



Rafael Conde Melguizo
Universidad Camilo José
Cela
 rconde@ucjc.edu

The Importance of Social Sciences in the Development of Technology for Complex Public. VR4ALL: a Case Study

La importancia de las ciencias sociales en
el desarrollo de tecnologías para públicos
complejos. Estudio del caso VR4ALL



Daniel Alonso Martínez
Universidad Camilo José
Cela
 dalonsom@ucjc.edu

I. INTRODUCTION

The theoretical framework of this work is based on the previous research conducted by the team, specifically in the sociological definition of disability as a social construction, the necessary attendance of Sociology in design projects about technological development for everyone, the definition of key concepts for technological development as a techno-functional paradigm and the differences between normative technical support and diverse technical support (Conde Melguizo, 2014) (Aguilar Gil, M., & Conde Melguizo, R.) (Conde Melguizo, R., 2021). Virtual Reality for All -VR4ALL- is a project that explores in greater depth the applications of these concepts in technology development to establish a useful sociological knowledge in the design and development of new technologies in new technological scenarios.

The sociological framework is proposed as an evolution of the understanding of disability based on an internationally recognized paradigm known as the biopsychosocial model of disability, established by the World Health Organization in its 2001 International Classification of Functioning, Disability and Health (WHO, 2001).



EXECUTIVE SUMMARY

The importance of changing pre-existing notions of the concept of inclusivity is something that has arisen in recent times. Sociological perspectives on the way society is built show that specific misconceptions on what a disability is consolidate the social distance of people that do not fit a normative idea of the body, especially when technology is designed with this prescriptive approach. The project VR4ALL is a normative revision which tries to adapt the design of VR technology to these concepts.

RESUMEN DEL ARTÍCULO

La perspectiva sociológica sobre cómo se construye la sociedad muestra que existen determinadas concepciones erróneas sobre qué es una discapacidad, las cuales consolidan la distancia social de aquellos que no cumplen con una idea normativa del cuerpo, especialmente cuando la tecnología es diseñada sin tomar en cuenta estas perspectivas. El proyecto VR4ALL es una revisión normativa que trata de adaptar el diseño de la tecnología de realidad virtual a estos conceptos.

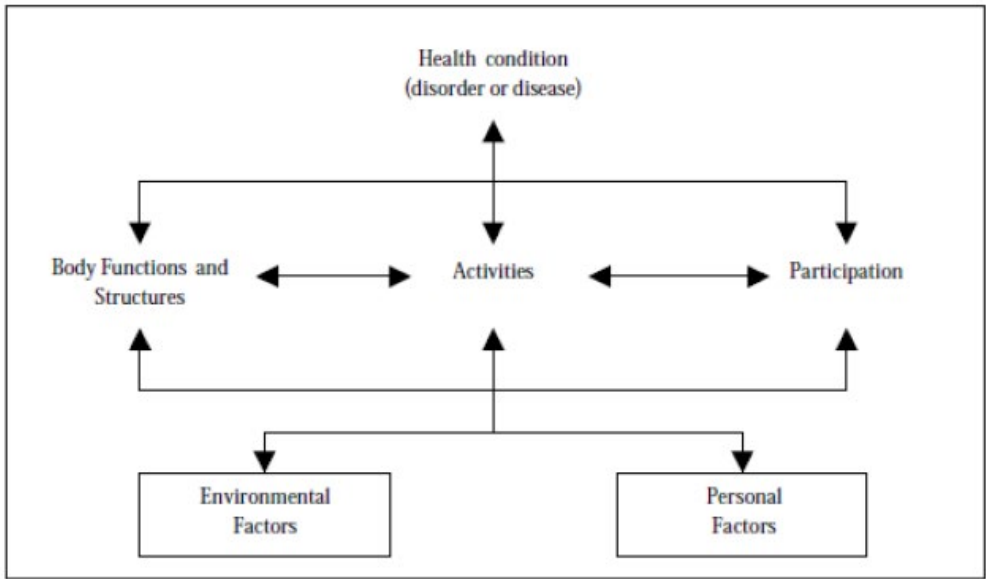
According to the biopsychosocial model, disability is a phenomenon that cannot be understood only from a medical or social perspectives but must be understood taking both into consideration. It establishes an ecosystem of factors that have an impact on the individual, such as:

- o Impairments: The ICF understands impairment as a deviation from generally accepted standards in the biomedical status of the body and its functions (WHO 2001:12).
- o Contextual factors: the ones that explain the context in which the impairment exists. The ICF distinguishes between environmental and personal factors.
 - o Environmental considerations: including the physical, social, and attitudinal environments in which persons live and carry out their lives. These elements may have a positive or negative impact on impairment (WHO 2001:16).
 - o Personal factors: characteristics that are not part of a health condition: gender, age, education, occupation, etc. These elements may play a role in disability (WHO 2001:17).
 - o Restrictions on activity and/or participation: disability, from a biopsychosocial model perspective, should be understood as a process of interaction among the different elements of the model. The key concepts to understand this interaction are defined as two dichotomies (WHO 2001:10-13).
- o Activity and Participation
 - Activity is the execution of a task or action, for example, the capacity to express one's own ideas in an understandable manner.
 - Participation is the involvement of people in a life situation, for example, having a conversation.
- o Capacity and Performance
 - Capacity describes the ability to execute a task, for example, moving around using a wheelchair.
 - Performance refers to what individuals can do in their current environment, for example, impossibility to use public transport because it is not accessible to a wheelchair user.

... disability is a phenomenon that cannot be understood only from a medical or social perspectives but must be understood taking both into consideration.

Through this scheme, the biopsychosocial model places environmental factors at the same level of importance as the physical factors of a person's body, the disability being the result of the relationships between them.

Figure 1. Interaction between the different defining elements of disability according to ICF. Source:WHO, 20021: 18



2. UNIVERSAL DESIGN

After the publication of the ICF and the dissemination of the biopsychosocial model as the consensus paradigm, the main concepts to establish policies that improve the living conditions of people with disabilities changed. These include the concept of universal design.

Universal design was defined in 2006 at the Convention on the Rights of Persons with Disabilities and Optional Protocol as “the design of products, environments, programmes and services to be usable by all people, to the greatest extent possible, without the need for adaptation or specialized design” (ONU, 2006). It is important to clarify that the universal design is not only applicable to physical spaces, but also to natural environments, technical assistance, virtual spaces, social spaces, etc. Universal design refers to the creation of an accessible environment that allows everyone to exercise personal autonomy.

As a result of these new perspectives, Social Sciences have conducted a complete revision of the concept of disability in the past two decades. As a part of this overhaul, sociology has also examined the relationship between people with disabilities and technology,

KEYWORDS

Entrepreneurship, entrepreneurial teams, innovation, economic freedom, GEM.

PALABRAS CLAVE

Emprendimiento, equipos emprendedores, innovación, libertad económica, GEM.

and whether universal design is enough to prevent this group from being excluded in digital environments. From this perspective, the research question posed by sociology has been: are there essential social elements in the analysis of the accessibility to technology of people with disabilities that should be studied sociologically? (Conde Melguizo, 2014)

This specific question is based on a socio-technical paradigm (Bloor 1991; Law and Hassard, 1999; Domènech and Tirado 1998; Blanco 2002; Latour, 2005; Sádaba and Gordo 2008; Sánchez-Criado T. 2008, Conde Melguizo, R., & Rozalén, R. 2012) and conceives the relationship between technology and society as a single reality in which each one conditions the possibility of the other (Sádaba and Gordo 2008). Thus, there will be social elements beyond the design of technology that will have a decisive influence on the relationship and interaction between people with different disabilities and those designs, perpetuating their exclusion and, therefore, hindering equal access to those new digital environments.

3. FROM TECHNO-FUNCTIONAL PARADIGM TO A SOCIOLOGICAL EXPLANATION OF TECHNOLOGY DESIGN

The combination of universal design with the ICF definition of functionalities has been labelled in previous studies as the techno-functional paradigm (Conde Melguizo, 2014). This paradigm seeks to define shortcomings and barriers in the environment from the perspective of the biopsychosocial paradigm to create universal designs that avoid limitations in operations and participation. The objective, in short, is to coordinate functionalities with technical support to achieve universal accessibility.

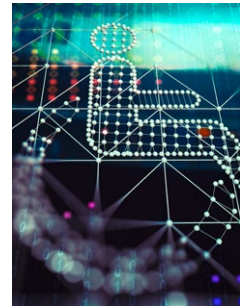
However, the inclusion of a sociological perspective reveals shortcomings in the understanding of disability from the techno-functional paradigm. To define the theoretical framework that will allow to lay the foundations of the research from a sociological perspective and go beyond the vision of universal design, it is necessary to include some concepts defined by sociology into the paradigm of universal design: normative body; social distance; stigma; and differences between normative technical support and diverse technical support. The selection and definition of these concepts comes from previous research projects that went beyond the sociology of disability (Finkelstein 1980; Barton 1998; Marañón 2003; Romañach 2005;



Palacios 2006; Etxeberria 2008; Ferrante, 2010; Ferreira M. A. 2010; Díaz Velázquez 2010; Rogero 2010; Toboso, 2010) and from a review of the sociological tradition of situational sociology (Goffman 1961, 1979, 1981; Blumber 1981; Ritzer 1993; Joseph 1999; Wolf 2000; Díaz F. 2002; Scambler G. 2009; Marrero-Guillamón 2012; Conde Melguizo 2014).

Unlike the individualistic conception of the techno-functional paradigm, a sociological perspective requires the inclusion of the concepts from the sociological definition of normative body and social distance. The normative body is not only normality, understood as the statistical majority, but it also involves a normatively imposed understanding of the body. There are specific capacities associated with needs defined as basic for our cultural patterns of life (being productive as a workforce, being able to carry out daily activities independently, etc.). Similarly, there are normative criteria that conceive certain body functions as appropriate for fulfilling these capacities, and functionality becomes confused with capacity (Toboso 2010:76). This set of capacities and functionalities that, by social criteria, are understood to be normal make up the normative body to which everyone must adapt (Toboso 2010:76). Social distance is the conflict between the normative body and the different body – understood as the body that uses other functionalities to accomplish those capacities socially accepted as normal.

The term ‘functional diversity’ starts to be used in Spain in 2005 during the Forum on Independent Living to designate what, until then, had been referred to as disability, in order to correct the pejorative sense of the definition and replace it with the positive idea of diversity (Romañach 2005; Palacios 2006:28). Functional diversity calls for an understanding of disability within a social model. To carry out a task, different individuals rely on different functionalities; for example, someone can move around a city by walking, limping or in a wheelchair. Therefore, there is functional diversity when carrying out this task, yet socially only one of these options, walking, is considered normal, while the others are considered inferior (Palacios 2006; Ferreira M. A. 2010) even though they allow to achieve the same goal: the ability to move from one place to another. As a result, those persons who have functional diversity – who move around with a wheelchair – are categorized as persons with disabilities; they cannot walk, so they do not have the capacity to move about (Conde Melguizo, 2014).



Daily life is full of technology enablers designed to facilitate the capacities of the average human being. When these enablers are designed to provide capacities through the functionalities of the normative body, this may generate a barrier for those with different bodies, for example, the design of stairs to allow the capacity to move through the normal functionality of walking, while they eliminate the ability to move through other functionalities, such as the use of a wheelchair. Due to the artificial nature of enablers – like the stairs – and the fact that they are permanent, we can say that capacities such as going up stairs are socially constructed (Toboso 2010:75). From this perspective, the technological barriers to people with disabilities are a consequence of the social distance between their different body and the normative body.

There is still another step to define this distance: if different bodies are qualified through specialised solutions and adaptations, their activity will not be considered in the social environment as a full accessibility, given that their functionalities are not comparable in effectiveness with those of the normative body. For example, if someone who uses a wheelchair can reach a higher floor using a ramp, they are just as capable of reaching that floor as any other person, but as they are not using the enabler intended for the normative body –the stairs– that action is still not being considered a legitimate functionality, as it is based on an adaptation. From the point of view of the techno-functional paradigm, this implies that the social distance is kept independently of whether the barrier has been overcome or not. When people use a ramp built from the perspective of universal design, they are overcoming a barrier, but also revealing the condition of having a different body, and therefore, experiencing a social distance that separates and stigmatises them. Here is where differences between normative technical support and diverse technical support become relevant. Using diverse technical supports becomes a social indicator for disability, even though it allows the person to achieve a capacity. If a person reaches a 5th floor using a diverse technical support (for example, a wheelchair and a stairlift) the society understands this ability as different than that of another person who reaches the same floor using a normative technological support (stairs or common elevator). This is a sociological interpretation, because both persons are unable to access the 5th floor without any technological support, but one of the technologies is normative and sociologically defined as normal and the other one is not. Another example is how unusual



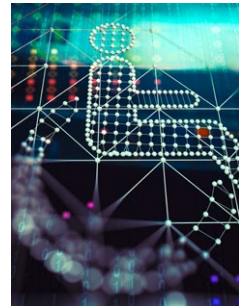
it is to consider someone disabled because of myopia and the use of glasses -normative support-, but how usual it is to consider someone deaf and disabled because of the use of a hearing aid -diverse support-. It is not easy to understand the difference between these examples from a functional point of view, but from social values and sociological explanation.

To test this theoretical framework, it is recommended to build samples of populations with similar disabilities, but with a different socialization. For example: people with spinal cord injuries and people with cerebral palsy. The choice of these two samples was tested and validated in previous research projects and it is based on the differences in the socialization of individuals in these two populations (Conde Melguizo, 2014) (Aguilar Gil, M. & Conde Melguizo, R. 2017)

- o Spinal cord injury is an acquired disability. Individuals with a spinal cord injury have been socialized without disability, but due to an accident their motor functions have been reduced – paraplegia, tetraplegia, etc. – and they have become part of the group of people with disabilities.
- o Cerebral palsy is a disability that is acquired at birth, so it is considered a congenital disability. Persons with cerebral palsy have been socialized throughout their lives as persons with disabilities.

With this approach, a sociological hypothesis would be: if we carry out the same accessibility tests among individuals with similar functionalities and with the use of the same technological enablers, we will find differences in their capacities that are derived from their differences in socialization, which are at least as important as the differences in abilities derived from their functional differences. Stigmatisation and self-stigmatisation will limit the competences of the group with congenital disability –cerebral palsy– to a greater degree than those whose socialization into stigma is acquired –spinal cord injury (Conde, 2014) (Aguilar Gil, M., & Conde Melguizo, R. 2017). This definition of hypothesis explains the need for sociology in projects about design and development of technology.

The importance of changing pre-existing notions of the concept of inclusivity has arisen in recent times. The sociological perspectives on the way society is built show that specific misconceptions on what disabilities are consolidate the social distance of people that do not fit a normative idea of the body, especially when technology is designed with this prescriptive approach.



The project VR4ALL is a normative revision which tries to adapt the design of VR technology to these concepts.

4. VR4ALL AND THE USABILITY GOALS FOR VIRTUAL REALITY

VR4ALL is a competitive project funded by the Camilo José Cela University, whose goal is to make VR technology accessible for people with spinal cord injury and cerebral palsy. The project is divided in three stages:

- Stage 1. Interviews with therapists from APAM and ASPAYM (institutions associated to the project) to understand the needs of the patients with these conditions and possible hurdles in the use of technology, and interviews with patients (both spinal cord injury and cerebral palsy) from said institutions to gather their needs and points of view on the use of these technologies.
- Stage 2. Development of interfaces modelled after the findings of the previous stages with different adaptation models to see their efficiency.
- Stage 3. Final testing of the interfaces.

One of the first challenges found in the development of this project was choosing the technological approach to the subject matter regarding usability goals. There are several points to address before any practical development, but the main question regards usability design, as this is the field that more closely relates to the user's needs.

Considering usability as “the extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use” (Le Peuple & Scane, 2003: 14)¹, the first focus should be on the product, meaning the VR interface, the second focus should be on the users, as defined previously, and finally the third focus should be on the goals of the project.

5.VR INTERFACE

Taking into account the scope of this project, it is impossible to develop technology in-house. This would not be ideal in any case given that one of the goals is to change normative enablers, meaning pre-existing technology, so that users could effectively use any given VR device at their disposal.



Following Vergara, Rubio and Lorenzo (2017:5), several low-to-medium cost VR technologies have been analysed to understand the basic input-output interfaces that affordable VR devices allow, and the main specifications that should be expected when working with this kind of technology.

Google Cardboard and Samsung Gear VR are the two devices on the lower threshold. The first one doesn't include any specific input device (although it allows simple third-party controllers), while the second uses a pointer-styled pad and several touch controls on the headset. Both need a smartphone with an attached gyroscope and provide different processing capabilities depending on said smartphone. The output devices of both headsets are limited as well, as the graphic output relies on the smartphone screen (divided in two sections) and the sound is provided by the speaker of the smartphone itself (or headphones if attached). Both have internet connection (again, depending on the smartphone) and can run android applications.

Google Cardboard was discontinued by the company in March 2021 but, as Google released the project as open source in 2019², it could remain as a viable option for a low-cost VR solution with several third-party developers still selling compatible devices. On the negative side, this also might support the idea of development companies losing interest in a smartphone-based virtual reality, a trend that might be transposable to Samsung Gear VR, as the company announced that they would not create newer versions of the Gear VR, and that legacy Gear headsets will not be compatible with the Android 12 OS³. There is still room for new developments on the Samsung headsets, as their technology is mainly provided by Oculus but, in the end, none of these technologies were considered promising for a long-term projection.

On the medium-cost threshold there are two popular devices: Oculus Rift and HTC Vive (recently renamed to simply Vive⁴). Both are dedicated devices, meaning that they are specialized machines designed for this task, which generally offer better performance. There are several different models for each one of them, the main differences being screen type and resolution, external connections, minimum computer specifications, tracking system and input devices. As for Oculus Rift, the different models are: Oculus Rift S, Oculus Quest and Oculus Go. For the Quest series there are two different revisions. The approximate price for these devices ranges from 349 € to 799 €, depending on the model and revision. Currently, only Oculus

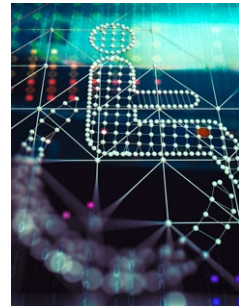


Table 1. Comparison between Oculus models specifications. Source: Compilation based on information supplied by Oculus in their commercial website, <https://www.oculus.com/compare/> (last check january 4th 2022) and by Amazon in their commercial website, <https://www.amazon.es/> (Last check january 4th 2022)

	Oculus Go	Oculus Rift	Oculus Quest	
	Oculus Go	Oculus Rift S	Oculus Quest	Oculus Quest 2
Screen / Resolution	1440x1280 px per eye	2560x1440 px per eye LCD	1440x1600 px per eye OLED	1832x1920 px per eye LCD
Refresh rate	72 Hz	80 Hz	72 Hz	90 Hz
Field of view	100°	115°	90°	100°
Audio	Speakers, Headphones	Speakers, Headphones	Speakers, Headphones	Speakers, Headphones
Inputs	Integrated microphones	Integrated microphones	Integrated microphones	Integrated microphones
Connections	USB-C, Bluetooth, Wi-Fi	USB-C 3.0, DP	USB-C 3.0, DP, Bluetooth, Wi-Fi	USB-C 3.0, DP, Bluetooth, Wi-Fi
Sensors	Proximity sensors	5x tracking cameras	4x tracking cameras	4x tracking cameras
Ergonomics	soft strap, IPD software configuration	Headband strap, IPD software configuration	semi-rigid strap, IPD presets configuration	soft strap, IPD presets configuration
Min. Computer Specs.	Not required	Intel i3-6100 / AMD Ryzen 3 1200, FX4350, Nvidia GeForce GTX 1050Ti / AMD Radeon RX470, 8Gb RAM, Windows 10	Not required	Not required
Controllers	Infrared tracking, 2 trigger buttons, joystick, touch button, menu button, oculus button, AB / YX buttons	Infrared tracking, 2 trigger buttons, joystick, touch button, menu button, oculus button, AB / YX buttons	Infrared tracking, 2 trigger buttons, joystick, touch button, menu button, oculus button, AB / YX buttons	Infrared tracking, 2 trigger buttons, joystick, touch button, menu button, oculus button, AB / YX buttons
Official Price	219 € (32 Gb model) 289 (64Gb model) (Amazon price last time checked)	799 € (Amazon price last time checked)	570 € (Amazon price last time checked)	349 € (128Gb model) 449 € (256 Gb model)

Table 2. Comparison between Vive models specifications. Source: Compilation based on information supplied by Vive in their commercial website, <https://www.vive.com/eu/product/> (last check january 4th 2022)

	Vive Pro			Vive Focus	Vive Cosmos	Vive Flow
	Vive Pro	Vive Pro Eye	Vive Pro 2	Vive Focus 3	Vive Cosmos	Vive Flow
Screen / Resolution	1440x1600 per eye Dual AMOLED	1440x1600 px per eye Dual OLED	2448x2448 px per eye Dual RGB low persistence LCD	2448x2448 px per eye Dual LCD	1440x1700 pc per eye DUAL	1600x1600 per eye LCD
Refresh rate	90 Hz	90 Hz	90 Hz / 120 Hz	90 Hz	90 Hz	75 Hz
Field of view	110°	110°	120°	120°	110°	100°
Audio	Headphone	Headphones	Headphones	Headphones	Headphones	Speakers, Headphones
Inputs	Integrated microphones	Dual integrated microphones	Dual integrated microphones	Dual integrated microphones, headset button	Integrated microphones, headset button	Smartphone
Connections	USB-C, Bluetooth	USB-C 3.0, DP 1.2, Bluetooth	USB-C, Bluetooth	2x USB-C 3.2, Bluetooth, Wi-Fi	USB-C 3.0, DP 1.2, proprietary connection to Faceplates	USB-C, Bluetooth, Wi-Fi
Sensors	G-Sensor, gyroscope, proximity, IPD Sensor, SteamVR Tracking	G-Sensor, gyroscope, proximity, IPD Sensor, Eye tracking, SteamVR Tracking	G-Sensor, gyroscope, proximity, IPD Sensor, SteamVR Tracking V2.0	G-Sensor, gyroscope, proximity, 4x tracking cameras	G-Sensor, gyroscope, IPD Sensor	2x tracking cameras, adjustable diopter dials
Ergonomics	Lens distance adjustment, Eye comfort setting (IPD), adjustable headphone, adjustable head strap	Lens distance adjustment, Eye comfort setting (IPD), adjustable headphone, adjustable head strap	Lens distance adjustment, Eye comfort setting (IPD), adjustable headphone, adjustable head strap	Eye comfort setting (IPD), quick-release head strap	Flip-up visor, adjustable IPD, adjustable head strap	Dual-hinge fit, glasses mount
Min. Computer Specs.	Intel i5-4590 / AMD FX 8350, Nvidia Geforce GTX 1060 / AMD Radeon RX 480, 4Gb RAM, Windows 7	Intel i5-4590 / AMD FX 8350, Nvidia Geforce GTX 970 / AMD Radeon R9 290, 4Gb RAM, Windows 7	Intel i5-4590 / AMD Ryzen 1500, Nvidia Geforce GTX 1060 / AMD Radeon RX 480, 8Gb RAM, Windows 10	Not required	Intel i5-4590 / AMD FX 8350, Nvidia Geforce GTX 970 / AMD Radeon R9 290 4Gb, 4Gb RAM, Windows 10	Not required
Controllers	SteamVR Tracking 2.0, multifunction trackpad, grip buttons, dual-stage trigger, system button, menu button	SteamVR Tracking 2.0, multifunction trackpad, grip buttons, dual-stage trigger, system button, menu button	SteamVR Tracking 2.0, multifunction trackpad, grip buttons, dual-stage trigger, system button, menu button	Hall sensors on trigger and grip buttons, capacitive sensors on trigger, joystick and thumb-rest area, G-Sensor, Gyroscope, ergonomic grip button, analog trigger, AB / YX buttons, system button, menu button, joystick	Gyroscope, G-sensors, hall sensor, touch sensor, system button, 2 application buttons, trigger, bumper, joystick, grip button	Smartphone
Official Price	879 € (659 € last time checked)	1.419 €	1.419 €	1.428 €	799 €	554 €

Quest models are officially available, but at present there is still stock in several common retailers for other models.

In the case of Vive, the different models are: Vive, Vive Pro, Vive Cosmos, Vive Focus and Vive Flow. For each one of these series there are different revised versions. The approximate price for these devices ranges from 554 € to 1.428 €, depending on the model and revision. Only complete sets (including controllers) were considered. As the regular Vive model was discontinued, it was not considered for the comparison. Also, Vive Focus and Vive Focus Pro are business models (not available to the general public), so they were not considered either. The main difference between the Vive Cosmos and the Vive Cosmos Elite models lies in the controllers, so the Elite model was not examined.

The findings of this preliminary desk research portray a general layout of the common VR devices: a headset connected to controllers (one or two) that relies on computer or smartphone technology to execute a highly demanding graphic program. The setting up of the device requires a thorough configuration of the visual piece (specially on systems with lower resolution and refresh rate), relying on automatic, software or mechanical means, and a proper attachment to the user's head for visual reference. There are several different systems for this purpose, based on adjustable head straps (except in the case of the Vive Flow, which resemble a set of glasses, and Google Cardboard, that requires to be held by the user). The controllers require the use of the hands, gripping them like a handset or a remote control, pushing buttons for action and waving for movement. Sound inputs and outputs are managed externally using headphones, although Oculus devices are also equipped with speakers.

Considering these baselines, the main issues when adapting VR technology to the target audience would be correctly adjusting the headset, including its visual device, and allowing new input routines given the variety of controllers.

For the visuals, in the worst-case scenario, it should be possible for a third party to configure all these features externally without feedback from the end-user, while remaining operative for those users who could set up the apparatus themselves. In most cases, the headsets allow fitting several types of straps depending on specific needs.

Regarding the input devices, they could be fitted to the user's hands using straps in those cases in which the subjects themselves could not properly handle the controllers. The action buttons and triggers



could be reproduced using a software layer that would remap a different set of routines, like movements of other available parts of the body, to the intended outcome. This method was tested by VR pioneer Jaron Lanier (2011:186), allowing users to control extra limbs in avatars in a virtual environment, and could be repurposed to enable proper usage in cases of functional diversity. As stated by Lanier, the learning curve is not too steep, although this specific point needs further investigation.

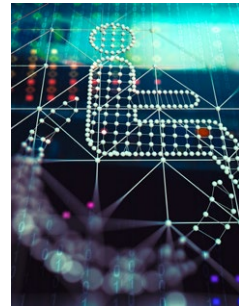
The provided actions on the available technology should fulfil at least three of the five usability key features as defined by Nielsen (1993:27): learnability, efficiency of use and satisfaction. As for the other two key features, memorability could be an issue here, but there are recent studies regarding the memorability of corporal patterns that could be useful (see ALI, MORRIS & WOBBROCK, 2021). Error control is a matter that should be faced when working in the final stages of the project.

6. GOALS OF THE PROJECT

In light of the different key points stated in the previous sections and having identified the main stakeholders to take into account for the project, it is now possible to outline the main usability goals that should be implemented when adapting VR devices to users with motor disability:

- Users should be able to use commercial VR headset devices.
- Users should be able to use the appropriate controllers for each device.
- Specific software aimed at rehabilitation or integration needs should be created. It needs to be compatible with current commercial VR devices.
- Specific software aimed at remapping the main functionalities of buttons in VR controllers should be created. It needs to be simple and easy to set up.
- Specific hardware aimed at repurposing the functionality of buttons in VR controllers should be prototyped. It must fit the needs for different motor disability schemes.
- A third party should be able to set up the device in cases where the end-user cannot.

Other additional secondary usability goals, with features that would be desirable but not needed, would be:



- The adaptation should not be intrusive or destructive to the device itself, when possible.
- Software should be compatible with low-end VR devices, to allow a wider public with less resources to invest.
- The adaptation should also work with most existing commercial software, to improve the scope of the integration.
- The software created for this project should be open source to allow internet communities to improve it and modify it for other purposes.
- The hardware created for this project should be easy to implement and released to the public as open source.

7. METHODOLOGY AND SAMPLE PROFILES

To define the profile of users, two group interviews were conducted on April 15th, 2021. The first one was with two persons with spinal cord injury who were permanent residents at the ASPAYM association facilities in Madrid. The second interview was with three persons with cerebral palsy who attend the day centre at the APAM association.

A semi-structured script of questions was applied in both groups. They were first asked about their previous experience with virtual reality in the VR Ommm project of the TECSOS Foundation (TECSOS, s.f.), in which all the selected users had participated and where people with motor disability were exposed to relaxing virtual reality environments to help them control anxiety and other similar problems. The objective of this initial question was to start the discussion on virtual reality and to evaluate the prior knowledge that users had of this technology.

The following questions were defined considering the four-quadrant model already used, validated and published on previous occasions by the research team (Conde Melguizo, 2021). Such model is based on the definition of four indicators that would guide the elaboration of the questions around two fundamental axes:

- A horizontal axis between what the user considers necessary based solely on practical criteria, and what the user wants for purely personal reasons.
- A vertical axis between the most technological elements related to the use of virtual reality, and the elements related to the real world without taking technology into account.

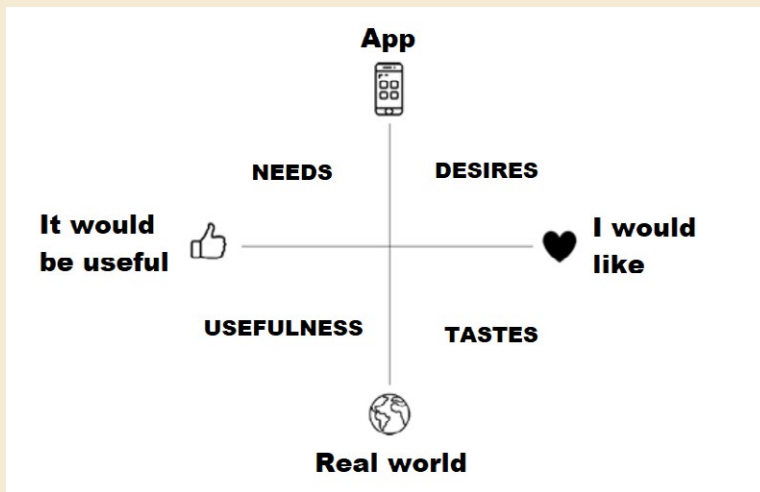
The spaces contained between the axes constituted an abstract indicator of needs that became specific questions for the semi-



structured interview. These four spaces were in this case:

- Desires: desired and technological elements.
- Needs: necessary and technological elements.
- Tastes: desired elements in general
- Usefulness: necessary elements in the real world

Figure 2. **Quadrants defined between the two fundamental axes identified to guide the field work. Elaboration by our own.**



The opening question focused on the “Desires” indicator asking users: “If we could do anything, what virtual reality scenario would you like to have?”

The “Needs” indicator was addressed with the question: “What elements would you consider useful to find in virtual reality for a person with motor disabilities?”

The “Tastes” indicator focused on questions such as whether they would like to watch activities alone or in company, leisure activities, what games they like to play, their use of social networks, etc.

One last question was asked about “Usefulness” considering specific needs that they face in their day-to-day activities. In this case, no relevant contributions were obtained from the users, as they referred to elements already mentioned previously. For this reason, the information regarding this indicator was compiled in interviews with the occupational therapists from SPAYM and APAM. These interviews revealed that if the therapy were effective on the patients of the second group (cerebral palsy), it would also be adequate for the first group.

This changed the conception of stakeholders from a usability point of view. The focus should shift to the cerebral palsy group, given that the spinal cord injury patients could benefit from the same kind of therapy. Given that there are several different degrees of cerebral palsy, and that the adaptation should be indistinct for any possible situation, the user definition would focus on the highest degree of the condition. So, following a modern definition of cerebral palsy (SANKAR & MUNDKUR, 2005) the stakeholders would be considered as affected by quadriplegic cerebral palsy:

Table 3. Main stakeholders definition for usability purposes. Source: Development over the model proposed by LePeuple and Scane (2013:53)

Characteristics	Experience in: - Previous therapy. - Audiovisual exposure.	Potential system requirements - Spatial navigation adapted to previous therapy systems.
	Education - Not required.	- Error handling for ease of use.
	Linguistic ability - Not required.	- Visual feedback, not text.
	Background knowledge - No previous experience with VR devices.	- Proper documentation for third parties.
Physical attributes	Age range - 13 years in advance.	- Hardware adaptation to body configurations.
	Physical abilities, limitations - Few voluntary movements. - Four limbs impairment. - No verbal response to stimulus.	- The operation of the VR device should be possible for a third party involved. - The operation of the VR device should be possible even if the user cannot hold the controllers.
Mental attributes	Intellectual abilities - Awareness.	- Automatic tracking / operation over the software's features.
	Operational characteristics - No previous experience with VR headsets and/or controllers.	- Proper documentation for third parties and intuitive setting up of the device and software.
Other	Other - The design should be modular so it could be adapted to different degrees of cerebral palsy, forcing modularity from completely adapted to not adapted at all.	- Not intrusive adaptation of the original hardware, not destructive if possible.

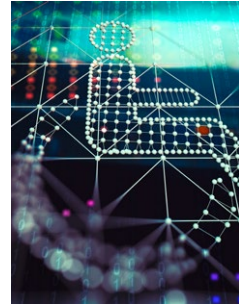
8. DESIGN PROPOSAL AND TESTING

Currently, the project is on its second stage, in which the VR technology is being tested unmodified with specific-purpose software created to address a specific rehabilitation issue: the orientation of the end-users by creating a navigable VR model of the facilities of APAM, one of the associated institutions in Madrid.

Said facilities were photographed using a 360° camera in each of their rooms, creating a map of APAM. These pictures provided assets for a Unity3D program, which applied them as internal textures in different 3D spheres, with hotspots to change the in-game camera to adjacent spaces, providing the illusion of traversing through the space. Other hot spots were included to allow discovery of different items and activities, providing an entertaining and engaging experience. The related activities were included to take advantage of the novelty value of VR, allowing users to explore the space in search of brief snippets of regular VR showcases (like a virtual roller coaster). This exploration value adds to the experience of the users in their rehabilitation exercises, and encourages a better harnessing of the tool, as noted by Bermejo-Berros and Gil Martinez (2021).

Previous studies like Foreman, Wilson and Stanton (1997) and Diersch and Wolbers (2019) have proven the effectiveness of VR in the development of spatial skills in patients of different ages with motor disabilities.

The next step in this stage will be gathering data related to the results of this rehabilitation method, to compare them with those resulting from the next stage of the project: the adaptation of VR devices including adapted hardware. This adaptation will rely on intermediate interfaces created using sensors attached to microcontrollers to send appropriate data to the dedicated software. In the future, the signals will be adapted via software to allow remapping the buttons for commercial software.



9. CONCLUSIONS

As the main conclusion, we defend the need to include Social Sciences in the design and development of technology projects, especially sociological concepts like the differences between normative and diverse bodies or between normative and diverse technology. This conclusion becomes stronger in the case of technology oriented to diverse social groups and complex final users, which should not only

address disabled people, but also other non-normative groups like the elderly population, children, low-income stratum, isolated rural areas, people with special health necessities, etcetera.

The current project, VR4ALL, is yet another example that contributes to stand out Social Sciences as a fundamental knowledge for technological development. A sociological point of view is needed in this project to make strategic decisions such as sample selection, definition of interaction design or selection of the technology available. We are aware that it is easier to understand the importance of including Social Sciences in the technical and design requirements of projects like VR4ALL, which involves complex social groups with special needs and unusual socializations using new interaction technologies like virtual reality. Nevertheless, our position is that Social Sciences are just as necessary in projects focused on normative populations. We will also find differences in the interaction with technology in the general population that are derived from their differences in socialization and other sociological concepts and therefore Social Sciences should be included as fundamental knowledge in the development of technology.

REFERENCES

Agilar Gil, M; Conde Melguizo, R. (2017). "La Accesibilidad a la Administración Electrónica en España de las Personas con Discapacidad Motora". *Administração Pública e Gestão Social*, 9(1), 54-63. DOI: <https://doi.org/10.21118/apgs.v1.i1.1373>

ALI, A. X.; MORRIS, M. R.; WOBBEROCK, J. O. (2021). "I Am Iron Man: Priming Improves the Learnability and Memorability of User-Elicited Gestures". CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21), May 08–13, 2021, Yokohama, Japan. 14 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3411764.3445758>

LINK: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3411764.3445758>

BERMEJO-BERROS, J.; GIL MARTÍNEZ, M. A. (2021). "The relationships between the exploration of virtual space and entertainment in virtual reality, 360° and 2D". *Virtual Reality* 25, 1043–1059. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00510-9>

LINK: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10055-021-00510-9.pdf>

Conde Melguizo, R. (2014). "La accesibilidad de la persona con discapacidad a la administración electrónica: análisis sociológico de estudio de caso en el proyecto ASTIC", Universidad de Sevilla. LINK: <http://hdl.handle.net/11441/53381>

Conde Melguizo, R. (2014). "Evolución del concepto de discapacidad en la sociedad contemporánea: de cuerpos enfermos a sociedades excluyentes". *Praxis sociológica*, (18), 155-175. LINK: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4776246.pdf>

- Conde Melguizo, R. (2021). "Experiencia de aprendizaje basado en proyectos: desarrollando realidad aumentada para niños en periodos largos de hospitalización en colaboración con el proyecto EntamAR". Edupsykhé. *Revista de Psicología y Educación*, 18(1), 51-56. LINK: <https://journals.ucjc.edu/EDU/article/view/4324/3125>
- Conde Melguizo, R. & Rozalén, R. (2012). "Manifiesto 4.0: el necesario papel de la sociología en el equilibrio de la sociedad digital". *Nuevos tiempos, nuevos retos, nuevas sociologías* (pp. 579-589). LINK: https://acmspublicaciones.revistabarataria.es/wp-content/uploads/2017/05/44.2012.Conde_Tiempos.579_588.c.pdf
- DIERSCH, N.; WOLBERS, T. (2019). "The potential of virtual reality for spatial navigation research across the adult lifespan". *Journal of Experimental Biology*, vol. 222, issue suppl_1 DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.187252> LINK: https://journals.biologists.com/jeb/article/222/Suppl_1/jeb187252/2801/The-potential-of-virtual-reality-for-spatial
- FOREMAN, N.; WILSON, P.; STANTON, D. (1997). "VR and spatial awareness in disabled children". *Communications of the ACM*, vol. 40, No. 8, 76-77. DOI: <https://doi.org/10.1145/257874.257892>. LINK: https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/257874.257892?casa_token=TqfLQOV1K5oAAAAA:NeMK-s96MnyC.JPSZj4vmxWQSBX2r9vv5v0kg8JicQhBx3n-PkdHy32bDpPuU_SpeumEyhYJEORxjlxA
- LANIER, J. (2011). "You are not a gadget: A manifesto". UK: Penguin.
- LEPEUPLE, J.; SCANE, R. (2003). "User Interface Design". UK: Lexden Publishing.
- NIELSEN, J. (1993). "Usability engineering". San Diego, CA: Academic Press.
- OLIVEIRA, N.; PERES, H. H. C. (2021). "Usability Evaluation Nursing Process- Clinical Decision Support System", *UMB Digital Archive*. LINK: https://archive.hshsl.umaryland.edu/bitstream/handle/10713/16983/SINI2121_Oliveira.pdf?sequence=1
- SANKAR, C.; MUNDKUR, N. (2005). "Cerebral Palsy - Definition, classification, etiology and early diagnosis". *Indian Journal of Pediatrics*, vol. 72. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02731117>. LINK: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02731117.pdf>
- United Nations (2006). Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD). LINK: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>
- VERGARA, D.; RUBIO, M. & LORENZO, M. (2017). "On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering". *Multimodal Technologies and Interaction*. 1. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/mti1020011>. LINK: <https://www.mdpi.com/2414-4088/1/2/11>
- World Health Organization. (2001). IFC: International Classification of Functioning, Disability and Health. LINK: <https://www.who.int/standards/classifications/international-classification-of-functioning-disability-and-health>

NOTES

1. The ISO 9241-11 standard in which this definition is based was recently revised and modified by the new ISO 9241-11:2018 standard to accommodate a wider range of concerns regarding the definition of "satisfaction", resulting in the "extent to which a system, product or service can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction" (Oliveira & Peres, 2021).
2. See the official announcement by Google: <https://developers.googleblog.com/2019/11/open-sourcing-google-cardboard.html>
3. See <https://www.xda-developers.com/samsung-gear-vr-stop-working-android-12-update/>
4. See <https://www.vive.com/us/>





Rafael Conde Melguizo
Universidad Camilo José Cela
 rconde@ucjc.edu



Daniel Alonso Martínez
Universidad Camilo José Cela
 dalonsom@ucjc.edu

La Importancia de las Ciencias Sociales en el Desarrollo de Tecnologías para Públicos Complejos. Estudio del Caso VR4ALL

The importance of Social Sciences in the development of technology for complex public. VR4ALL: a case study

I. INTRODUCCIÓN

El marco teórico de este trabajo se basa en las investigaciones previas realizadas por el equipo, específicamente en la definición sociológica de la discapacidad como construcción social, la necesaria presencia de la Sociología en el diseño de proyectos de desarrollo tecnológico para todos, la definición de conceptos clave para la el desarrollo como paradigma tecnofuncional y las diferencias entre apoyo técnico normativo y apoyo técnico diverso (Conde Melguizo, 2014) (Aguilar Gil, M., & Conde Melguizo, R.) (Conde Melguizo, R., 2021). Realidad Virtual para Todos -VR4ALL- es un proyecto que explora en mayor profundidad las aplicaciones de estos conceptos en el desarrollo tecnológico para establecer un conocimiento sociológico útil en el diseño y desarrollo de nuevas tecnologías en nuevos escenarios tecnológicos.

El marco sociológico que se propone es una evolución de la comprensión de la discapacidad a partir del paradigma reconocido internacionalmente y conocido como modelo biopsicosocial de la



RESUMEN DEL ARTÍCULO

La perspectiva sociológica sobre cómo se construye la sociedad muestra que existen determinadas concepciones erróneas sobre qué es una discapacidad, las cuales consolidan la distancia social de aquellos que no cumplen con una idea normativa del cuerpo, especialmente cuando la tecnología es diseñada sin tomar en cuenta estas perspectivas. El proyecto VR4ALL es una revisión normativa que trata de adaptar el diseño de la tecnología de realidad virtual a estos conceptos.

EXECUTIVE SUMMARY

The importance of changing preexisting notions of the concept of inclusivity is something that has arisen in recent times. Sociological perspectives on the way society is built show that specific misconceptions on what disabilities are consolidate the social distance of people that do not fit a normative idea of the body, especially when technology is designed with this prescriptive approach. The project VR4ALL is a normative revision which tries to adapt the design of VR technology to these concepts.

discapacidad, el cual fue establecido por la Organización Mundial de la Salud en su Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud de 2001 -en adelante CIF- (OMS, 2001). Según este modelo biopsicosocial, la discapacidad es un fenómeno que no puede entenderse únicamente desde una perspectiva médica o social, sino que debe entenderse teniendo en cuenta ambas. Establece un ecosistema de factores que inciden en el individuo, tales como:

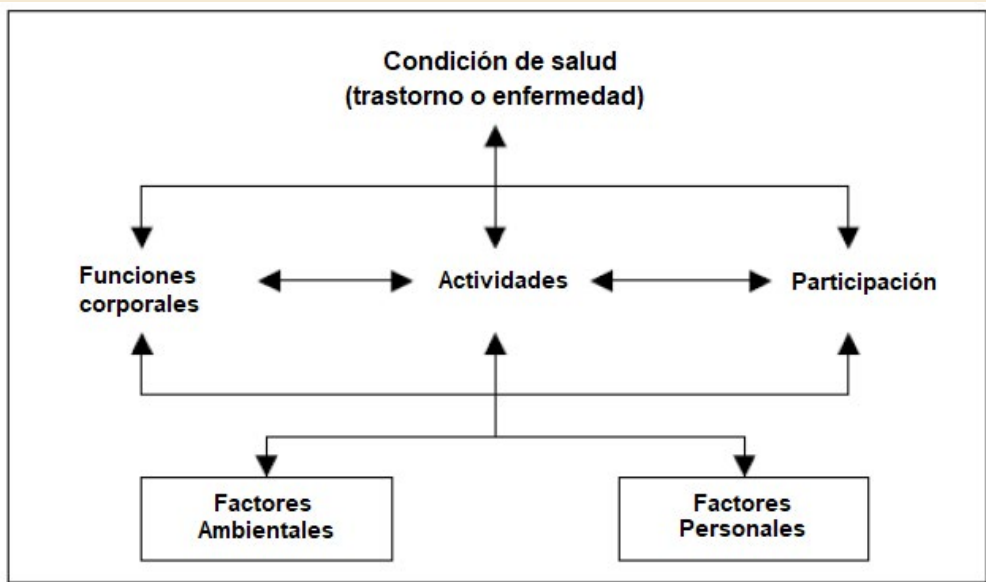
- o Deficiencias: La CIF entiende la discapacidad como una desviación de los estándares generalmente aceptados en el estado biomédico del cuerpo y sus funciones (OMS 2001:12).
 - o Factores contextuales: estos factores explican el contexto en el que se produce la deficiencia. LA CIF distingue entre factores ambientales y personales.
 - o Consideraciones ambientales: incluidos los entornos físicos, sociales y de actitud en los que las personas viven y llevan a cabo sus vidas. Estos elementos pueden tener un impacto positivo o negativo en la deficiencia (OMS 2001:16).
 - o Factores personales: características que no forman parte de una condición de salud: género, edad, educación, ocupación, etc. Estos elementos pueden jugar un papel en la discapacidad (OMS 2001:17).
 - o Restricciones a la actividad y/o participación: la discapacidad, desde la perspectiva del modelo biopsicosocial, debe entenderse como un proceso de interacción entre los diferentes elementos del modelo. Los conceptos clave para entender esta interacción se definen desde dos dicotomías (OMS 2001:10-13).
- o Actividad y Participación
 - Actividad es la ejecución de una tarea o acción, por ejemplo, la capacidad de expresar las propias ideas de manera comprensible.
 - La participación es la participación de las personas en una situación de la vida, por ejemplo, tener una conversación.
- o Capacidad y Rendimiento
 - Capacidad describe la habilidad para ejecutar una tarea, por ejemplo, moverse usando una silla de ruedas.
 - El desempeño se refiere a lo que los individuos pueden hacer en su entorno actual, por ejemplo, la imposibilidad de usar el

***... la discapacidad
es un fenómeno que
no puede entenderse
únicamente desde una
perspectiva médica o
social, sino que debe
entenderse teniendo en
cuenta ambas.***

transporte público porque no es accesible para un usuario de silla de ruedas.

Mediante este esquema, el modelo biopsicosocial sitúa los factores ambientales al mismo nivel de importancia que los factores físicos del cuerpo de una persona, siendo la discapacidad el resultado de la interacción entre todos estos factores identificados.

Figura 1. Interacción entre los diferentes elementos definidores de la discapacidad según la CIF. Fuente: OMS, 20021: 18.Traducción propia.



2. DISEÑO UNIVERSAL

Tras la publicación de la CIF y la difusión del modelo biopsicosocial como paradigma de consenso, cambiaron los principales conceptos para establecer políticas que mejoren las condiciones de vida de las personas con discapacidad. Estos incluyen el concepto de diseño universal. El diseño universal se definió en 2006 en la Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad y el Protocolo Facultativo como “el diseño de productos, entornos, programas y servicios para que puedan ser utilizados por todas las personas, en la mayor medida posible, sin necesidad de adaptación o diseño especializado” (ONU, 2006). Es importante aclarar que el diseño universal no solo es aplicable a los espacios físicos, sino también a los

PALABRAS CLAVE

Diseño, personas con discapacidad, interacción hombre máquina, cambio tecnológico, sociología.

KEYWORDS

Design, Disabled persons, Human machine interaction, Technological change, Sociology

ambientes naturales, asistencia técnica, espacios virtuales, espacios sociales, etc. El diseño universal se refiere a la creación de un ambiente accesible que permita a todas las personas el ejercicio de su autonomía.

Fruto de estas nuevas perspectivas, las Ciencias Sociales han llevado a cabo una revisión completa del concepto de discapacidad en las últimas dos décadas. Como parte de esta revisión, la sociología también ha examinado la relación entre las personas con discapacidad y la tecnología, y si el diseño universal es suficiente para evitar que este grupo quede excluido en los entornos digitales. Desde esta perspectiva, la pregunta de investigación planteada por la sociología ha sido: ¿existen elementos sociales esenciales en el análisis de la accesibilidad a la tecnología de las personas con discapacidad que deberían ser estudiados sociológicamente? (Conde Melguizo, 2014) Esta pregunta específica se basa en un paradigma sociotécnico (Bloor 1991; Law y Hassard, 1999; Domènech y Tirado 1998; Blanco 2002; Latour, 2005; Sádaba y Gordo 2008; Sánchez-Criado T. 2008, Conde Melguizo, R. & Rozalén, R. 2012) y concibe la relación entre tecnología y sociedad como una sola realidad en la que cada una condiciona la posibilidad de la otra (Sádaba y Gordo 2008). Así, habrá elementos sociales más allá del diseño de la tecnología que influirán decisivamente en la relación e interacción entre las personas con diferentes discapacidades y esos diseños, perpetuando su exclusión y, por tanto, dificultando el acceso igualitario a esos nuevos entornos digitales.

3. DEL PARADIGMA TECNO-FUNCIONAL A UNA EXPLICACIÓN SOCIOLÓGICA DEL DISEÑO DE TECNOLOGÍA

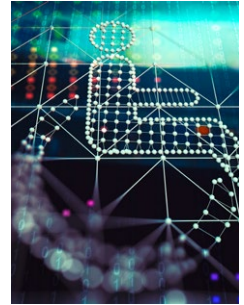
La combinación del diseño universal con la definición de funcionalidades de la CIF ha sido etiquetada en estudios previos como el paradigma tecnofuncional (Conde Melguizo, 2014). Este paradigma busca definir las carencias y barreras del entorno desde la perspectiva del paradigma biopsicosocial para crear diseños universales que eviten limitaciones en el funcionamiento y la participación. El objetivo, en definitiva, es coordinar las funcionalidades con apoyos técnicos adecuados para lograr la accesibilidad universal.

Sin embargo, la inclusión de una perspectiva sociológica revela vacíos en la comprensión de la discapacidad desde el paradigma



tecnofuncional. Para definir el marco teórico que permita sentar las bases de la investigación desde una perspectiva sociológica e ir más allá de la visión del diseño universal, es necesario incluir en el paradigma algunos conceptos definidos por la sociología: cuerpo normativo; distancia social; estigma; y diferencias entre soporte técnico normativo y soporte técnico diverso. La selección y definición de estos conceptos proviene de investigaciones previas que iban más allá de la sociología de la discapacidad (Finkelstein 1980; Barton 1998; Maraña 2003; Romañach 2005; Palacios 2006; Etxeberría 2008; Ferrante, 2010; Ferreira M. A. 2010; Díaz Velázquez 2010; Rogero 2010; Toboso, 2010) y de una revisión de la tradición sociológica de la sociología situacional (Goffman 1961, 1979, 1981; Blumber 1981; Ritzer 1993; Joseph 1999; Wolf 2000; Díaz F. 2002; Scambler G. 2009; Marrero- Guillamón 2012; Conde Melguizo 2014). A diferencia de la concepción individualista del paradigma tecnofuncional, una perspectiva sociológica requiere la inclusión de los conceptos de la definición sociológica de cuerpo normativo y distancia social. El cuerpo normativo no es sólo normalidad, entendida como mayoría estadística, sino que implica también una comprensión normativamente impuesta del cuerpo. Existen capacidades específicas asociadas a necesidades definidas como básicas para nuestros patrones culturales de vida (ser productivos como mano de obra, poder realizar las actividades diarias de manera independiente, etc.). Asimismo, existen criterios normativos que conciben ciertas funciones corporales como adecuadas para el cumplimiento de estas capacidades, confundiéndose funcionalidad con capacidad (Toboso 2010:76). Este conjunto de capacidades y funcionalidades que, por criterio social, se entienden como normales conforman el cuerpo normativo al que todos deben adaptarse (Toboso 2010:76). La distancia social es el conflicto entre el cuerpo normativo y el cuerpo diferente, entendido como el cuerpo que utiliza otras funcionalidades para realizar aquellas capacidades socialmente aceptadas como normales.

El término 'diversidad funcional' comienza a utilizarse en España en 2005 en el Foro sobre Vida Independiente para designar lo que hasta entonces se denominaba discapacidad, con el fin de corregir el sentido peyorativo de la definición y sustituirlo por la idea positiva de diversidad (Romañach 2005; Palacios 2006:28). La diversidad funcional exige una comprensión de la discapacidad dentro de un modelo social. Para llevar a cabo una tarea, diferentes individuos



cuentan con diferentes funcionalidades; por ejemplo, alguien puede moverse por una ciudad caminando, cojeando o en silla de ruedas. Por tanto, existe diversidad funcional a la hora de realizar esta tarea, pero socialmente solo una de estas opciones, caminar, se considera normal, mientras que las demás se consideran inferiores, aunque permitan alcanzar el mismo objetivo: la capacidad de moverse de un lugar a otro (Palacios 2006; Ferreira M. A. 2010). En consecuencia, aquellas personas que tienen diversidad funcional -que se desplazan en silla de ruedas- se catalogan como personas con discapacidad; no pueden caminar, por lo que pareciera que no tienen capacidad de moverse de otra manera (Conde Melguizo, 2014).

La vida diaria está llena de habilitadores tecnológicos diseñados para facilitar las capacidades del ser humano promedio. Cuando estos habilitadores están diseñados para brindar capacidades a través de las funcionalidades del cuerpo normativo, esto puede generar una barrera para las personas con cuerpos diferentes. Por ejemplo, el diseño de escaleras para permitir la capacidad de moverse a través de la funcionalidad normal de caminar, mientras que eliminan la capacidad de moverse a través de otras funcionalidades, como el uso de una silla de ruedas. Debido a la naturaleza artificial de los facilitadores –como las escaleras– y al hecho de que son permanentes, podemos decir que capacidades como subir escaleras son construidas socialmente (Toboso 2010:75). Desde esta perspectiva, las barreras tecnológicas a las que se enfrentan las personas con discapacidad son consecuencia de la distancia social entre su cuerpo diferente y el cuerpo normativo.

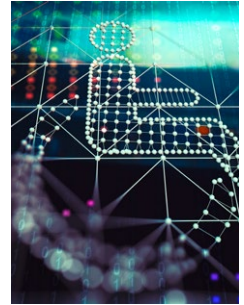
Todavía queda un paso más para delimitar esta distancia: si se diseñan soluciones y adaptaciones especializadas para discapacidades concretas, su actividad no será considerada en el medio social como una plena accesibilidad, dado que sus funcionalidades no son comparables en eficacia con las funcionalidades normativas. Por ejemplo, si alguien que usa una silla de ruedas puede llegar a un piso más alto usando una rampa, es tan capaz de llegar a ese piso como cualquier otra persona, pero como no está usando el habilitador destinado al cuerpo normativo, las escaleras, esa acción tampoco no se considera socialmente una funcionalidad legítima, ya que se basa en una adaptación. Desde el punto de vista del paradigma tecnofuncional, esto implica que la distancia social se mantenga independientemente de que se haya superado o no la barrera. Cuando las personas utilizan una rampa construida desde



la perspectiva del diseño universal, están superando una barrera, pero también revelando la condición de tener un cuerpo diferente, y, por lo tanto, experimentando una distancia social que las separa del resto y las estigmatiza. Aquí es donde las diferencias entre soporte técnico normativo y soporte técnico diverso cobran relevancia. El uso de diversos soportes técnicos se convierte en un indicador social de discapacidad, aunque paradójicamente le permita a la persona alcanzar una capacidad. Si una persona llega a un 5º piso utilizando un soporte técnico diverso (por ejemplo, una silla de ruedas y un salvaescaleras) la sociedad entiende esta capacidad como diferente a la de otra persona que llega al mismo piso utilizando un soporte tecnológico normativo (escaleras o ascensor común). Esta es una interpretación sociológica, porque ninguna de las dos personas puede acceder al 5º piso sin ningún soporte tecnológico, pero una de las tecnologías está normativa y sociológicamente definida como normal y la otra no. Otro ejemplo es lo inusual que es considerar la miopía como discapacidad, a pesar de ser inhabilitante sin el uso de gafas -apoyo normativo-, pero si es habitual considerar a alguien sordo como persona con discapacidad por el uso de un audífono -apoyo diverso-. No es fácil entender la diferencia entre estos ejemplos desde un punto de vista funcional, sino únicamente desde los valores sociales y la explicación sociológica.

Para poder testear este marco teórico basado en la sociología, es recomendable construir muestras de poblaciones con discapacidades similares en lo funcional, pero con una socialización diferente. Por ejemplo: personas con lesiones medulares y personas con parálisis cerebral. La elección de estas dos muestras fue probada y validada en investigaciones anteriores y se basa en las diferencias en la socialización de los individuos en estas dos poblaciones (Conde Melguizo, 2014) (Aguilar Gil, M. & Conde Melguizo, R. 2017)

- o La lesión de la médula espinal es una discapacidad adquirida. Las personas con lesión medular se han socializado sin discapacidad, pero debido a un accidente sus funciones motoras se han visto reducidas –paraplejía, tetraplejía, etc.– y han pasado a formar parte del colectivo de personas con discapacidad.
- o La parálisis cerebral es una discapacidad que se adquiere al nacer, por lo que se considera equivalente a una discapacidad congénita. Las personas con parálisis cerebral han sido socializadas a lo largo de toda su vida como personas con discapacidad.



Con este enfoque, una hipótesis sociológica sería: si realizamos las mismas pruebas de accesibilidad entre individuos con funcionalidades similares y con el uso de los mismos habilitadores tecnológicos, encontraremos diferencias en sus capacidades que se derivan de sus diferencias en la socialización y no en sus diferencias funcionales. La estigmatización y la autoestigmatización limitarán las competencias del grupo con discapacidad congénita o similar – parálisis cerebral– en mayor medida que aquellos cuya socialización en el estigma es adquirida –lesión medular (Conde, 2014) (Aguilar Gil, M., & Conde Melguizo, R. 2017). Esta definición de hipótesis explica la necesidad de la sociología en los proyectos de diseño y desarrollo de tecnología.

La importancia de cambiar la noción preexistente del concepto de inclusividad ha surgido en los últimos tiempos. La perspectiva sociológica sobre la forma en que se construye la sociedad muestra que algunos conceptos erróneos sobre lo que es la discapacidad consolidan la distancia social de las personas que no se ajustan a una idea normativa del cuerpo, especialmente cuando la tecnología se diseña con este enfoque prescriptivo.

El proyecto VR4ALL es una revisión que intenta adaptar el diseño de la tecnología VR a esta perspectiva sociológica.

4. VR4ALL Y LOS OBJETIVOS DE USABILIDAD PARA REALIDAD VIRTUAL

VR4ALL es un proyecto competitivo financiado por la Universidad Camilo José Cela con el objetivo de hacer accesible la tecnología de RV para personas con lesión medular y parálisis cerebral. El proyecto está dividido en tres etapas:

- **Etapas** 1. Entrevistas con terapeutas de APAM y ASPAYM (instituciones asociadas al proyecto) para definir las necesidades de los pacientes con estas condiciones y las posibles barreras de acceso a esta tecnología, así como entrevistas con pacientes (tanto con lesión medular como con parálisis cerebral) de las citadas instituciones para recopilar sus necesidades y puntos de vista sobre el uso de la tecnología.
- **Etapas** 2. Desarrollo de interfaces modeladas a partir de los resultados de la etapa anterior, con diferentes modelos adaptativos para comparar su eficiencia.
- **Etapas** 3. Pruebas finales con las interfaces desarrolladas.

Uno de los primeros retos que se encontraron en el desarrollo del proyecto fue la elección del enfoque tecnológico en relación a los objetivos de usabilidad. Antes de poder ejecutar cualquier desarrollo práctico es necesario abordar varias cuestiones, siendo la más importante en este caso el diseño de usabilidad, puesto que es el campo más cercano a las necesidades de los usuarios.

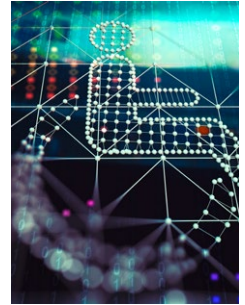
Si se considera usabilidad como “la medida en que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico” (Le Peuple & Scane, 2003: 14)¹, las cuestiones principales a tener en cuenta deben ser: el producto, es decir, la interfaz de RV; los usuarios, tal y como se ha definido previamente, y los objetivos del proyecto.

5. INTERFAZ RV

Considerando el alcance de este proyecto, resulta imposible desarrollar tecnología internamente. Esta aproximación no sería ideal en cualquier caso, dado que uno de los objetivos del proyecto es la modificación de los habilitadores normativos, la tecnología ya existente, de forma que los usuarios puedan utilizar de forma efectiva cualquier dispositivo de RV disponible.

Siguiendo a Vergara, Rubio y Lorenzo (2017:5), se analizaron varias tecnologías de RV de rango medio-bajo para entender las interfaces de entrada y salida básicas habituales en los dispositivos de RV asequibles, así como las especificaciones básicas esperables en este tipo de aparatos.

Google Cardboard y Samsung Gear VR son los dos dispositivos en el rango inferior de precios. El primero no incluye ningún dispositivo de entrada específico (aunque es compatible con mandos fabricados por terceros), mientras que el segundo hace uso de un mando de tipo puntero y varios controles táctiles en el propio casco. Ambos requieren de un smartphone con giróscopo, y proporcionan diversas capacidades de procesamiento dependiendo del teléfono utilizado. Los dispositivos de salida en ambos cascos son muy limitados, ya que dependen de la pantalla del smartphone (dividida en dos secciones, una por ojo) para la salida gráfica y el sonido (que sale por el altavoz del teléfono o unos auriculares, si se conectan). En ambos casos los dispositivos cuentan con conexión a internet (de nuevo, dependiente del smartphone) y pueden ejecutar aplicaciones para Android.





La producción de Google Cardboard fue suspendida por la propia compañía en marzo de 2021 pero, dado que Google liberó el proyecto como open-source en 2019², podría en teoría seguir siendo una opción viable para RV de bajo coste al existir varios fabricantes de dispositivos compatibles todavía en activo. Por otro lado, este hecho también sugiere que las compañías desarrolladoras están perdiendo el interés en la tecnología de realidad virtual dependiente de los smartphones, una tendencia que podría ser aplicable a otros dispositivos como Samsung Gear VR al anunciar la compañía que no se crearían nuevas versiones del Gear VR y que los dispositivos de esta gama más antiguos no serían compatibles con la versión 12 del sistema operativo Android³. Todavía hay espacio para nuevos desarrollos en relación a los cascos de RV de Samsung ya que su tecnología fue desarrollada por Oculus, si bien en ningún caso estos dispositivos fueron considerados prometedores a largo plazo.

En el rango medio de precios encontramos dos dispositivos populares: Oculus Rift y HTC Vive (que recientemente cambió su nombre a Vive⁴). Ambos son dispositivos dedicados, lo que significa que son máquinas especializadas para la tarea que realizan y proporcionan por lo general un mejor rendimiento. Existen varios modelos para cada uno de ellos, y sus diferencias radican sobre todo en el tipo y resolución de sus pantallas, las conexiones externas, los requisitos mínimos del computador que las controla, el sistema de registro de movimiento y los dispositivos de entrada.

En el caso de Oculus Rift, los distintos modelos son: Oculus Rift S, Oculus Quest y Oculus Go. Para la gama Quest existen dos revisiones distintas. El precio aproximado de estos dispositivos oscila entre los 349 € y los 799 €, dependiendo del modelo y su revisión. Actualmente, solo los modelos Oculus Quest se encuentran oficialmente a la venta, aunque a día de hoy todavía pueden encontrarse existencias del resto de modelos en la mayoría de distribuidores habituales.

En el caso de Vive, los distintos modelos son: Vive, Vive Pro, Vive Cosmos, Vive Focus y Vive Flow. Para cada uno de ellos existen diversas revisiones. El precio aproximado de estos dispositivos oscila entre los 554 € y los 1.428 €, dependiendo del modelo y su revisión. Solo se han considerado para el presente estudio los paquetes completos y, dado que el modelo normal de Vive dejó de fabricarse, tampoco se tuvo en cuenta. Los modelos Vive Focus y Vive Focus Pro están orientados a negocios, por lo que tampoco se incluyeron

Tabla 1. Comparación de especificaciones entre modelos de Oculus. Fuente: propia. Compilación basada en información proporcionada por Oculus en su web oficial, <https://www.oculus.com/compare/> (última comprobación 4 de enero de 2022) y por Amazon en su tienda online, <https://www.amazon.es/> (última comprobación 4 de enero de 2022)

	Oculus Go	Oculus Rift	Oculus Quest	
	Oculus Go	Oculus Rift S	Oculus Quest	Oculus Quest 2
Pantalla / Resolución	1440x1280 px por ojo	2560x1440 px por ojo LCD	1440x1600 por ojo LCD	1832x1920 px por ojo LCD
Tasa refresco	72 Hz	80 Hz	72 Hz	90 Hz
Campo visión	100°	115°	90°	100°
Audio	Altavoces, auriculares	Altavoces, auriculares	Altavoces, auriculares	Altavoces, auriculares
Entradas	Micrófonos integrados	Micrófonos integrados	Micrófonos integrados	Micrófonos integrados
Conexiones	USB-C, Bluetooth, Wi-Fi	USB-C 3.0, DP	USB-C 3.0, DP, Bluetooth, Wi-Fi	USB-C 3.0, DP, Bluetooth, Wi-Fi
Sensores	Sensores proximidad	5x cámaras de rastreo	4x cámaras de rastreo	4x cámaras de rastreo
Ergonomía	correa flexible, configuración IPD por software	correa de cabeza, configuración IPD por software	correa semi-rígida, configuración IPD por presets	correa flexible, configuración IPD por software
Especificaciones mínimas	No requerido	Intel i3-6100 / AMD Ryzen 3 1200, FX4350, Nvidia GeForce GTX 1050Ti / AMD Radeon RX470, 8Gb RAM, Windows 10	No requerido	No requerido
Controladores	Rastreo infrarrojo, 2 botones de gatillo, joystick, botón táctil, botón menú, botón oculus, botones AB / YX	Rastreo infrarrojo, 2 botones de gatillo, joystick, botón táctil, botón menú, botón oculus, botones AB / YX	Rastreo infrarrojo, 2 botones de gatillo, joystick, botón táctil, botón menú, botón oculus, botones AB / YX	Rastreo infrarrojo, 2 botones de gatillo, joystick, botón táctil, botón menú, botón oculus, botones AB / YX
Precio oficial	219 € (modelo 32 Gb) 289 (modelo 63 Gb) (Precio en Amazon en última comprobación)	799 € (Precio en Amazon en última comprobación)	570 € (Precio en Amazon en última comprobación)	349 € (modelo 128 Gb) 449 € (modelo 256 Gb)

Tabla 2. Comparativa de especificaciones entre modelos de Vive. Fuente: propia. Compilación basada en información suministrada por Vive en su página web, <https://www.vive.com/eu/product/> (última comprobación 4 de enero de 2022)

	Vive Pro			Vive Focus	Vive Cosmos	Vive Flow
	Vive Pro	Vive Pro Eye	Vive Pro 2	Vive Focus 3	Vive Cosmos	Vive Flow
Pantalla / Resolución	1440x1600 px por ojo Dual AMOLED	1440x1600 px por ojo Dual AMOLED	2448x2448 px por ojo Dual RGB LED baja persistencia	2448x2448 px por ojo Dual LCD	1440x1700 px por ojo DUAL	1600x1600 px por ojo LCD
Tasa refresco	90 Hz	90 Hz	90 Hz / 120 Hz	90 Hz	90 Hz	75 Hz
Campo visión	110º	110º	120º	120º	110º	100º
Audio	Auriculares	Auriculares	Auriculares	Auriculares	Auriculares	Altavoces, auriculares
Entradas	Micrófonos integrados	Micrófonos integrados duales	Micrófonos integrados duales	Micrófonos integrados duales, botón de casco	Micrófonos integrados, botón de casco	Smartphone
Conexiones	USB-C, Bluetooth	USB-C, DP 1.2, Bluetooth	USB-C, Bluetooth	2x USB-C 3.2, Bluetooth, Wi-Fi	USB-C 3.0, Dp 1.2, conexión propietaria a placas frontales	USB-C, Bluetooth, Wi-Fi
Sensores	G-Sensor,	G-Sensor,	G-Sensor,	G-Sensor,	G-Sensor,	2x cámaras de
	giroscopo, proximidad, sensor IPD, rastreo SteamVR	giroscopo, proximidad, sensor IPD, rastreo ojos, rastreo SteamVR	giroscopo, proximidad, sensor IPD, rastreo SteamVR 2.0	giroscopo, proximidad, 4x cámaras de rastreo	giroscopo, sensor IPD	rastreo, diales de dioptría ajustables
Ergonomía	Ajuste de distancia de lentes, comodidad de ojos (IPD), auricular ajustable, correa ajustable	Ajuste de distancia de lentes, comodidad de ojos (IPD), auricular ajustable, correa ajustable	Ajuste de distancia de lentes, comodidad de ojos (IPD), auricular ajustable, correa ajustable	Comodidad de ojos (IPD), correa de desenganche rápido	Visor abatible, IPD ajustable, correa ajustable	Ajuste de doble bisagra, montura de gafas
Especificaciones mínimas	Intel i5-4590 / AMD FX 8350, Nvidia GeForce GTX 1060 / AMD Radeon RX 480, 4Gb RAM, Windows 7	Intel i5-4590 / AMD FX 8350, Nvidia GeForce GTX 970 / AMD Radeon R9 290, 4Gb RAM, Windows 7	Intel i5-4590 / AMD Ryzen 1500, Nvidia GeForce GTX 1060 / AMD Radeon RX 480, 8Gb RAM, Windows 10	No requerido	Intel i5-4590 / AMD FX 8350, Nvidia GeForce GTX 970 / AMD Radeon R9 290, 4Gb RAM, Windows 10	No requerido
Controladores	Rastreo SteamVR 2.0, trackpad multifunción, botones de empuñadura, gatillo dual-stage, botón de sistema, botón de menú	Rastreo SteamVR 2.0, trackpad multifunción, botones de empuñadura, gatillo dual-stage, botón de sistema, botón de menú	Rastreo SteamVR 2.0, trackpad multifunción, botones de empuñadura, gatillo dual-stage, botón de sistema, botón de menú	Sensores Hall en gatillo y empuñadura, sensores capacitivos en gatillo, joystick y área de descanso para pulgar, G-Sensor, giroscopo, botón de empuñadura ergonómico, gatillo analógico, botones AB / YX, botón de sistema, botón de menú, joystick	Giroscopo, G-Sensor, sensor Hall, sensor táctil, botón de sistema, 2 botones de aplicación, gatillo, tope, joystick, botón de empuñadura	Smartphone
Precio oficial	879 € (659 € en última comprobación)	1.419 €	1.419 €	1.428 €	799 €	554 €

en la comparativa. Las diferencias principales entre los modelos Vive Cosmos y Vive Cosmos Elite radican en los mandos, por lo que el modelo Elite no se analizó.

Los resultados de esta revisión preliminar dibujan un marco general común del diseño de aparatos de RV: un casco conectado a unos mandos (uno o dos) que se apoya en un ordenador o smartphone para ejecutar un programa gráfico de alto rendimiento. El dispositivo generalmente requiere de una configuración concienzuda de sus aparatos ópticos (especialmente en el caso de sistemas con una resolución y frecuencia de refresco inferiores), para lo cual se hace uso de sistemas automáticos, mecánicos o de software, así como del correcto ajuste a la cabeza del usuario con diversos sistemas de correas adaptados a este fin (excepto en los casos de Vive Flow, cuyo factor forma recuerda a la montura de unas gafas, y Google Cardboard, que ha de ser sujetado con la mano). Los mandos requieren del uso de las manos, pulsando botones para articular acciones o movimientos. Las entradas y salidas de sonido se controlan en su mayoría de forma externa, aunque los dispositivos Oculus cuentan con altavoces integrados.

Considerando estas líneas básicas, el principal problema de adaptación de la tecnología de RV al público indicado sería el correcto ajuste y configuración de los cascos a las cabezas de los usuarios, incluyendo los dispositivos visuales, así como la integración de nuevos patrones de movimiento alternativos en la gran diversidad de mandos disponibles.

En el caso de los dispositivos de imagen, en el peor escenario posible, sería posible que un agente externo configurase el casco incluso sin información por parte del usuario final, sin perjudicar el uso de aquellos usuarios que puedan configurarlo por ellos mismos. Además, en la mayoría de casos, los cascos admiten la adaptación de diversos tipos de correas creadas para necesidades específicas. Los dispositivos de entrada podrían unirse a las manos con cinchas en aquellos casos en los que los sujetos no puedan sujetarlos por ellos mismos. Los botones de acción y disparadores podrían activarse mediante una redefinición de otros controles y conjuntos de rutinas via software, como por ejemplo el movimiento de otras partes del cuerpo de las que se conserve la movilidad. Este método fue probado por el pionero de RV Jaron Lanier (2011:186), permitiendo a los usuarios controlar conjuntos de miembros extra en avatares dentro de un entorno virtual, y podría adaptarse para proporcionar un



uso adecuado de equipos estándar en casos de diversidad funcional. El propio Lanier indicó que la curva de aprendizaje en estos casos no es muy pronunciada, aunque carecemos de datos para apoyar esta afirmación.

Estas acciones sobre la tecnología disponible deberían cubrir al menos tres de las cinco funciones de usabilidad definidas por Nielsen (1993:27): capacidad de ser aprendido, eficiencia de uso y satisfacción del usuario. En lo relativo a las otras dos funciones, la capacidad para ser recordado podría resultar problemática, pero algunos estudios recientes en relación al recuerdo de patrones ejecutados corporalmente podrían resultar de utilidad (véase Ali, Morris & Wobbrock, 2021). Con respecto al control de errores, este es un asunto que habrá que contemplar en las etapas finales del proyecto.

6. USUARIOS CON LESIÓN MEDULAR Y PARÁLISIS CEREBRAL

Para definir el perfil de los usuarios, se llevaron a cabo dos entrevistas grupales el 15 de abril de 2021: la primera fue con dos residentes permanentes con lesión medular de la asociación ASPAYM en dependencias de la institución en Madrid; la segunda fue con tres personas con parálisis cerebral que asisten regularmente al centro de día de la asociación APAM.

En ambas entrevistas se utilizó un guion semi-estructurado. En primer lugar, se preguntaba a los entrevistados sobre su experiencia previa con la tecnología de realidad virtual en el contexto del proyecto VR Ommm de la Fundación TECSOS (TECSOS, s.f.), en el cual todos los usuarios seleccionados habían participado, y en el que personas con discapacidad motriz eran expuestas a entornos de realidad virtual relajantes para ayudarlas a controlar la ansiedad y otros problemas similares. El objetivo de esta pregunta inicial era introducir el tema de la realidad virtual y, al mismo tiempo, evaluar el conocimiento previo que estas personas tenían sobre esta tecnología.

Las preguntas subsiguientes se definieron considerando un modelo en cuadrantes anteriormente utilizado, validado y publicado por el grupo de investigación (Conde Melguizo, 2021). Este modelo se basa en la definición de cuatro indicadores que guían la elaboración de preguntas en torno a dos ejes fundamentales:

- Un eje horizontal definido por lo que el usuario considera necesario basándose únicamente en criterios prácticos y lo que el usuario desea por razones puramente personales.

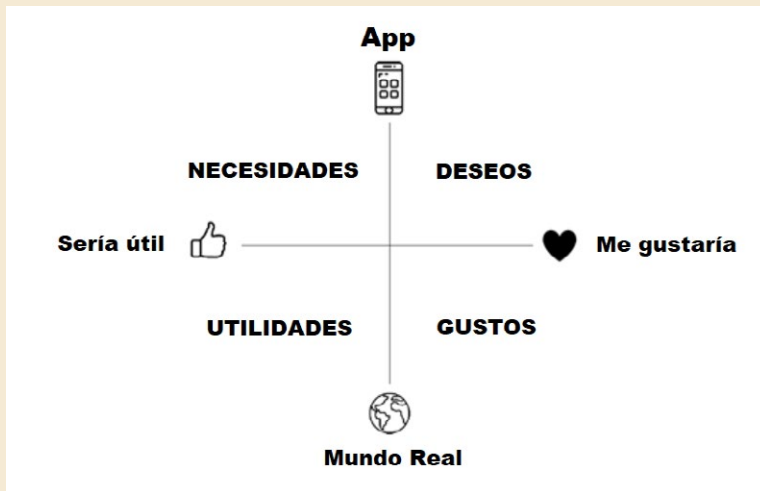


- Un eje vertical definido por los elementos más tecnológicos relacionados con el uso de realidad virtual y los elementos relacionados con el mundo real sin tener en consideración dicha tecnología.

Los espacios contenidos entre estos ejes constituyen un indicador abstracto de necesidades que se convirtieron en preguntas específicas para la entrevista semi-estructurada. Los cuatro cuadrantes, en este caso, fueron los siguientes:

- Deseos: elementos tecnológicos deseados.
- Necesidades: elementos tecnológicos necesarios.
- Gustos: elementos deseados en general.
- Utilidad: elementos necesarios en el mundo real.

Figura 2. . Cuadrantes definidos entre los dos ejes fundamentales identificados para orientar el trabajo de campo. Elaboración propia.



La primera pregunta se centraba en el indicador de “Deseos”, preguntando a los usuarios: “Si pudiéramos hacer cualquier cosa, ¿Qué escenario de realidad virtual te gustaría tener?”.

Para el indicador de “Necesidades” se definió la pregunta: “¿Qué elementos considerarías útiles para una persona con discapacidad motriz?”.

El indicador de “Gustos” se centró en preguntas sobre si les gustaría tener actividades en solitario o en compañía, actividades de recreo, qué tipo de juegos prefieren, uso de redes sociales, etc.

Se hizo una última pregunta sobre “Utilidad” considerando las necesidades específicas que encuentran en las actividades diarias. En este caso, no se obtuvo ninguna contribución relevante por parte de los entrevistados al referirse únicamente a cuestiones mencionadas anteriormente. Debido a esto, la información relacionada con este indicador se obtuvo en las entrevistas con los terapeutas ocupacionales de ASPAYM y APAM. Estas entrevistas revelaron que, si la terapia era efectiva con pacientes del segundo grupo (parálisis cerebral), también lo sería en pacientes del primero (lesión medular).

Esta situación modificó la concepción de los agentes desde el punto de vista de la usabilidad. El foco debería estar en el grupo con parálisis cerebral, dado que los pacientes con lesión medular podrían beneficiarse del mismo tipo de terapia. Considerando que hay diversos grados de parálisis cerebral y que la adaptación debería ser indistinta para cualquiera de ellos, la definición del usuario se haría considerando el grado más severo de la condición. De este modo, siguiendo una concepción moderna de parálisis cerebral (Sankar & Mundkur, 2005), se definirá a los usuarios como afectados por parálisis cerebral tetraplégica espástica: (Ver **Tabla 3**)

7. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Considerando los diversos aspectos señalados en apartados previos, y habiendo identificado a los actores principales a considerar en el proyecto, es posible definir los objetivos de usabilidad que deberían ser implementados en la adaptación de dispositivos de RV para usuarios con discapacidad motriz:

- Los usuarios deberían poder utilizar dispositivos de RV comerciales.
- Los usuarios deberían poder utilizar los mandos apropiados para cada dispositivo.
- Debería crearse software específico orientado a la rehabilitación o necesidades de integración requeridas. Este software tendrá que ser compatible con dispositivos comerciales de RV.
- Debería crearse software específico orientado a la redefinición de las funciones principales de los botones de los mandos en dispositivos de RV. Este software debe ser sencillo y fácil de configurar.



Tabla 3. Definición de los actores principales del proyecto a efectos de usabilidad. Fuente: propia. Desarrollo sobre un modelo propuesto por LePeuple y Scane (2013:53).

Características	Experiencia en - Terapia previa. - Exposición audiovisual.	Potenciales requisitos de sistema - Navegación espacial adaptada a sistemas de terapia anteriores.
	Educación - No requerida.	- Control de errores para mejorar facilidad de uso.
	Habilidad lingüística - No requerida.	- Respuesta visual, no textual.
	Antecedentes - Falta de experiencia previa con dispositivos de RV.	- Documentación adecuada para usuarios y terceros.
Atributos físicos	Rango de edad - 13 años en adelante.	- Adaptación de hardware a distintas configuraciones corporales.
	Capacidades físicas, limitaciones - Movimientos voluntarios limitados. - Incapacidad en los cuatro miembros.	- El manejo del dispositivo de RV debería ser posible para una persona ajena al usuario. - El manejo del dispositivo de RV debería ser posible incluso si el usuario no puede sujetar los mandos.
Atributos mentales	Capacidades intelectuales - Consciencia.	- Rastreo automático / manejo a través de características del software.
	Motivaciones - Desarrollo de capacidades espaciales.	- Software adaptado a necesidades terapéuticas. - Posibilidad de utilizar otro software comercial disponible.
	Características operativas - Falta de experiencia previa con cascos de RV y/o mandos.	- Documentación adecuada para usuarios y terceros, configuración intuitiva del dispositivo y el software.
Otros	Otros - Diseño modular, de forma que pueda ser adaptado a diversos grados de parálisis cerebral, con un rango desde completamente adaptado a nada adaptado.	- Adaptación no intrusiva del hardware original, a ser posible no destructivo.

- Debería prototiparse hardware específico orientado a restablecer las funcionalidades de los botones en los mandos de RV. Debería adaptarse a las necesidades de distintos esquemas de discapacidad motora.
- Una persona distinta del usuario deberá ser capaz de configurar el dispositivo en aquellos casos en los que los usuarios no puedan hacerlo por sí mismo.

Otros objetivos de usabilidad secundarios, con características que serían deseables, pero no necesarias, serían:

- La adaptación no deberá ser intrusiva o destructiva para el dispositivo en sí, siempre que sea posible.
- El software creado debería ser compatible con dispositivos de RV de bajo costo, para permitir su distribución a un público mayor con menos recursos para invertir en esta tecnología.

- La adaptación debería funcionar con la mayoría de software comercial existente, mejorando así el alcance de la integración.
- El software creado para este proyecto debería ser de código abierto, para permitir que otras comunidades de internet lo mejoren y modifiquen para otros usos.
- El hardware creado para este proyecto debe ser fácil de implementar y abierto al público general.

8. PROPUESTA DE DISEÑO Y PUESTA A PRUEBA

En la actualidad el proyecto se encuentra en su segunda etapa, en la que la tecnología de RV se está probando sin modificaciones utilizando el software de propósito específico creado para abordar una de las líneas de rehabilitación: la orientación de los usuarios finales mediante la creación de un modelo de RV navegable de las instalaciones de APAM, una de las instituciones asociadas al proyecto en Madrid.

Las instalaciones fueron fotografiadas utilizando una cámara de 360º, creando un mapa de APAM. Estas fotografías se utilizaron como recursos en un programa desarrollado en Unity3D, aplicándolas como texturas internas en esferas y utilizando áreas de interacción para cambiar la posición de la cámara entre distintas estancias, proporcionando la ilusión de un espacio navegable. Se incluyeron también otros elementos que permitían distintos objetos y actividades, haciendo la experiencia más entretenida y atractiva. Estas actividades alternativas se incluyeron para sacar partido del valor novedoso de la RV, permitiendo a los usuarios explorar el espacio virtual a la búsqueda de breves experiencias virtuales (como, por ejemplo, una montaña rusa virtual). Esta exploración es un valor añadido a la experiencia de los usuarios en sus ejercicios de rehabilitación, y fomentan un mejor uso de la herramienta tal y como indican Bermejo-Berros y Gil Martínez (2021).

Otros estudios previos, como los de Foreman, Wilson y Stanton (1997) o Diersch y Wolbers (2019) han demostrado la efectividad de la RV en el desarrollo de habilidades espaciales en pacientes con discapacidad motora de distintas edades.

El siguiente objetivo en la presente etapa será la recopilación de datos relacionados con los resultados de rehabilitación, para compararlos con aquellos resultantes de la siguiente etapa del proyecto: la adaptación de dispositivos de RV incluyendo hardware adaptado.



Esta adaptación se sustentará sobre interfaces intermedias creadas con sensores controlados por placas microcontroladoras, que transformarán dichas señales en las órdenes adecuadas para el software dedicado. En el futuro, estos datos se adaptarán utilizando software específico que redefinirá las funciones para su uso en software comercial.

9. CONCLUSIONES

Como conclusión principal, defendemos la necesidad de incluir a las ciencias sociales en el diseño y desarrollo de proyectos tecnológicos, especialmente conceptos sociológicos como las diferencias entre concepciones normativas y diversas del cuerpo o la tecnología. Esta conclusión toma más fuerza en el caso de los desarrollos tecnológicos orientados a grupos sociales diversos y usuarios finales complejos; no solo gente con discapacidades, sino muchos otros grupos no-normativos, como la población mayor, los niños, colectivos con pocos recursos, áreas rurales aisladas, personas con necesidades especiales, etcétera.

El proyecto VR4ALL es otro ejemplo que contribuye a destacar el papel de las ciencias sociales como conocimiento fundamental en el desarrollo tecnológico. La perspectiva sociológica es esencial en el proyecto para tomar decisiones estratégicas, tales como la selección de muestra, definición del diseño de interacción o selección de la tecnología dentro del abanico disponible. Somos conscientes de que es más sencillo comprender la importancia de las ciencias sociales dentro de los requerimientos técnicos y de diseño de un proyecto como VR4ALL, que incluye a grupos sociales complejos con necesidades especiales y socializaciones inusuales que interactúan con tecnologías como la Realidad Virtual. No obstante, defendemos que las ciencias sociales son igualmente necesarias en proyectos orientados a la población general. También en estos casos encontraremos diferencias en la interacción derivadas de diferentes socializaciones y otros conceptos sociológicos que pueden funcionar como fuentes de información relevante. Es por esto que las ciencias sociales deberían incluirse como parte fundamental del conocimiento necesario para el desarrollo tecnológico.



BIBLIOGRAFÍA

Agilar Gil, M; Conde Melguizo, R. (2017). "La Accesibilidad a la Administración Electrónica en España de las Personas con Discapacidad Motora". *Administração Pública e Gestão Social*, 9(1), 54-63. DOI: <https://doi.org/10.21118/apgs.v1.i1.1373>

ALI, A. X.; MORRIS, M. R.; WOBROCK, J. O. (2021). "I Am Iron Man: Priming Improves the Learnability and Memorability of User-Elicited Gestures". CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21), May 08–13, 2021, Yokohama, Japan. 14 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3411764.3445758>

LINK: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3411764.3445758>

BERMEJO-BERROS, J.; GIL MARTÍNEZ, M. A. (2021). "The relationships between the exploration of virtual space and entertainment in virtual reality, 360° and 2D". *Virtual Reality* 25, 1043–1059. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00510-9>

LINK: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10055-021-00510-9.pdf>

Conde Melguizo, R. (2014). "La accesibilidad de la persona con discapacidad a la administración electrónica: análisis sociológico de estudio de caso en el proyecto ASTIC", Universidad de Sevilla. LINK: <http://hdl.handle.net/11441/53381>

Conde Melguizo, R. (2014). "Evolución del concepto de discapacidad en la sociedad contemporánea: de cuerpos enfermos a sociedades excluyentes". *Praxis sociológica*, (18), 155-175. LINK: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4776246.pdf>

Conde Melguizo, R. (2021). "Experiencia de aprendizaje basado en proyectos: desarrollando realidad aumentada para niños en periodos largos de hospitalización en colaboración con el proyecto Entamar". *Edupsykhe. Revista de Psicología y Educación*, 18(1), 51-56. LINK: <https://journals.ucjc.edu/EDU/article/view/4324/3125>

Conde Melguizo, R. & Rozalén, R. (2012). "Manifiesto 4.0: el necesario papel de la sociología en el equilibrio de la sociedad digital". *Nuevos tiempos, nuevos retos, nuevas sociologías* (pp. 579-589). LINK: https://acmpublicaciones.revistabarataria.es/wp-content/uploads/2017/05/44.2012.Conde_Tiempos.579_588.c.pdf

DIERSCH, N.; WOLBERS, T. (2019). "The potential of virtual reality for spatial navigation research across the adult lifespan". *Journal of Experimental Biology*, vol. 222, issue suppl_1 DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.187252>

LINK: https://journals.biologists.com/jeb/article/222/Suppl_1/jeb187252/2801/The-potential-of-virtual-reality-for-spatial

FOREMAN, N.; WILSON, P.; STANTON, D. (1997). "VR and spatial awareness in disabled children". *Communications of the ACM*, vol. 40, No. 8, 76-77. DOI: <https://doi.org/10.1145/257874.257892>. LINK: https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/257874.257892?casa_token=TqfLOOV1K5oAAAAA:NeMK-s96MnyCJPSZj4vmxWQSBX2r9vv5v0kg8JicQhBx3n-PkdHy32bDpPuU_SpeumEyhYjEORxjxA

LANIER, J. (2011). "You are not a gadget: A manifesto". UK: Penguin.

LEPEUPLE, J.; SCANE, R. (2003). "User Interface Design". UK: Lenden Publishing.

NIELSEN, J. (1993). "Usability engineering". San Diego, CA: Academic Press.

OLIVEIRA, N.; PERES, H. H. C. (2021). "Usability Evaluation Nursing Process- Clinical Decision Support System", *UMB Digital Archive*. LINK: https://archive.hshsl.umd.edu/bitstream/handle/10713/16983/SINI2121_Oliveira.pdf?sequence=1

SANKAR, C.; MUNDKUR, N. (2005). "Cerebral Palsy - Definition, classification, etiology and early diagnosis". *Indian Journal of Pediatrics*, vol. 72. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02731117>. LINK: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF02731117.pdf>

United Nations (2006). Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD). LINK: <https://www.un.org/development/desa/disabilities/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities.html>

VERGARA, D.; RUBIO, M. & LORENZO, M. (2017). "On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering". *Multimodal Technologies and Interaction*. 1. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/mti1020011>. LINK: <https://www.mdpi.com/2414-4088/1/2/11>

World Health Organization. (2001). IFC: International Classification of Functioning, Disability and Health. LINK: <https://www.who.int/standards/classifications/international-classification-of-functioning-disability-and-health>

NOTAS

1. El estándar ISO 9241-11 en el cual se basa esta definición fue revisado recientemente y modificado por el nuevo estándar ISO 9241-11:2018 para incluir una definición más amplia de “satisfacción”, resultando en “la medida en que un sistema, producto o servicio puede ser utilizado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción” (Oliveira & Peres, 2021).
2. Véase el anuncio oficial por parte de Google: <https://developers.googleblog.com/2019/11/open-sourcing-google-cardboard.html>
3. Véase <https://www.xda-developers.com/samsung-gear-vr-stop-working-android-12-up-date/>
4. Véase <https://www.vive.com/us/>

