema de percepción virtual del espacio arquitectónico a través de su aplicación en un caso práctico concreto, con participantes mayores.

Metodología

Para el sistema de simulación virtual se han seleccionado tres tipos de espacios comunes en todas las residencias de la tercera edad: la sala de actividades, el pasillo y el dormitorio. De cada una de ellas se toma un panorama esférico que se manipula para adaptarlo a las necesidades de los estudios de color del proyecto de investigación (VV. AA MODIFICA, 2019).

Estas necesidades se dividen en dos grupos, de manera correspondiente a las dos fases del estudio. En la primera fase, los paramentos verticales se tintan virtualmente, de modo monocromático, con los colores primarios y complementarios del sistema de notación *Natural Color System* (Hård, Sivik and Tonnquist, 1996). En la segunda fase, a partir de los resultados obtenidos de la primera, se realizan una serie de propuestas cromáticas con motivos geométricos y combinación de co-

Nowadays, the society faces a process of gradual and constant rise of the life expectancy. As a result, the senior population is growing to become in one of the most significant sectors of our society (UNFPA and International, 2012). This fact drives to the appearance of a new study focus such as the elder people. Specifically, the impact of architectural environments on physical, sensory, and cognitive capacities of the elderly is a study subject of growing interest (Delcampo-Carda, Torres-Barchino and Serra-Lluch, 2019). There are several researches conducted on this regard, using different methods of interaction between the person and the architectural environment. Generally, these researches are presenting an interior room to a -normally young- participant. These spaces are represented using a variety of methods and materials such as drawing architectures (Acking and Küller, 1972), simulated environments images (Yildirim, Hidayetoglu and Capanoglu, 2011), edited images of real places (Zamora et al., 2008), or even life-size artificial scenarios (Mikellides, 2009).

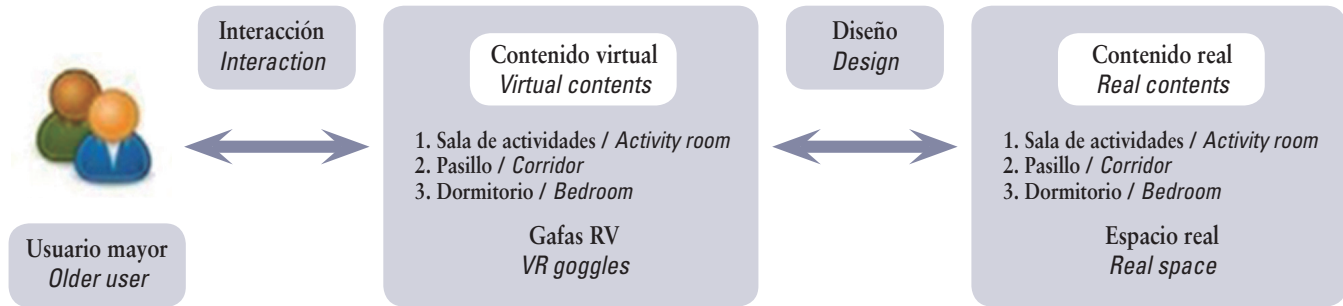
In order to conduct the architectural environments simulation studies, it is possible to use a several options including virtual modelling of architectures using CAD software and immersive panoramic photography. The last is the chosen method to address this research since it allows for a easier way to faithfully represent all the different interiors intended for the elderly.

Objectives

- To develop an immersive virtual simulation system for architectural spaces.
- To create an interactive tool, accessible online, that allows, in a practical and ergonomic way, the easy use of this virtual simulation system, as well as easily accessible from any place with internet connection.
- Validation of this system of virtual perception of the architectural space through its application in a specific case study with older participants.

Methods

for the virtual simulation system, three types of common spaces have been selected in all residential homes for the elderly: the activity



1

room, the corridor and the bedroom. A spherical panorama is taken from each of them that we will be manipulated in order to adapt it to the needs of the colour studies of the research project (VVAA MODIFICA, 2019).

These requirements are divided into two groups, which correspond to the two phases of the study. In the first phase, the vertical walls are virtually monochromatically coloured with the primary and complementary colours of the Natural Color System (Hård, Sivik and Tonnquist, 1996). In the second phase, based on the results obtained from the first one, a series of chromatic proposals with geometric compositions are made. These panoramic images will be displayed in a virtual reality goggles system.

Panoramic capture

Currently, there are several options for obtaining a spherical panorama such as: the use of specific panoramic cameras with dual "fisheye" lens, capable of producing a spherical panorama directly, but with very poor resolution and image quality. However, the option that produces the best results is: the image or photo stitching technique that consists in using a conventional digital camera, mounted on a tripod and a panoramic head, which allows you to take a series of photographs of the scene from a single point of view. These photographs are later assembled to form a totally immersive spherical panorama with unparallelled image quality.

To achieve a correct assembly of the panorama it is crucial that the photographs that compose it overlap with each other at least 1/3 of their surface. The table shown in Figure 2 provides the optimal number of photographs to ensure the required overlap according to the equivalent focal length of the lens used. Note that if not full-frame sensor cameras are used, in other words, cameras with 35mm (36x24mm) size sensors, the focal length of the lens should be multiplied by the sensor multiplication factor to obtain the equivalent focal length.

In this case, a Canon 7D Digital SLR camera with APS-C format and Sigma lens 8-16mm,

lores. Estas imágenes panorámicas deberán ser mostradas en sistema de gafas de realidad virtual.

Captura panorámica

Actualmente existen diversas opciones para obtener un panorama esférico como, por ejemplo, el uso de cámaras panorámicas específicas con doble objetivo ojo de pez, capaces de producir un panorama esférico directamente, pero con una resolución y calidad de imagen muy pobre (véase por ejemplo los modelos Samsung Gear 360 o Ricoh Theta). Sin embargo, la opción que mejores resultados produce es la técnica del cosido de imagen o *stitching*, que consiste en usar una cámara digital convencional, montada sobre un trípode y un cabezal panorámico, y permite tomar una serie de fotografías de la escena, desde un mismo punto de vista, que serán ensambladas posteriormente para formar un panorama esférico con una calidad de imagen sin parangón.

Para lograr un correcto ensamblado del panorama resulta crucial que las fotografías que lo componen se solapen entre sí al menos un 1/3 de su superficie. La tabla expuesta en la figura 2 proporciona el número óptimo de fotos para garantizar el solape necesario según la distancia focal equivalente del objetivo utilizado. Téngase en cuenta que si se utilizan cámaras cuyo sensor no sea *full-frame*, es decir, de tamaño equivalente al fotograma en la película tradicional de 35mm (36x24mm), se deberá multiplicar la distancia focal del

objetivo por el factor de multiplicación del sensor para obtener la distancia focal equivalente.

Para este caso, se utilizó una cámara réflex digital Canon 7D de formato APS-C, con un objetivo Sigma 8-16 mm, montada sobre un trípode y un cabezal panorámico Manfrotto 303 SPH. La captura se realizó en formato RAW para maximizar la calidad de las imágenes y ajustar el mismo balance de blancos para las tomas en el proceso de revelado. También se bloqueó la exposición durante la captura para no tener diferencias luminosas y se utilizó un diafragma f8, como solución de compromiso entre profundidad de campo y pérdida de nitidez por difracción.

Al tratarse de espacios interiores, con entrada de luz natural a través de las ventanas, existía una gran diferencia luminosa entre luces y sombras, por lo que se optó por realizar una captura de alto rango dinámico mediante un horquillado de tres tomas con un intervalo de 0, -3, y +3 pasos de exposición. Las tres tomas realizadas por cada posición de la cámara fueron fusionadas en una imagen de alto rango dinámico mediante el programa de libre distribución Zero Noise 1, de Guillermo Luijk, antes de proceder al ensamblado.

Ensamblado de panoramas mediante software de stitching

Hay multitud de programas de *stitching* en el mercado, como AutoPano Giga, PtGui o Hugin 2, éste último de libre distribución, que



- 1. Percepción de la arquitectura mediante Gafas de Realidad virtual en personas mayores
- 2. Número de fotos necesario para capturar un panorama esférico completo

- 1. Perception of architecture through virtual reality goggles of older people
- 2. Number of photos required to capture a complete spherical panorama

es el que se utilizó en este estudio. Todos ellos funcionan de un modo muy similar y el proceso de unión consta de tres etapas esenciales: la detección de puntos homólogos entre imágenes, la orientación de las fotografías en el espacio y la reproyección o remapeo de las imágenes sobre una superficie para obtener el panorama definitivo.

La figura 3 muestra la proyección de las imágenes sobre la esfera. El panorama esférico resultante se obtiene mediante la pro-

yección equirectangular de esta esfera (Fig. 4), que en realidad equivale a la proyección cilíndrica equidistante utilizada en algunas representaciones cartográficas del globo terrestre.

Edición de los panoramas esféricos

El formato equirectangular es el formato empleado por la mayoría de los visores panorámicos, que remapean estas imágenes sobre una esfera para mostrarla de

mounted on a tripod and a Manfrotto 303 SPH panoramic head was used. RAW format capture was used to maximize image quality and adjust the same white balance for all the shots in the developing process. Exposure during capture was also locked to avoid light differences and a F8 diaphragm was employed as a compromise solution between the depth of field and the loss of sharpness caused by diffraction.

Given that the study was carried out in indoor spaces with natural light coming in through the windows, there was a large luminous difference between lights and shadows, therefore a high dynamic range capture using a three-shot bracketing with an interval of 0, -3, and +3 steps for exposure was chosen. The three shots done for each position of the camera were merged into a high dynamic range image by means of the free distribution program Zero Noise 1, designed by Guillermo Lujik, before proceeding to image assembly.

Panorama assembly using stitching software

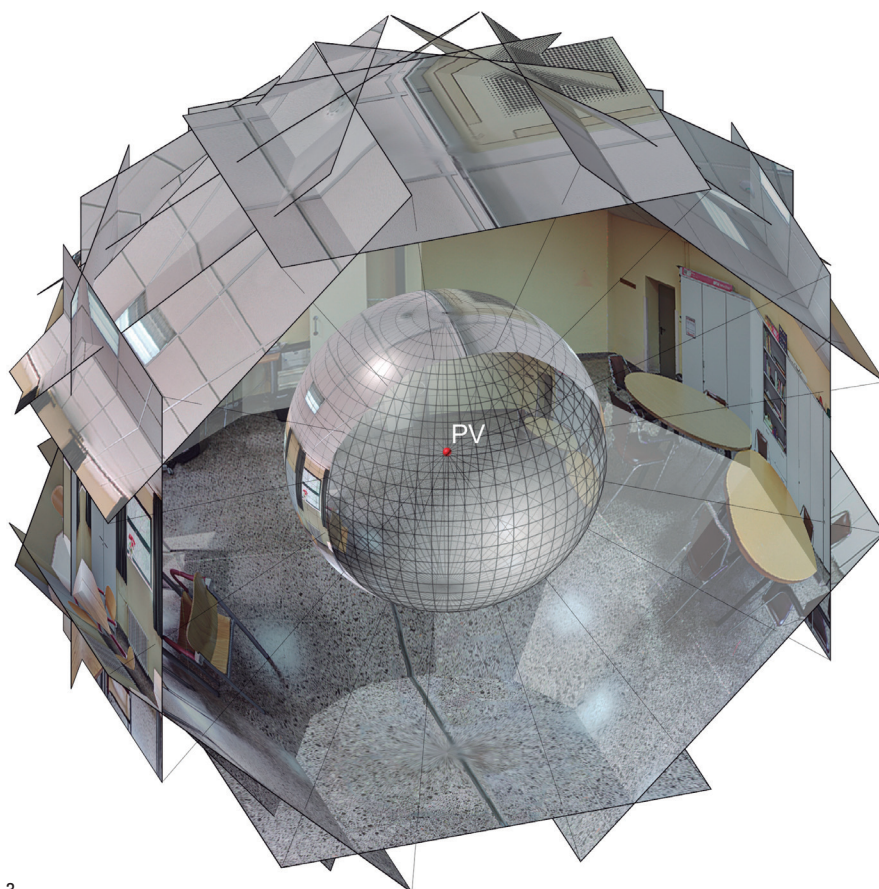
There are a multitude of stitching programs on the market, such as AutoPano Giga, PtGui or Hugin 2, the latter of free distribution, which is the one used in this study. They all work in a very similar way and the stitching process consists of three essential stages: the detection of homologous points between images, the orientation of the photographs in space and the reproduction or remapping of images on a surface to obtain the definitive panorama. Figure 3 shows the projection of the images on the sphere. The resulting spherical panorama is obtained by the equirectangular projection of this sphere (Fig. 4), which equals the equidistant cylindrical projection used in some cartographic representations of the globe.

Panorama edition

Most of panoramic visors remap the images in an equirectangular format in which the user's mobile point of view is placed in the centre of the sphere in order to achieve the immersion illusion. Spherical projection in equirectangular format is too complex to be efficiently modified in graphics-editing programs. For this reason, the panorama needs to be converted into a cubic format. This process consists of projecting the panorama onto cube faces to get an unfolded image much easier to work with 3. The six squares that compose this image have

Distancia focal equivalente	Número total de fotos	Anillos o vueltas completas del cabezal	Nadir	Zenit
8 mm	10	2 { 5 fotografías cada 60º con eje óptico a +45º 5 fotografías cada 60º con eje óptico a -45º	0	0
12 mm	13	2 { 6 fotografías cada 60º con eje óptico a +45º 6 fotografías cada 60º con eje óptico a -15º	1	0
18 mm	18	2 { 8 fotografías cada 45º con eje óptico a +30º 8 fotografías cada 45º con eje óptico a -30º	1	1
22 mm	30	3 { 10 fotografías cada 36º con eje óptico a +55º 10 fotografías cada 36º con eje óptico a 0º 10 fotografías cada 36º con eje óptico a -55º	0	0
24 mm	35	3 { 11 fotografías cada 32,7º con eje óptico a +45º 11 fotografías cada 32,7º con eje óptico a 0º 11 fotografías cada 32,7º con eje óptico a -45º	1	1
28 mm	38	3 { 12 fotografías cada 30º con eje óptico a +45º 12 fotografías cada 30º con eje óptico a 0º 12 fotografías cada 30º con eje óptico a -45º	1	1
35 mm	70	5 { 15 fotografías cada 36º con eje óptico a +70º 15 fotografías cada 36º con eje óptico a +35º 15 fotografías cada 36º con eje óptico a 0º 15 fotografías cada 36º con eje óptico a -35º 15 fotografías cada 36º con eje óptico a -70º	0	0

Distancia focal equivalente	Número total de fotos	Anillos o vueltas completas del cabezal	Nadir	Zenit
8 mm	10	2 { 5 fotografías cada 60º con eje óptico a +45º 5 fotografías cada 60º con eje óptico a -45º	0	0
12 mm	13	2 { 6 fotografías cada 60º con eje óptico a +45º 6 fotografías cada 60º con eje óptico a -15º	1	0
18 mm	18	2 { 8 fotografías cada 45º con eje óptico a +30º 8 fotografías cada 45º con eje óptico a -30º	1	1
22 mm	30	3 { 10 fotografías cada 36º con eje óptico a +55º 10 fotografías cada 36º con eje óptico a 0º 10 fotografías cada 36º con eje óptico a -55º	0	0
24 mm	35	3 { 11 fotografías cada 32,7º con eje óptico a +45º 11 fotografías cada 32,7º con eje óptico a 0º 11 fotografías cada 32,7º con eje óptico a -45º	1	1
28 mm	38	3 { 12 fotografías cada 30º con eje óptico a +45º 12 fotografías cada 30º con eje óptico a 0º 12 fotografías cada 30º con eje óptico a -45º	1	1
35 mm	70	5 { 15 fotografías cada 36º con eje óptico a +70º 15 fotografías cada 36º con eje óptico a +35º 15 fotografías cada 36º con eje óptico a 0º 15 fotografías cada 36º con eje óptico a -35º 15 fotografías cada 36º con eje óptico a -70º	0	0



3

the virtue of presenting no distortion (the lines that in the reality are straight, in the photograph are shown straight), which facilitates their subsequent editing.

The first action that is performed is the removal of the real colour of the walls of the room in the photograph to achieve a neutral environment on which to apply the desired colours. For this purpose, a careful selection of the specific surface must be made, which can be stored as a separate channel, and then be used as a clipping mask to apply a filter that reduces colour saturation completely (Fig. 6). In this way, the colour of the wall becomes a shade of grey.

To make it perceptibly white, it is necessary to increase its brightness, without altering the contrast (Fig. 7). The same operations, although with different adjustments, will have to be carried out with the rest of the image, as it has to be taken into account that the walls colour the light they reflect, which affects the whole environment.

Once whitened both the walls and the general environment, they can be dyed with a controlled colour. It is important to accurately convert the chosen colours of the NCS to one of the systems that the graphics editing software recognises.

Finally, the only thing left is recomposing the spherical panorama in equirectangular

forma inmersiva al espectador. Sin embargo, a la hora de modificar los panoramas mediante técnicas de retoque digital, como por ejemplo para producir las propuestas cromáticas, resulta conveniente convertir el panorama al formato cúbico (Fig. 5). Este proceso consiste en proyectar el panorama sobre las caras de un cubo, que una vez desarrollado proporciona una imagen sobre la que resulta más cómodo trabajar 3.

Los seis cuadrados de los que se compone esta imagen tienen la virtud de que no presentan distorsión (las líneas que en la realidad son rectas, en la fotografía se muestran rectas), lo que facilita su posterior edición.

La primera operación que se realiza es la eliminación del color real de los paramentos de la estancia en la fotografía con el fin de lograr un ambiente neutro sobre el que aplicar los colores deseados. Para ello debe realizarse una mi-

nuciosa selección del paramento concreto, que puede ser almacenado como un canal independiente, y posteriormente ser utilizado como máscara de recorte para aplicar un filtro que reduzca la saturación del color por completo (Fig. 6). De esta manera, el color del paramento pasa a ser un tono de gris. Para convertirlo perceptivamente en blanco es necesario aumentar su brillo, sin alterar el contraste (Fig. 7). Las mismas operaciones, aunque con diferentes ajustes, habrá que realizar con el resto de la imagen, pues hemos de tener en cuenta que los paramentos colorean la luz que reflejan, que afecta a todo el ambiente.

Una vez *blanqueados* tanto los paramentos como el ambiente general, se está en disposición de tintarlos con un color controlado (Fig. 8). Es importante convertir fielmente los colores escogidos de la NCS a uno de los sistemas reconocibles por nuestro software de edición gráfica 4.

Por último, ya solo resta recomponer el panorama esférico en formato equirectangular y guardado en formato JPG optimizado para web.

Desarrollo de la aplicación de RV

Los panoramas esféricos en proyección equirectangular son procesados por un visor panorámico, que los proyecta en una esfera en cuyo centro se sitúa el punto de vista del usuario. Se elige A-Frame 5, un *framework* web de código abierto para crear experiencias de realidad virtual. Su gran ventaja es que se estructura como un *framework* entidad-componente, integrable mediante etiquetas en HTML y capaz de complementarse con Javascript



3. Proyección de las imágenes sobre una superficie esférica

4. Proyección equirectangular de una de las salas obtenida con Hugin

3. Projection of images taken in one of the residences on a spherical surface

4. Equirectangular projection of one of the rooms obtained with Hugin

y otras API como WebVR, three.js o WebGL. De hecho, al estar optimizado para WebVR es perfectamente compatible con los dispositivos de realidad virtual.

La estructura de la aplicación web resulta muy sencilla 6: Desde una página principal (index.html) se enlaza con las páginas en las que se mostrarán los panoramas esféricos. Estas páginas se organizan en dos grupos: por un lado, el estado actual con la sala de actividades (sala.html), el pasillo (pasillo.html) y el dormitorio (dormitorio.html), y por el otro, el estado que muestra las diferentes propuestas cromáticas (propuestas.html) (Fig. 9). De la misma forma queda reflejado en el diseño de la página principal. (Fig. 10)

La elección del dispositivo de realidad virtual en el cual mostrar la aplicación desarrollada viene condicionada por una serie de necesidades. En primer lugar, debe ser un sistema sencillo y fácil de instalar en cualquier emplaza-

miento; y, en segundo lugar, debe tener una buena calidad visual para que la simulación de los espacios resulte verosímil.

En este sentido, el sistema elegido fue Windows Mixed Reality fabricado por HP (Fig. 11). Este sistema se compone de unas gafas (*headset*) y dos mandos (*controllers*). Las gafas vienen equipadas con sensores de inercia y cámaras para capturar el movimiento del usuario y conseguir, de este modo, una simulación realista. Otros sistemas requieren de sensores externos (HTC Vive, Oculus Rift) para capturar la posición del usuario, por lo que requieren tiempos de instalación superiores. La resolución de las pantallas es de 1440 x 1440 píxeles por cada ojo, que es adecuada para conseguir una imagen suficientemente nítida como para no percibir el pixelado. Además, el sistema está diseñado de modo que sea compatible con el uso simultáneo de gafas.

format and save it in optimized JPG format for websites.

Virtual Reality app development

Spherical panoramas in equirectangular projection are processed by a panoramic visor, which projects them in a sphere in whose centre, the user's point of view is situated. A-Frame 4 is chosen; an open-source web framework to create virtual reality experiences. Its great advantage is that it is structured as an entity-component framework, integrable through HTML tags and able to be complemented with Javascript and other APIs such as WebVR, three.js or WebGL. In fact, being optimized for WebVR is perfectly compatible with virtual reality devices.

The structure of the web application is very simple 5: the main page (index.html) links to the pages in which the spherical panoramas will be displayed. These pages are grouped into the two states: on the one hand, the current state of the activity room (sala.html), the corridor (pasillo.html) and the bedroom (dormitorio.html), and on the other hand, the state showing the different chromatic proposals (propuestas.html) (Fig. 9). In a similar way, it is shown in the layout of the main page. (Fig. 10)

The choice of the virtual reality device in which to display the developed application is





5. Proyección cúbica del panorama anterior
6. Máscara de selección de las paredes de la sala de actividades
7. Proyección cúbica con los paramentos decolorados
8. Proyección cúbica con paramentos y ambiente coloreados

conditioned by a series of needs. Firstly, it must be a simple and easy-to-install in any location system; and secondly, it must have a good visual quality for the simulation of spaces to be credible.

In this sense, the system chosen was Windows Mixed Reality manufactured by HP (Fig. 12). This system consists of a headset and two controllers. The goggles are equipped with inertial sensors and cameras to capture the user's movement and thus achieve a realistic simulation. Other systems require external sensors (HTC Vive, Oculus Rift) to capture the position of the user, and therefore, higher installation times. Screen's resolution is 1440 x 1440 pixels for each eye, which is suitable for getting an image that is sharp enough for not perceiving the pixel. In addition, the system is designed to be compatible with the simultaneous use of goggles.

Results

For validating the appropriateness of the system, it is considered necessary to evaluate directly the experience of elderly residents and their interaction with virtual reality, in order to determine their needs, experiences and opinions depending on how their perception of the scene to which they are exposed to influences them and to evaluate the effects of this chromatic scene on indoor spaces in residential homes for the elderly. As described above, three spaces with three different uses that are present in a particular residential home for the elderly are analysed: an activity room, a corridor and a bedroom. Virtual reality goggles are used to observe each of the colour proposals.

Participants

The data from this study were obtained from the meeting with elderly residents of a residential home for the elderly, Borja's geriatric centre in Fontilles, Alicante. It is the staff of the residential home who chooses the participants who take the test. Participants are chosen among those residents with better cognitive abilities, without any kind of disability or serious health condition. In total, 10 elderly residents participated (average age 76.1 years) (Table 1).

Stimuli presented

The three usual spaces most used by residents and workers are determined. These are: the activity room, the corridor of daily use and the



5



6

Resultados.

Validación de la metodología

Para validar la idoneidad del sistema, se considera necesario evaluar de forma directa la experiencia y vivencia de personas mayores residentes y su interacción con la Realidad Virtual, para determinar sus necesidades, experiencias y opiniones sobre cómo influye su percepción según la escena a la que son expuestos y evaluar los efectos de dicha escena cromática en espacios

interiores de centros residenciales. Tal y como se ha descrito anteriormente, se analizan tres espacios con tres usos distintos, presentes en un centro residencial concreto: una sala de actividades, un pasillo y un dormitorio, utilizando las gafas de Realidad Virtual para observar cada una de las propuestas de color.

Participantes

Los datos del presente estudio han sido obtenidos a partir del encuen-



7



8

tro con personas mayores residentes de un centro residencial de personas mayores, el Geriátrico Borja, en Fontilles, Alicante. Los participantes que llevan a cabo la prueba son elegidos por el personal experto de cada residencia, entre aquellos residentes con mejores capacidades cognitivas, sin ningún tipo de discapacidad o estado de salud grave. En total, participaron 10 personas mayores residentes (edad media 76,1 años) (Tabla 1).

Estímulos presentados

Se determinan los tres espacios habituales más utilizados por los residentes y trabajadores, es decir, la sala de actividades, el pasillo de uso diario, y el dormitorio. De cada uno de estos espacios se elaboran diversas escenas cromáticas, donde se modifica el tratamiento de los parámetros verticales, generando, para la sala de actividades, 5 escenas cromáticas; para el pasillo, 3 escenas cromáticas; y para el dormitorio,

- 5. Cubic projection of the previous panorama
- 6. Selection mask of the activity room walls
- 7. Cubic projection with neutral coloured walls
- 8. Cubic projection with coloured walls and environment

bedroom. For each of these spaces various chromatic scenes are elaborated where the treatment of the vertical walls is modified; generating for the activity room, 5 chromatic scenes; for the corridor, 3 chromatic scenes; and for the bedroom, 4 chromatic scenes. Only the vertical walls of each room are modified. The chromatic proposal shown for each space is determined according to the conclusions obtained in the previous phases of the research (V.V. AA. MODIFICA, 2019) with certain set values. At this stage, it is intended to use these conclusions by incorporating the chromatic combinations into specific and varied designs.

Questionnaire

A questionnaire is prepared for each participant, consisting of three different parts based on the evaluation of the three main real spaces existing in that residential home. Each of these spaces is presented individually, in order. The observer must value each space from 0 to 5 and provide a word of what the space suggests them, in order to know their particular opinion. Instructions are verbal; each participant, in order, responds and comments on their choice, while a researcher fills out the questionnaire for each participant. At the end of each trial, the participant must respond to a fourth questionnaire, considering their experience with the use of VR goggles. This last questionnaire, which is the focus of this section, aims to assess the acceptability of the use of VR goggles (emotion levels, safety, fatigue, and familiarity) (Benoit et al., 2015). This questionnaire (Table 2) is designed using the classic Likert scaling methodology (Joshi et al., 2015) (a horizontal line, in which a subject indicates their response by marking the verification marks between 0 and 5).

Materials

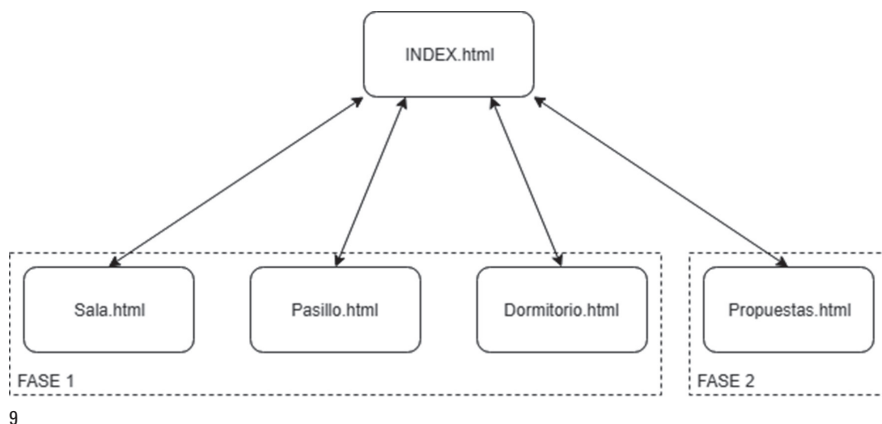
The spherical panorama is used as a method of graphic representation of space in VR goggles. In addition, Photoshop program is used as Image Editing Software. The Natural Colour System (NCS) is used to describe the colours used in each architectural scene.

Analysis of the results

The results obtained are treated, analysed, and interpreted using statistical software to obtain the response rates according to the variables of each question.

- 9. Esquema lógico de la estructura de la aplicación web
- 10. Estructura de la página principal (index.html)
- 11. Dispositivo de realidad virtual Windows Mixed Reality de HP

- 9. Logical scheme of the web application structure
- 10. Main page structure (index.html)
- 11. HP Windows Mixed Virtual Reality device



9

4 escenas cromáticas. Se interfiere únicamente en los paramentos verticales de cada sala. La propuesta cromática que se muestra para cada espacio viene determinada según las conclusiones obtenidas en las fases anteriores de la investigación (VV. AA MODIFICA, 2019), con unos valores determinados. Se pretende, en esta fase, emplear estas conclusiones incorporando las combinaciones cromáticas en diseños concretos y variados.

Cuestionario

Se elabora un cuestionario para cada participante, consistente en 3 partes diferenciadas, basadas en la evaluación de los tres principales espacios reales existentes en dicho centro residencial. Cada uno de estos espacios es presentado de forma individual, por orden de estancia. El observador debe valorar cada espacio del 0 al 5 y aportar una palabra que le sugiera dicho espacio, para conocer su opinión más concreta. Las instrucciones son verbales; cada participante, por orden, responde y comenta su elección, mientras que un investigador rellena el cuestionario para cada participante. Al finalizar cada ensayo, el participante debe responder a un cuarto cuestionario, considerando su experiencia con el uso de las gafas RV. Este último cuestionario, foco del presente apartado, pretende evaluar la aceptabilidad del uso de las gafas RV (niveles de emoción, seguridad, fatiga y familiaridad) (Benoit et al., 2015). Este cuestionario (Tabla 2) se diseña utilizando la metodología clásica de la escala de Likert (Joshi et al., 2015) (una línea horizontal, en la que un sujeto indica su respuesta al marcar las marcas de verificación entre 0 y 5).

10



Tabla 1: Datos de los participantes: residentes y trabajadores del centro

Tabla 2: Cuestionario y resultados finales sobre aceptabilidad del uso de las gafas RV

Table 1: Details of participants: residents and staff of the centre

Table 2: Questionnaire and results on the acceptability of the use of VR goggles

Materiales

Se utiliza el panorama esférico como método de representación gráfica del espacio en gafas RV. Además, se emplea Photoshop como Software de edición de imágenes. Se recurre al *Natural Color System* para describir los colores utilizados para cada escena arquitectónica.

Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos son tratados, analizados e interpretados mediante software estadístico para ob-

tener los porcentajes de respuesta según las variables de cada pregunta.

Esta experiencia práctica visual en un centro de mayores dependientes indica que es posible utilizar entornos de realidad virtual con sujetos de edad avanzada. Como se informó en los cuestionarios, los sujetos sintieron que los entornos virtuales eran seguros (puntuación = 4) y no informaron fatiga significativa (puntuación = 1,05). Aquellas personas cuya falta de visión era parcial, demostraban cier-



11

This visual practical experience in a centre for elderly dependent people indicates that it is possible to use virtual reality environments with elderly subjects. As reported in the questionnaires, subjects felt that virtual environments were safe (score = 4) and did not report significant fatigue (score = 1.05). Those whose lack of vision was partial showed certain fears regarding the inability to control movement, they remained seated or leaned back on a seat. It was the typical unbalance of a blurred view of the images shown in a virtual environment. The emotional response (score = 4.55) of the residents has been, therefore, one of the most impacting factors: the curiosity to the unreal, the observation to colour and the positive behaviour of the group during the trial. In the trials, two aspects were demonstrated that must be highlighted; on the one hand, some visual difficulties with chromatic stimuli (lateral or minor blurred vision and a certain degree of colour blindness, not in all cases) and on the other hand, little or no difficulty in dealing with this practical. None of the subjects left during the study. So, in general, all residents showed interest and their responses were optimal to the experience. One of the most noticeable results is therefore the positive connection between the resident person and the approach to technology. It is the point where the interest for the new and the innovative of the elderly dependent people, who have never had the chance to know them by other means, and the perception of their spaces with a new image come together.

Conclusion

In the present research an immersive virtual simulation system of architectural spaces has been developed, which allows to carry out successfully the colour studies within the

PARTICIPANTE	EDAD	GÉNERO	PROFESIÓN	TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL CENTRO
PARTICIPANT	AGE	GENDER	PROFESSION	TIME SPENT IN THE CENTRE
Residente 1 Resident 1	84 84	Hombre Man	Dependiente Shop assistant	7,5 años 7,5 years
Residente 2 Resident 2	79 79	Hombre Man	Agricultor Farmer	1,5 años 1,5 years
Residente 3 Resident 3	77 77	Hombre Man	Marinero mercante Merchant seafarer	5 años 5 years
Residente 4 Resident 4	76 76	Hombre Man	Camionero Truck driver	5 años 5 years
Residente 5 Resident 5	77 77	Hombre Man	Defensa USA Defense USA	16 años 16 years
Residente 6 Resident 6	82 82	Hombre Man	Pintor Painter	17 años 17 years
Residente 7 Resident 7	65 65	Mujer Woman	Servicio de limpieza Cleaning lady	6 años 6 years
Residente 8 Resident 8	61 61	Mujer Woman	Bachiller Baccalaureate	1 mes 1 years
Residente 9 Resident 9	84 84	Mujer Woman	En el campo Country life	3 años 3 years
Residente 10 Resident 10	76 76	Mujer Woman	Servicio de limpieza In a school cloakroom	8 años 8 years

Tabla 1 / Table 1

ESCALA SCALE	1	2	3	4	5	RESULTADO RESULTS
Emoción Emotion						4,55
Seguridad Safety	Nunca Never	Raramente Seldom	A veces Sometimes	A menudo Frequently	Siempre Always	4
Fatiga Fatigue						1,05
Familiaridad Familiarity						4,85

Tabla 2 / Table 2



framework of the research project MODIFCA. An interactive online-access tool has been created that allows the easy use of this virtual simulation system of architectural spaces, in a practical and ergonomic way, easily accessible from any place with internet connection. The fact that this application has been fully developed and used in a real case, confirms that the methodology used for its application development is valid. Virtual reality technology applied to the visualization of architecture, especially in immersive environments, makes possible new ways of studying architectural space and allows to project modifications based on new designs, at a low cost and in a simple way. This method extricates the space studied from the physical constraints present in traditional architecture. The vision of spherical panoramas as a system of representation is growing rapidly and supports people in different fields, such as the elderly. The pilot study confirms that it is possible to use VR environments with elderly participants. ■

Notes

- 1 / The program can be downloaded from <http://www.guillermoluijk.com/software/zeronoise/index.htm>
- 2 / The program can be downloaded from: <http://hugin.sourceforge.net/>
- 3 / The conversion between formats can be done online in: <https://www.360toolkit.co>
- 4 / <https://aframe.io/>
- 5 / <https://color.webs.upv.es/modipano/modipano/index.html>

References

- ACKING, B. C. A. and KÜLLER, H. (1972) 'The Perception of an Interior as a Function of its Colour', *Ergonomics*. Taylor & Francis, 15(6), pp. 645–654. doi: 10.1080/00140137208924465.
- BENOIT, M., GUERCHOUCHE, R., PETIT, P.-D., CHAPOULIE, E., MANERA, V., CHAURASIA, G., DRETTAKIS, G. and ROBERT, P. (2015) 'Is it possible to use highly realistic virtual reality in the elderly? A feasibility study with image-based rendering', *Neuropsychiatric disease and treatment*. Dove Medical Press, 11, pp. 557–563. doi: 10.2147/NDT.S73179.
- DELCAMPO-CARDA, A., TORRES-BARCHINO, A. and SERRA-LLUCH, J. (2019) 'Chromatic interior environments for the elderly: A literature review', *Color Research & Application*, 44(3), pp. 381–395. doi: 10.1002/col.22358.
- HÅRD, A., SIVIK, L. and TONNQUIST, G. (1996) 'NCS, natural color system—From concept to research and applications. Part I', *Color Research & Application*. Wiley Online Library, 21(3), pp. 180–205.
- JOSHI, A., KALE, S., CHANDEL, S. and PAL, D. K. (2015) 'Likert Scale: Explored and Explained', *British*

tos miedos ante la incapacidad de control del movimiento, permaneciendo sentados o apoyados en un asiento, el desequilibrio típico de una visión borrosa de las imágenes mostradas en un entorno virtual.

La respuesta emocional (puntuación = 4,55) de los residentes ha sido uno de los factores de mayor impacto: la curiosidad ante lo irreal, la observación ante el color y el comportamiento positivo del grupo durante el ensayo. Cabe destacar dos aspectos a tener en cuenta; por un lado, algunas dificultades visuales ante los estímulos cromáticos (visión borrosa lateral o de menor importancia y puntualmente un cierto grado de daltonismo, no en todos los casos) y, por otro lado, poca o nula dificultad a la hora de desenvolverse en esta práctica. Ninguno de los sujetos abandonó durante el estudio. Por lo que, en general, todos los residentes mostraron interés y sus respuestas fueron óptimas tras la experiencia.

Uno de los resultados más apreciables es, por tanto, la positiva conexión entre la persona residente y la aproximación con la tecnología. Un encuentro donde se aúna el interés por lo nuevo e innovador que, los mayores dependientes, no han tenido la oportunidad de conocer por otros medios, y percibir sus propios espacios con una nueva imagen.

Conclusiones

En la presente investigación se ha desarrollado un sistema de simulación virtual de espacios arquitectónicos, inmersivo, que permite llevar a cabo con éxito los estudios de color en el marco del proyecto de investigación (MODIFCA).

Se ha creado una herramienta interactiva, de acceso online, que per-

mite, la fácil utilización de este sistema de simulación virtual de espacios arquitectónicos, de una forma práctica y ergonómica, accesible de manera sencilla desde cualquier sitio con conexión a internet. El hecho de que se haya desarrollado de forma completa esta aplicación y se haya usado efectivamente, en un caso real, confirma que la metodología utilizada para su desarrollo de la aplicación es válida.

La tecnología de Realidad Virtual aplicada a la visualización de arquitectura, especialmente en entornos inmersivos, posibilita nuevas formas de estudiar el espacio arquitectónico y permite proyectar modificaciones basadas en nuevos diseños, a un bajo coste y de forma sencilla. Este método libera de las restricciones físicas presentes en la arquitectura tradicional. La visión de panoramas esféricos como sistema de representación, está creciendo rápidamente y apoya a personas en diferentes campos, como son las personas mayores. El estudio piloto confirma que es posible utilizar entornos de RV con participantes mayores. ■

Notas

- 1 / El programa puede descargarse desde <http://www.guillermoluijk.com/software/zeronoise/index.htm>
- 2 / El programa puede descargarse desde: <http://hugin.sourceforge.net/>
- 3 / La conversión entre formatos puede realizarse online a través de: <https://www.360toolkit.co>
- 4 / Photoshop reconoce el sistema RGB y hexadecimal, HSB, Lab y CMYK
- 5 / <https://aframe.io/>
- 6 / <https://eduardbaviera.com/modipano/index.html>

Referencias

- ACKING, B. C. A. y KÜLLER, H. (1972) 'The Perception of an Interior as a Function of its Colour', *Ergonomics*. Taylor & Francis, 15(6), pp. 645–654. doi: 10.1080/00140137208924465.
- BENOIT, M., GUERCHOUCHE, R., PETIT, P.-D., CHAPOULIE, E., MANERA, V., CHAURASIA, G., DRETTAKIS, G. y RO-



12. Fila superior: experiencia de la actividad. Participantes mayores residentes. Fila inferior: ejemplo de propuestas cromáticas empleadas en espacios interiores del Centro Borja, Fontilles (Alicante)

12. Upper row: activity experience. Senior resident participants. Lower row: example of chromatic proposals used in interior spaces of Borja's geriatric centre in Fontilles, Alicante



12

BERT, P. (2015) 'Is it possible to use highly realistic virtual reality in the elderly? A feasibility study with image-based rendering', *Neuropsychiatric disease and treatment*. Dove Medical Press, 11, pp. 557–563. doi: 10.2147/NDT.S73179.

– DELCAMPO-CARDA, A., TORRES-BARCHINO, A. y SERRA-LLUCH, J. (2019) 'Chromatic interior environments for the elderly: A literature review', *Color Research & Application*, 44(3), pp. 381–395. doi: 10.1002/col.22358.

– HÅRD, A., SIVIK, L. y TONNQUIST, G. (1996) 'NCS, natural color system—From concept to research and applications. Part I', *Color Research & Application*. Wiley Online Library, 21(3), pp. 180–205.

– JOSHI, A., KALE, S., CHANDEL, S. y PAL, D. K. (2015) 'Likert Scale: Explored and Explained', *British Journal of Applied Science & Technology*, 7(4), p. 157. doi: 10.9734/BJAST/2015/14975.

– MIKELLIDES, B. (2009) 'Color, arousal, hue-heat and time estimation', *Colour for Architecture Today*. New York: Taylor & Francis, pp. 128–134.

– TORRES BARCHINO, A. (2020) MODIFICA. Modificaciones del confort visual en centros residenciales para la mejora de la calidad de vida de las personas mayores. ISBN 978-84-9048-866-9

– UNFPA and International, H. (2012) *Ageing in the Twenty-First Century: A Celebration and a Challenge*. United Nations Population Fund, New York & HelpAge International London.

– VV.AA MODIFICA (2019) 'Proyecto de investigación I+D+i "Modificaciones del confort visual en centros residenciales para la mejora de la calidad de vida de las personas mayores"'. Valencia, España: (AEI/FEDER, UE).

– YILDIRIM, K., HIDAYETOGLU, M. L. y CAPANOGLU, A. (2011) 'Effects of interior colors on mood and preference: comparisons of two living rooms', *Perceptual and motor skills*. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 112(2), pp. 509–524.

– ZAMORA, T., ALCÁNTARA, E., ARTACHO, M. Á. y CLOQUELL, V. (2008) 'Influence of pavement design parameters in safety perception in the elderly', *International Journal of Industrial Ergonomics*. Elsevier, 38(11), pp. 992–998.

Agradecimientos

La presente investigación forma parte del Proyecto Estatal titulado "Modificaciones del Confort Visual en Centros Residenciales para la Mejora de la Calidad de Vida de las Personas Mayores" (MODIFICA), dentro de la convocatoria 2016 - Proyectos I+D+i- Programa Estatal de Investigación, Desarrollo e Innovación Orientada a Los Retos de la Sociedad. Con referencia BIA2016-79308-R es financiado por la Agencia Estatal de Investigación y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (AEI/FEDER, UE). Un proyecto que busca entender los requerimientos de las personas mayores para establecer una arquitectura y ambientes cromáticos que ayuden a las necesidades reales centradas no sólo en el deterioro cognitivo en la persona, sino en ambientes que favorezcan una habitabilidad específicamente adaptada a sus necesidades físicas (de movilidad y accesibilidad), sensoriales (ergonomía) y de satisfacción psicológica.

Journal of Applied Science & Technology, 7(4), p. 157. doi: 10.9734/BJAST/2015/14975.

– MIKELLIDES, B. (2009) 'Color, arousal, hue-heat and time estimation', *Colour for Architecture Today*. New York: Taylor & Francis, pp. 128-134.

– TORRES BARCHINO, A. (2020) MODIFICA. Modificaciones del confort visual en centros residenciales para la mejora de la calidad de vida de las personas mayores. ISBN 978-84-9048-866-9

– UNFPA and International, H. (2012) *Ageing in the Twenty-First Century: A Celebration and a Challenge*. United Nations Population Fund, New York & HelpAge International London.

– VV.AA MODIFICA (2019) 'Proyecto de investigación I+D+i "Modificaciones del confort visual en centros residenciales para la mejora de la calidad de vida de las personas mayores"'. Valencia, España: (AEI/FEDER, UE).

– YILDIRIM, K., HIDAYETOGLU, M. L. and CAPANOGLU, A. (2011) 'Effects of interior colors on mood and preference: comparisons of two living rooms', *Perceptual and motor skills*. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 112(2), pp. 509-524.

– ZAMORA, T., ALCÁNTARA, E., ARTACHO, M. Á. and CLOQUELL, V. (2008) 'Influence of pavement design parameters in safety perception in the elderly', *International Journal of Industrial Ergonomics*. Elsevier, 38(11), pp. 992-998.

Acknowledgments

The present research makes part of a National Research Project entitled "Modifications of the Visual Comfort in Residential Centres for the improvement of the elderly quality of life" (MODIFICA). It is funded by the National Agency of Research and the European Regional Development Fund (ERDF) within the State Programme of Research, Development and Innovation aimed to the Society Challenges (ref: BIA2016-79308-R).