

EVALUACIÓN DE RESPUESTAS FISIOLÓGICAS EN ENTORNOS REALES Y SIMULADOS DE UNA VIVIENDA
EVALUATION OF PHYSIOLOGICAL RESPONSES IN REAL AND SIMULATED HOUSING ENVIROMENTS

M. Pérez-Martínez¹, M.L. Nolé¹, R. Barranco-Merino¹, J.L. Higuera-Trujillo², C. Llinares¹
¹ Universitat Politècnica de València, Instituto Universitario de Investigación en Tecnología Centrada en el Ser Humano (Human-Tech); Valencia, Spain.
² Universidad de Cádiz, Departamento de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial; Puerto Real, Spain.

INTRODUCCIÓN

El diseño de espacios habitables juega un papel fundamental en la calidad de vida de las personas, influyendo tanto en su bienestar como en sus niveles de estrés. Con la creciente adopción de tecnologías de Realidad Virtual (RV), surge la oportunidad de evaluar cómo los entornos simulados pueden replicar o diferir de las experiencias en entornos reales. Este estudio explora cómo las respuestas fisiológicas asociadas a emociones varían entre una vivienda real y su representación en RV.

OBJETIVO

El objetivo principal del estudio es comparar las respuestas fisiológicas en sujetos expuestos a espacios de una determinada vivienda, tanto en un entorno físico real como en su recreación virtual. Se busca identificar si la RV es un sustituto válido para medir la experiencia emocional de los usuarios en un contexto arquitectónico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio analizó las respuestas fisiológicas de los participantes mientras exploraban distintos espacios interiores. Esto se llevó a cabo en dos tipos de entornos: uno real y otro virtual, utilizando medidas fisiológicas clave para evaluar las reacciones.

- Participantes:** Se incluyeron 50 participantes. 20 exploraron un entorno real y 30 interactuaron con un entorno de Realidad Virtual (RV).
- Escenario de estudio:** Se utilizó una vivienda residencial con varios espacios interiores. Los participantes recorrieron estos espacios mientras registraban sus señales fisiológicas.
- Variables fisiológicas:** Se miden la actividad electrodérmica (EDA) que evalúa la activación del sistema nervioso [1, 2, 3] y la variabilidad de frecuencia cardíaca (HRV), que mide la variabilidad en los intervalos entre latidos [4, 5]. Ambas se midieron con los aparatos de b-Alert y Shimmer.
- Métricas analizadas:** Para EDA se analiza conductancia tónica y fásica y para HRV la frecuencia cardíaca, actividad parasimpática (RMSSD) y equilibrio autonómico (LF/HF).
- Procesamiento:** Las métricas fisiológicas se normalizaron y combinaron en un índice compuesto. Este índice permitió asignar colores a cada espacio, representando las respuestas de menor (mejor respuesta) a mayor (peor respuesta).



Figura 1. Plano de las métricas combinadas en el entorno real.
Figure 1. Combined metrics map in the real environment.

p-Value						
Experience	Tonic	Phasic	SCR	meanHR	RMSSN	LFHF
Access	0,024	0,734	0,507	0,871	0,851	0,020
Terrace	0,217	0,104	0,698	0,354	0,210	0,255
Lounge	0,102	0,074	0,309	0,613	0,490	0,163
Hall	0,073	0,394	0,053	0,747	0,469	0,467
Kitchen	0,260	0,060	0,275	0,697	0,591	0,212
Bedroom 1	0,204	0,157	0,095	0,890	0,498	0,835
Bedroom 2	0,225	0,279	0,523	0,932	0,260	0,837
Bathroom	0,437	0,105	0,932	0,996	0,837	0,431
Bedroom 3	0,370	0,632	0,569	0,683	0,747	0,369

Tabla 1. Valores p de las diferentes métricas de RV y real.
Table 1. P-values of the different metrics from VR and real environments.

INTRODUCTION

The design of living spaces performs a fundamental role in people's quality of life, influencing both their well-being and stress levels. With the growth of the implementation of Virtual Reality (VR) technologies, the opportunity arises to evaluate how simulated environments can replicate or differ from experiences in real-world settings. This study explores how physiological responses, associated with emotions, vary between a real dwelling and its representation in VR.

OBJECTIVE

The primary aim of the study is to compare physiological responses in subjects exposed to specific living spaces, both in a real physical environment and in its virtual recreation. The aim is to determine whether VR is a valid substitute for measuring users' emotional experiences in an architectural context.

MATERIALS AND METHODS

The study analyzed the physiological responses of participants while exploring different interior spaces. This was conducted in two types of environments: one real and one virtual, using key physiological measures to evaluate their reactions.

- Participants:** 50 participants were included. 20 explored a real environment, and 30 interacted with a Virtual Reality (VR) environment.
- Study scenario:** A residential building with various interior spaces was used. Participants walked through these spaces while their physiological signals were recorded.
- Physiological variables:** Electrodermal activity (EDA) which evaluates the activation of the nervous system [1, 2, 3], and heart rate variability (HRV), which measures the variability in intervals between heartbeats [4, 5], were measured with b-Alert and Shimmer.
- Analyzed metrics:** For EDA, tonic and phasic conductance were analyzed, and for HRV, heart rate, parasympathetic activity (RMSSD), and autonomic balance (LF/HF) were measured.
- Processing:** Physiological metrics were normalized and combined into a composite index. This index was used to assign colors to each space, representing responses from lower (better response) to higher (worse response).

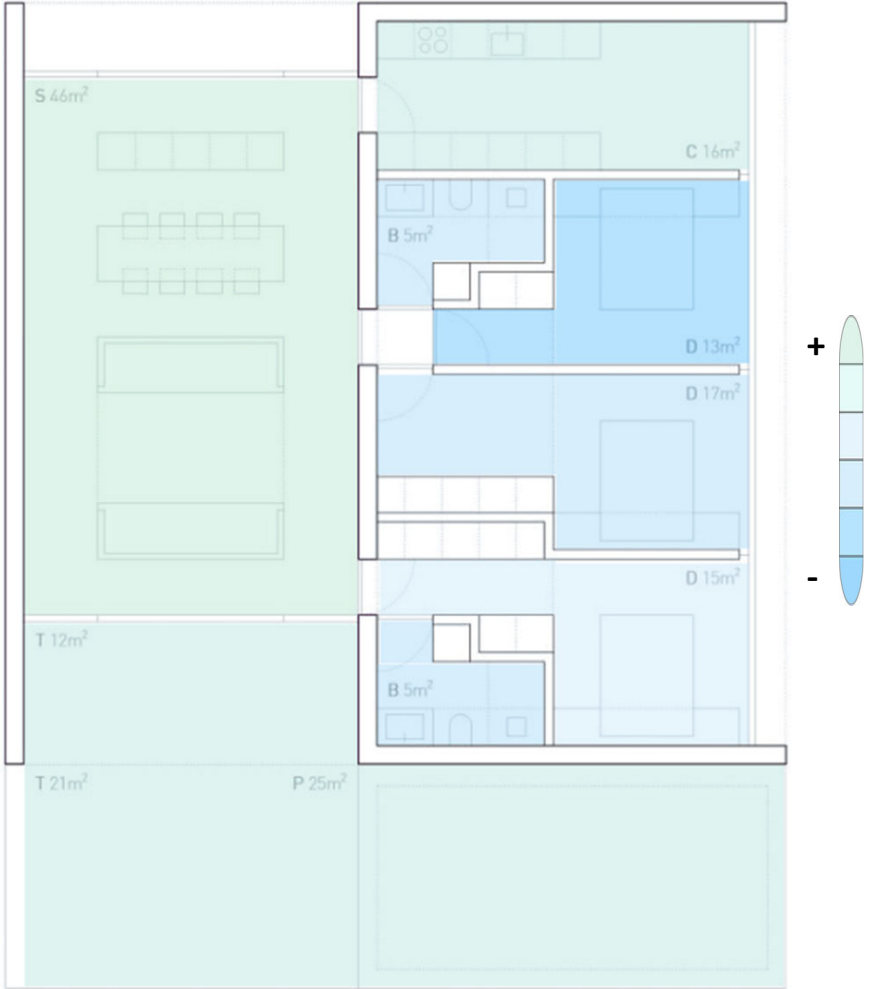


Figura 2. Plano de las métricas combinadas en el entorno de RV.
Figure 2. Combined metrics map in VR enviroment.

RESULTADOS

Los sujetos mostraron respuestas fisiológicas similares en la mayoría de los espacios entre RV y entorno real. El análisis de los valores p (Tabla 1) para las diferentes variables fisiológicas muestra que no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los entornos de Realidad Virtual (RV) y el entorno real en la mayoría de los espacios evaluados. Esto indica respuestas fisiológicas similares entre ambos contextos, especialmente en métricas como la actividad parasimpática (RMSSD) y el equilibrio autonómico (LF/HF). Para la métrica tónica, se encontraron diferencias significativas en el espacio ($p = 0,024$), lo que resalta una diferencia ante entornos reales. Para otras variables como la frecuencia cardíaca media, los valores p reflejaron alta similitud entre los dos entornos en todos los espacios. Las respuestas rápidas de la EDA (fásica) y los parámetros relacionados con la frecuencia cardíaca, tampoco mostraron diferencias significativas, con excepciones puntuales que no siguieron un patrón claro. En las Figuras 1 y 2, los planos representan la distribución espacial de las métricas fisiológicas para cada entorno (real y virtual). Los colores verdes indican respuestas más favorables, mientras que los colores más azules representan peores resultados. Estas visualizaciones permiten identificar patrones consistentes en la mayoría de los espacios entre ambos entornos.

CONCLUSIONES

Esta consistencia en las respuestas reflejadas en los planos de colores de los dos entornos apoya la validez de la RV como herramienta para evaluar respuestas emocionales, aunque ciertos aspectos, como la activación emocional medida por la EDA tónica, podrían ser menos intensos en comparación con el entorno físico.

RESULTS

Subjects exhibited similar physiological responses in most spaces between the VR and real environments. The analysis of p-values (Table 1) for the different physiological variables shows that no statistically significant differences were observed between the Virtual Reality (VR) environment and the real environment in most of the evaluated spaces. This indicates similar physiological responses across both contexts, particularly in HRV metrics such as parasympathetic activity (RMSSD) and autonomic balance (LF/HF). For the tonic metric, significant differences were found in one space ($p = 0.024$), highlighting a sensitivity to real environments. For other variables, such as average heart rate, the p-values reflected high similarity between the two environments across all spaces. Rapid EDA (phasic) responses and heart rate-related parameters also showed no significant differences, with occasional exceptions that did not follow a clear pattern. In Figures 1 and 2, the maps represent the spatial distribution of physiological metrics for each environment (real and virtual). Green colors indicate more favorable responses, while bluer colors represent less favorable results. These visualizations enable the identification of consistent patterns across most spaces in both environments.

CONCLUSIONS

This consistency in responses, as reflected in the color-coded maps of the two environments, supports the validity of VR as a tool for evaluating emotional responses. However, certain aspects, such as emotional activation measured by tonic EDA, may be less intense compared to the physical environment.

REFERENCIAS/REFERENCES

[1] Boucsein, W. (2012). *Electrodermal Activity*. Springer Science & Business Media.
[2] Critchley, H. D. (2002). *Electrodermal responses: What happens in the brain*. The Neuroscientist, 8(2), 132-142.
[3] Dawson, M. E., Schell, A. M., & Filion, D. L. (2017). *The electrodermal system*. In *Handbook of Psychophysiology* (pp. 217-243). Cambridge University Press.
[4] Kim, H. G., Cheon, E. J., Bai, D. S., Lee, Y. H., & Koo, B. H. (2018). *Heart rate variability and stress: A review*. Frontiers in Psychology, 9, 241.
[5] Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). *An overview of heart rate variability metrics and norms*. Frontiers in Public Health, 5, 258.

AGRADECIMIENTOS/ACKNOWLEDGEMENTS

Esta publicación forma parte del proyecto PID2022-136582OB-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE. El tercer autor cuenta con el apoyo de MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y FSE+ PRE2022-000026. This publication is part of the project PID2022-136582OB-I00, financed by MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER, UE. The third author is supported by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and FSE+ PRE2022-000026.