

**HABILIDADES ESPACIALES Y
REALIDAD VIRTUAL**

**SPATIAL SKILLS &
VIRTUAL REALITY**

Carlos Carbonell Carrera

ccarbone@ull.edu.es

Stephany Hess Medler

sthess@ull.edu.es

Universidad de La Laguna, España

RESUMEN

La orientación espacial es una habilidad a través de la cual determinamos nuestra ubicación en el entorno que nos rodea. Se adquiere a través de la propia experiencia de orientación al ir de un lugar a otro. Mientras nos desplazamos, la información que vamos obteniendo a través de vistas sucesivas nos ayuda a orientarnos. Es una competencia a adquirir en grados relacionados con la información geoespacial, y puede ser desarrollada a través de entrenamiento específico. En este trabajo se presentan los resultados del Proyecto de Innovación Educativa "Geomática y Realidad Virtual" en el que estudiantes de ingeniería realizan un taller de orientación espacial en un entorno 3D virtual.

PALABRAS CLAVE: Entorno inmersivo 3D; Orientación Espacial; Realidad Virtual.

ABSTRACT

Spatial orientation is a skill through which we determine our location in the environment that surrounds us. It is acquired through one's orientation experience when going from one place to another. While we move, the information that we are obtaining through successive views helps us to orient ourselves. It is a competence to acquire in degrees related to geospatial information, and can be developed through specific training. This paper presents the results of the Educational Innovation Project "Geomatics and Virtual Reality" in which engineering students conduct a spatial orientation workshop in a virtual 3D environment.

KEYWORDS: Immersive 3D environment; Spatial Orientation; Virtual Reality.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El razonamiento espacial nos permite comportarnos, interactuar y orientarnos en el entorno en el que vivimos. La cognición espacial se adquiere a través de la información de vistas sucesivas de actividades a nivel del suelo. Esto se conoce como búsqueda de ruta (wayfinding) o aprendizaje basado en rutas (route-based learning): es el proceso intelectual utilizado al objeto de establecer una ruta para llegar de un punto A al punto B. Para estas actividades es necesaria la habilidad de orientación espacial. (Howard y Templeton 1966, Gonzato et al., 2011, Gonzato y Godino 2011).

La orientación espacial aparece en un gran número de clasificaciones de habilidades espaciales (Smith, 1964, Linn y Petersen, 1985, Maier, 1998, Hegarty y Waller, 2004). En las clasificaciones de Bodner y Guay (1997) y Tartre (1990, a, b), la orientación espacial aparece como uno de los componentes principales de las habilidades espaciales.

Existen diferentes definiciones de orientación espacial: la capacidad de permanecer orientado en un entorno espacial cuando los objetos en este entorno se ven desde diferentes posiciones (Kozhevnikov y Hegarty 2001), la orientación tridimensional en el espacio durante el movimiento o la capacidad de orientarse hacia el medio ambiente y de ser consciente

de su posición en el espacio (Reber 1985), o la capacidad de orientarse física o mentalmente en el espacio (Maier 1998).

La orientación espacial es una materia que despierta gran interés en instituciones docentes como el Consejo Nacional de Docentes de Matemáticas (NCTM, 2000), que contempla el desarrollo de la orientación espacial como una de las fuentes para describir y modelar el mundo físico. La investigación en didáctica de las matemáticas contempla entornos de enseñanza-aprendizaje para la orientación espacial (Battista 2007; Presmeg, 2006). En el Espacio Europeo de Educación Superior, la orientación espacial como un componente de las habilidades espaciales es una competencia a adquirir en un gran número de titulaciones universitarias (Boletín Oficial del Estado, 2007a).

Mientras se navega (la tarea agregada de búsqueda de ruta y movimiento), el sujeto va estableciendo representaciones mentales, planificación de ruta y estimación de distancias. La orientación espacial, durante este proceso, se adquiere a través de la información obtenida de vistas sucesivas donde el movimiento hace que el punto de vista cambie continuamente. En los mapas, la orientación se establece a través del norte geográfico, pero mientras se navega no hay un norte, y la orientación se establece a través de las imágenes del entorno (Lynch 1960). En este proceso, el usuario percibe el espacio circundante y adquiere conocimiento y orientación espacial, conocido como mapeo cognitivo. Un mapa cognitivo es la representación cartográfica interna de una persona del entorno circundante (Patel y Vij, 2010). Estos mapas cognitivos hacen que sea más fácil encontrar una ruta en un entorno real o en un entorno virtual, y también nos ayudan a recordar la ruta de un punto a otro si nos solicitan indicaciones.

Existen investigaciones sobre el desarrollo de la orientación espacial en entornos del mundo real (Montello et al., 1999; Hegarty et al., 2006), pero estos entornos plantean problemas sustanciales y logísticos (transporte de los participantes, condiciones climáticas...) e incluso pueden ser excluyentes para personas con algún grado de discapacidad. Los entornos virtuales pueden ser una buena alternativa para evitar estas limitaciones (Darken & Banker, 1998).

Relacionado con la orientación, Schinazi et al. (2009) y Rodrigues et al. (2010) afirmaron que la adquisición de conocimiento espacial mientras se navega en un entorno virtual es fácilmente transferible al mundo real. En términos de habilidad de orientación espacial, Richardson et al. (1999) afirmó que el proceso cognitivo que se necesita para orientarse en un entorno real también se usa cuando estamos en un entorno virtual.

Con todo esto en cuenta, en el ámbito del proyecto de innovación educativa "Geomática y Realidad Virtual", se presenta una investigación realizada con 32 estudiantes de ingeniería destinada a la adquisición de orientación espacial a través del aprendizaje basado en rutas (route-based learning) utilizando un entorno inmersivo 3D de realidad virtual: la aplicación Google Street View para Realidad Virtual en smartphones conectados a gafas de realidad virtual y con sensores de movimiento.

METODOLOGÍA

En el presente experimento, los participantes navegaron a lo largo de tres rutas prediseñadas utilizando gafas 3D de realidad virtual y se sometieron a una medida psicométrica de orientación espacial antes y después de este entrenamiento.

Aunque existen numerosas aplicaciones y juegos en realidad virtual en los que el usuario va dentro de un vehículo, en el presente proyecto se decidió situar al participante desde la perspectiva de un usuario que camina a través de un entorno urbano en 3D buscando ciertos lugares. En este sentido, Patel y Vij (2010) sugirieron que la estimación de las distancias y la orientación se logra mejor caminando que conduciendo un vehículo. El entorno urbano coincide con el modelo de representación de conocimiento espacial «Landmark-Route-Survey» (o LRS), descrito por Siegel y White (1975) y Thorndike y Godin (1983). Los objetos típicos de los entornos urbanos permiten la construcción o descomposición de cualquier localidad: hitos o señales importantes, rutas o caminos que conectan los puntos de referencia y los nodos (intercambios o uniones entre rutas).

En la presente investigación, el usuario experimenta una sensación de inmersión en un entorno virtual 3D a través del teléfono inteligente integrado en gafas 3D, y se mueve por el entorno (navegación exploratoria) gracias a un joystick con conexión Bluetooth.

HARDWARE Y SOFTWARE

El entorno urbano se desarrolló a través de la aplicación Google Street View en Smartphones. El hardware para el experimento fueron 15 gafas Woxter Neo VR equipadas con un joystick, cada una para control remoto. Los participantes usaron sus propios dispositivos de teléfono inteligente (Figura 1).



Figura 1. Gafas de realidad virtual Woxter New VR y joystick.

La habilidad de orientación espacial se puede medir a través de test psicométricos (Alinas et al., 2002), y en esta investigación se utilizó el Perspective Taking Spatial Orientation Test. Esta test fue diseñado por Kozhevnikov y Hegarty (2001) y utilizada por otros investigadores como Hegarty y Waller (2004); Carbonell et al., (2011, 2015); Carbonell (2017) y Carbonell y Bermejo (2017) en talleres similares a los realizados en esta investigación en los que se han utilizado otras tecnologías y metodologías para el desarrollo de la orientación espacial.

Con el fin de medir la ganancia obtenida por los estudiantes en orientación espacial al realizar el taller, los participantes completaron el test antes (pre-test) y después (post-test) de la actividad.

PARTICIPANTES

32 estudiantes (19 hombres, 13 mujeres) de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería del curso 2016-17 participaron en el taller. Ninguno de ellos tenía entrenamiento previo en orientación espacial en entornos de realidad virtual.

PROCEDIMIENTO

Fase 1: se comprueba que todos los estudiantes tienen instalada la aplicación 3D Street View en sus Smartphone. Disponen de 30 minutos para insertar los Smartphone en las gafas de realidad virtual y establecer la conexión Bluetooth. Durante este tiempo toman contacto con la interface y se familiarizan con ella.

Fase 2: en los siguientes 30 minutos se facilitan a los participantes 2 rutas urbanas a través de un croquis. Estas rutas parten de un punto A y llegan a un punto B para luego hacer el camino inverso a través de diferentes recorridos.

Fase 3: esta fase se realiza en una hora. Los participantes usan las gafas de realidad virtual y realizan los recorridos propuestos en la anterior fase, ayudados con el sensor de movimiento, un joystick a través del cual pueden avanzar, retroceder y girar a derecha o izquierda. El profesor les va preguntando sobre diferentes puntos de control (el color de un cartel, la presencia de una determinada tienda...) para comprobar si van por el camino correcto. En el caso de que no lo sea, el profesor se lo indica al alumno, quien tiene que retroceder hasta el anterior punto de control para continuar su ruta (Figura 2).



Figura 2. Google Street View en Realidad Virtual.

RESULTADOS

El efecto del experimento llevado a cabo sobre la habilidad de orientación espacial se analizó mediante la prueba t-student de muestras pareadas dado que la prueba de evaluación proporcionó una puntuación única. La hipótesis de trabajo fue: los entornos virtuales urbanos mostrados con la aplicación VR Street View desarrollan las habilidades de orientación espacial de los estudiantes universitarios.

De acuerdo con la prueba t-student, los participantes desarrollaron su habilidad de orientación espacial. El nivel de significación (p -level < 0.01) no alcanzó el 1%, por lo que la hipótesis nula fue rechazada y declarada, con un nivel de significación superior al 99,9%, que la ganancia fue estadísticamente significativa.

Por género, tanto hombres como mujeres desarrollaron su habilidad de orientación espacial después de la sesión de entrenamiento. Los hombres obtuvieron una ganancia mayor que las mujeres, aunque la diferencia no fue significativa. Esto coincide con el experimento llevado a cabo por Carbonell et al. (2011, 2012) y Carbonell y Bermejo (2017).

Los resultados de este proyecto de innovación se pueden consultar en el número de noviembre de 2017 de la revista Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATTISTA, M. T. (2007). *The development of geometric and spatial thinking*. In Second handbook of research on mathematics teaching and learning. Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- BODNER, G., and GUAY, R. (1997). *The purdue visualization of rotations test*. Chemical Education, 2(4), pp. 1-18.
- Boletín Oficial del Estado (2007). *Real Decreto 1393/2007 de 29 de octubre*. <http://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-18770-consolidado.pdf>, Accessed may 1 2013.

- CARBONELL C., SAORÍN J.L., DE LA TORRE, J., & MARRERO G. A.M. (2011). *Engineers' spatial orientation ability development at the European Space for Higher Education*. European Journal of Engineering Education, 36 (5), pp. 505-512. <http://dx.DOI.org/10.1080/03043797.2011.602184>
- CARBONELL, C., MEJÍAS, M. A., SAORÍN, J. L., & CONTERO, M. C. (2012). *Spatial data infrastructure: Development of spatial abilities in the framework of european space for higher education*. Boletín de la asociación de geógrafos españoles, 58(2012), pp. 157–175.
- CARBONELL, C., N. MARTÍN-DORTA, J. L. SAORÍN PÉREZ, & DE LA TORRE CANTERO, J. (2015). *Specific Professional Skills Development for Engineering Studies: Spatial Orientation*. International Journal of Engineering Education, 31(1B), pp. 316–322.
- CARBONELL C. & BERMEJO L. A. (2017). *Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill*. Journal Of Geography In Higher Education, 4(1), pp. 119-133. <http://dx.DOI.org/10.1080/03098265.2016.1260530>.
- CARBONELL C. (2017). *Spatial-Thinking Knowledge Acquisition from Route-Based Learning and Survey Learning: Improvement of Spatial Orientation Skill with Geographic Information Science Sources*. Journal of Surveying Engineering, 143 (1). [http://dx.DOI.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000200#sthash.s5c5UD7c.dpuf](http://dx.DOI.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000200#sthash.s5c5UD7c.dpuf).
- DARKEN, R. P., & BANKER, W. P. (1998). Navigating in natural environments: A virtual environment training transfer study. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality Annual International Symposium* (pp. 12-19). IEEE. DOI:10.1162/pres.1999.8.6.iii
- GONZATO, M., FERNÁNDEZ, T., & DÍAZ, J. (2011). *Tareas para el desarrollo de habilidades de visualización y orientación espacial*. Números: revista didáctica de las matemáticas 77(2011), pp. 99–117.
- GONZATO, M., & GODINO, J. D. (2011). *Aspectos históricos, sociales y educativos de la orientación espacial*. Unión: revista iberoamericana de educación matemática, 23(2010), pp. 24–45.
- HEGARTY, M., and WALLER, D. (2004). *A dissociation between mental rotation and perspective-taking spatial abilities*. Intelligence, 32(2), pp. 175–191. <http://DOI.org/10.1016/j.intell.2003.12.001>
- HEGARTY, M., MONTELLO, D. R., RICHARDSON, A. E., ISHIKAWA, T., & LOVELACE, K. (2006). *Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning*. Intelligence, 34(2), pp. 151-176. <http://DOI.org/10.1016/j.intell.2005.09.005>
- HOWARD, I. P., and TEMPLETON, W. B. (1966). *Human spatial orientation*. Wiley, New York.
- KOZHEVNIKOV, M., & HEGARTY, M. (2001). *A dissociation between object manipulation, spatial ability and spatial orientation ability*. Memory and Cognition, 29(5), pp. 745–756. DOI:10.3758/BF03200477.
- LINN, M. C., & PETERSEN, A. C. (1985). *Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis*. Child Development, 56(6), pp. 1479–1498. DOI: 10.2307/1130467
- LYNCH, K. (1960). *The image of the city*. MIT Press, Cambridge, MA.

- MAIER, P. H. (1998). Spatial geometry and spatial ability: How to make solid geometry solid. *Proc., Annual Conf. of Didactics of Mathematics*, E. Osnabrück, E. Cohors-Fresenborg, K. Reiss, G. Toener, and H. Weigand, eds., Gesellschaft für Didaktik der Mathematik, Munich, Germany, 63–75.
- MONTELLO, D. R., LOVELACE, K. L., GOLLEDGE, R. G., & SELF, C. M. (1999). *Sex-related differences and similarities in geographic and environmental spatial abilities*. *Annals of the Association of American Geographers*, 89(3), pp. 515-534.
- NCTM National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM Ed.
- PATEL, K. K., & VIJ, S. K. (2010). *Spatial navigation in virtual world. Advanced knowledge based systems: model, applications and research*. TMRF e-Book, 101-125.
- PRESMEG, N. C. (2006). *Research on visualization in learning and teaching mathematics: Emergence from psychology*. In A. Gutiérrez & P. Boero (Eds.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education* (pp. 205–235). Dordrecht: Sense Publishers.
- REBER, A. S. (1985). *Dictionary of psychology*. Penguin, London.
- RICHARDSON, A.E., MONTELLO, D.R. & HEGARTY, M. (1999). *Spatial knowledge acquisition from maps and from navigation in real and virtual environments*. *Memory and COGNITION*, 27 (4), PP. 741-750.
- RODRIGUES, J., SAUZÉON, H., WALLET, G., & N'KAOUA, B. (2010). *Transfer of spatial-knowledge from virtual to real environment: effect of active/passive learning depending on a test-retest procedure and the type of retrieval tests*. *Journal of Cybertherapy & Rehabilitation*, 3(3), pp. 275–283.
- SCHINAZI, V. R., EPSTEIN, R. A., NARDI, D., NEWCOMBE, N. S., and SHIPLEY, T. F. (2009). *The acquisition of spatial knowledge in an unfamiliar campus environment*, in *Proceeding of the 50th Annual Meeting of the Psychonomics Society*, Boston, MA.
- SIEGEL, A. W., & WHITE, S. H. (1975). *The Development of Spatial Representations of Large-Scale Environments*. In H. Reese (Ed.), *Advances in Child Development and Behavior*, (Vol. 10,). New York: Academic Press.
- SMITH, I. M. (1964). *Spatial ability: Its educational and social significance*. University of London Press, London.
- TARTRE, L. A. (1990a). *Spatial orientation skill and mathematical problem solving*. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(3), pp. 216–229. DOI: 10.2307/749375
- TARTRE, L. A. (1990b). *Spatial skills, gender and mathematics*. *Mathematics and gender*, E. E. Fennema and G. C. Leder, eds., Teachers College Press, New York, 27–59.
- THORNDYKE, P. W., & GOLDIN, S. E. (1983). *Spatial Learning and Reasoning Skill*. In H. L. Pick & L. P. Acredolo (Eds.), *Spatial Orientation: Theory, Research, and Application*, (pp. 195-217). New York: Plenum Press.