

# Grupo de Sistemas Interactivos DEI Lab: Computación ubicua, social y multisensorial para y con los usuarios

## Interactive Systems Research Group DEI Lab: pervasive, social and multisensory computing for and with the users

**Paloma Díaz**

Dpto. de Informática  
Universidad Carlos III de Madrid  
Leganés, Spain  
pdp@inf.uc3m.es

**Ignacio Aedo**

Dpto. de Informática  
Universidad Carlos III de Madrid  
Leganés, Spain  
aedo@ia.uc3m.es

Recibido: 15.11.2019 | Aceptado: 18.12.2019

### Palabras Clave

Diseño de la Interacción  
Realidad Virtual,  
Aumentada y Mixta  
Visualización de datos  
Interacción multisensorial  
Codiseño  
Desarrollo por usuario final

### Resumen

En este artículo se describen los orígenes del grupo DEI Lab, creado en 1995, nuestras líneas de trabajo y principales características con el objetivo de contribuir a delinear el panorama de la investigación en Interacción Persona Ordenador en España. El grupo trabaja en tecnologías como la computación social y colaborativa, la computación ubicua (computación móvil, realidad virtual, aumentada y mixta), la interacción natural y multisensorial, las ecologías de interacción multidispositivo, o la visualización avanzada de datos. Nuestra visión multidisciplinar y orientada al uso de la investigación nos ha llevado a integrar al usuario final como codiseñador y cocreador con el fin de facilitar la adopción de la tecnología. Así, investigamos en computación ubicua, social y multisensorial para y con los usuarios.

### Keywords

Interaction design  
Virtual Reality  
Augmented Reality  
Data visualization  
Multisensory interactions  
Co-design  
End user development

### Abstract

In this paper we describe research at DEI Lab at UC3M, founded in 1995, our goals and assumptions on how we face HCI research, the areas and projects we are working at, and, how we envision our future. We investigate on advanced interactions based on social and collaborative computing, pervasive computing (including mobile computing, virtual, augmented, and mixed reality), embodied and multisensory, natural and multi-device interaction and data visualization and interaction. We always put users in the loop as active co-designers and co-creators in order to facilitate technology adoption. Thus, we investigate on pervasive, social and multisensory computing for, with and by users.

## 1. Introducción

En 1995 Ignacio Aedo, Nadia Catenazzi y Paloma Díaz crearon el grupo de investigación denominado DEI Lab, cuyas siglas respondían a Documentación Electrónica Interactiva. Los tres habían investigado en el modelado formal, diseño y desarrollo de sistemas hipermedia, web y libros electrónicos. Las tecnologías interactivas han evolucionado hasta hacerse presentes en casi todas nuestras actividades cotidianas. Internet y la masiva adopción de teléfonos inteligentes permiten interactuar en cualquier momento y desde cualquier sitio. Esta ubicuidad no está exenta de problemas y

ha generado múltiples retos en el ámbito de la Interacción Persona Ordenador (IPO). Hay un gran abanico de oportunidades tecnológicas, pero es necesario centrarse en por qué interactuar, cómo, para qué, con quién, dónde o cuándo. En este contexto, la investigación del grupo se centra en el diseño de interacciones avanzadas mediante computación social, ubicua (incluyendo computación móvil, realidad virtual (RV), aumentada (RA) y mixta (RM)), interacción multisensorial, y multi-dispositivo, e interacción semántica. Los resultados se han aplicado a campos como el diseño de software, la educación, la gestión de crisis, la cultura, la salud o la visualización. El grupo tiene una

perspectiva multidisciplinar y desde los primeros proyectos se incorporó la voz de distintos tipos de especialistas y usuarios finales, como codiseñadores y cocreadores. Así, en DEI Lab investigamos las posibilidades y limitaciones de tecnología para y con los usuarios. En este artículo describimos nuestros orígenes y líneas de trabajo actuales, con el objetivo de contribuir a delinear el panorama de la investigación en IPO en España.

## 2. Concepto de Investigación en DEI Lab

En DEI Lab se ha combinado desde sus orígenes la investigación básica con la investigación inspirada en la utilización de la tecnología (Stokes, 1997). La investigación básica no busca desarrollar un producto concreto, sino proporcionar las bases teóricas y empíricas para diseñar productos que exploten todas las posibilidades de la tecnología subyacente. En esta línea, exploramos las capacidades de interacción y las limitaciones de tecnologías emergentes, como por ejemplo las interfaces post-wimp (Bellucci et al, 2016) o los entornos inmersivos (Montero et al, 2017). La investigación inspirada en el uso identifica las oportunidades que una tecnología puede proporcionar para *"cambiar las prácticas habituales de una comunidad y hacer que sea más efectiva en lo que hace"* (Denning, 1997). En proyectos como CESAR (Aedo et al, 1996), Hiper-Apuntes o Now-Graduado se usó la multimedia, la web y los sistemas adaptables para ayudar a estudiantes y profesores (Díaz et al, 2019); en sistemas como ARCE y SIGAME se colaboró con la DGPCE en herramientas que hicieran más eficiente la colaboración entre agencias (Aedo et al, 2010); y herramientas como Ariadne o VEISIG mejoraban el diseño de sistemas web (Díaz et al, 2005). Aunque estos trabajos sean aplicados, siempre tienen como objetivo contribuir a la base de conocimiento y generar soluciones que útiles a la sociedad aplicando un enfoque de investigación a través del diseño (Zimmerman et al, 2007). DEI Lab tiene una vocación multidisciplinar e internacional, fomentando estancias y participando en convocatorias de atracción de talento. Nuestro compromiso con AIPO nos llevó a organizar Interacción 2002. Los resultados en la investigación han permitido también mejorar la formación en IPO en estudios técnicos y en cursos para gestores de emergencias, profesores o gestores culturales. Esta perspectiva multidisciplinar de la docencia en IPO cristalizó en la iniciativa Digital Living que identificaba competencias, conocimientos y actitudes para idear el futuro digital (Díaz et al, 2011).

## 3. Líneas de Investigación en DEI Lab

En esta sección abordamos las líneas más relevantes de nuestra investigación actual. Para ello hemos organizado los trabajos en cuatro grandes categorías no disjuntas.

### 3.1 Interfaces inmersivas y multisensoriales

La RV, RA y RM prometen capacidades únicas de interacción en ámbitos como la educación, la salud o la industria. En los últimos años hemos utilizado estas tecnologías para el aprendizaje, tanto conceptual como experiencial, en cultura digital, o salud. Por ejemplo, el uso de RA en el proyecto PACE (TIN2016-77690-R) permite fomentar el interés de los ciudadanos por su entorno y participar en misiones relacionadas con la gestión de riesgos (Sánchez-Francisco et al, 2019). En MagicShoes (PSI2016-79004-R) investigamos tecnologías multisensoriales que cambian la percepción del cuerpo y del espacio, el estado emocional y el comportamiento motor (Tajadura-Fernández et al, 2019). Finalmente, en CHIC (H2020-EU.2.1.4.-760891) se estudia cómo la RV y RM pueden mejorar el aprendizaje de técnicas de edición genética en agricultura (Zarraonandía et al, 2019). Actualmente se está trabajando en el estudio de las capacidades de colaboración de entornos de realidad mixta a través del proyecto crossColab (PGC2018-101884-B-100).

### 3.2 Visualización avanzada

En el grupo de investigación DEI Lab estamos interesados en aplicar un enfoque de Inteligencia Amplificada (Ashby, 1961) para mejorar la capacidad de las personas al explorar la información y generar conocimiento. Para ello se ha trabajado en dos líneas: incorporando semántica del dominio para dotar a los datos de significado y mejorar la interacción con los datos. En cuanto a visualización semántica, en proyectos como PACE y NOTRE (H2020-TWINN15-692058) se investiga el uso de ontologías y otros recursos semánticos para agregar datos heterogéneos y masivos utilizando categorías significativas en un dominio (Onorati et al, 2019). En proyectos como emerCien (TIN2012-09687) y CHIC se analizan distintos dispositivos de interacción como pantallas curvas que aprovechan la visión focal y periférica (Romero-Gómez et al, 2013); muros interactivos que ofrecen mayor espacio de visualización (Onorati et al, 2015); entornos multidispositivo para la exploración colaborativa adaptada al contexto (Díaz et al, 2016b); y los entornos de RV que amplían el espacio de visualización a bajo coste (Onorati et al, 2018). El siguiente paso consistirá en explorar la integración de interacciones multisensoriales y corporizadas con el fin de dar soporte a la cognición corporizada o *embodied cognition*.

### 3.3 Tecnologías para la colaboración y la participación ciudadana

En los primeros trabajos desarrollados junto con la DGPCE se explotó la capacidad de distribuir la información y los modelos de acceso basado en roles para dar soporte a plataformas colaborativas como ARCE, SIGAME o ESA6. Estas plataformas fueron diseñadas y evaluadas junto con usuarios y agentes

involucrados como se discute en (Aedo et al, 2010). Todas ellas forman parte del catálogo de productos de la DGPCE y fueron aprobadas en los correspondientes órganos como herramientas de colaboración, lo que permitió transferir a la sociedad el conocimiento generado. Esta primera toma de contacto con el mundo de la gestión de emergencias puso de manifiesto que eran muchas las problemáticas en las que el uso de sistemas interactivos colaborativos podía mejorar la eficacia y eficiencia. Así por ejemplo, dentro del proyecto TIPEX (TIN2010-19859-C03-01) se exploró el uso de mesas interactivas y el acceso basado en roles para el diseño y seguimiento de planes de emergencia (Díez et al, 2016). En proyectos como emerCIEN se proponen plataformas para mejorar la participación ciudadana avanzando hacia el concepto de coproducción de servicio para conseguir un servicio público más eficiente y sostenible (Díaz et al, 2016a). Para ello se propone un ecosistema de participación multiplataforma con acceso a las funcionalidades basado en roles, visualización semántica y filtrado por nivel de confiabilidad de grandes volúmenes de datos (Díaz et al, 2017b). En el mismo ámbito, Social Display es un entorno aumentado que promueve conversaciones alrededor de objetos culturales (Díaz et al, 2018).

### 3.4 Diseño participativo y EUD

Para garantizar que una solución tecnológica resuelve un problema es preciso involucrar a las personas que la van a utilizar en un proceso de codiseño entre pares. Esto requiere del uso de técnicas generativas y notaciones apropiadas con las que explorar el contexto y plantear soluciones. Desde DEI Lab hemos contribuido con métodos y herramientas de diseño participativo y codiseño. El primer ejemplo lo encontramos en el diseño de juego SafetyGames, orientado a mejorar el conocimiento de los niños sobre riesgos en el que se involucraron a dos comunidades de usuarios: niños y docentes. Para involucrar a los niños se creó la técnica de codiseño Embodied Narratives que permitió identificar características motivadoras (Díaz et al, 2012). Por otro lado, el modelo de diseño de juegos GREM (Games-Rules-scEnarios Model) se utilizó con profesores con el mismo fin (Zarraonandía et al, 2015). En el marco del proyecto meSch se desarrolló una herramienta de soporte al co-diseño para *Smart Objects* denominada CoDICE (Díaz et al., 2017a). Involucrar a los usuarios en tiempo de diseño puede no ser suficiente y a veces es preciso capacitarlos para adaptar esas soluciones en tiempo de ejecución mediante herramientas de EUD. Así, en TIPEX se desarrolló una herramienta de EUD para generar simulaciones de RV para el entrenamiento en situaciones de riesgo (Zarraonandía et al, 2015). CoDICE integra una herramienta EUD para programar

comportamientos en objetos físicos sin tener conocimientos ni de programación ni de electrónica (Bellucci et al, 2017). En CreaX, se generó una herramienta EUD para realidad mixta que permitió explorar las posibilidades de interconexión entre objetos virtuales y reales en juegos educativos (Zarraonandía et al., 2018). Actualmente se está investigando cómo estas opciones de codiseño y EUD pueden adaptarse a entornos de colaboración mixta, en la que parte de los diseñadores estén en el mismo espacio físico y otra parte se encuentren distribuidos geográficamente.

## 4. Conclusiones

---

Durante casi 25 años hemos participado en distintos proyectos de investigación y transferencia que nos enriquecieron profundamente gracias al contacto con nuevos dominios de aplicación y con sus usuarios. Trabajar en IPO ha hecho posible entender la Informática como una ciencia realmente multidisciplinar, orientada a construir sistemas sociotecnológicos en los que no sólo la tecnología es importante sino, y principalmente, las personas que utilizarán esas tecnologías y los contextos en que se utilizarán. De los tres miembros que iniciaron esta andadura quedan dos en el grupo a los que se unen otros seis doctores, por orden alfabético Andrea Bellucci, Lize de Coster, Elena Márquez, Teresa Onorati, Ana Tajadura-Jiménez y Telmo Zarraonandía, a los que tenemos que agradecer su contribución al grupo. En unos momentos en los que en la sociedad sólo se habla de transformación digital, es fundamental reclamar el papel que la IPO tiene en este proceso, aportando por un lado el conocimiento multidisciplinar y científico que permitirá entender el impacto personal, social, económico y cultural que las tecnologías emergentes tendrán en nuestra sociedad, y por otro las técnicas y métodos de desarrollo centrado en la persona que garantizarán que esas transformaciones realmente sirven para aumentar las capacidades humanas, individuales o colectivas.

## Agradecimientos

---

Es imposible mencionar todos los proyectos, organismos y entidades que apoyan nuestra investigación. A riesgo de olvidar nombres queremos mencionar a nuestros doctorandos actuales Álvaro Montero, Mónica Sánchez, Alejandro Santos y Judith Ley y a aquellos que estuvieron en nuestro grupo: Fivos Panetsos, Camino Fernández, Juanma Dodero, Miguel Ángel Sicilia, Susana Montero, Alessio Malizia, Jack Carroll, Mary Beth Rosson, Steffen Lohmann, Stefano Levaldi (†), Elisa Giaccardi, Gerhard Fischer, Kent Witteburg, Murray Turoff, Roxanne Hiltz, David Díez, Sara Tena, Rosa Romero, Sergio Herranz, Liam Bannon, Monica Landoni, ... y un largo etcétera.

## Referencias

---

- Aedo, I., Catenazzi, N., & Díaz, P. (1996). The evaluation of a hypermedia learning environment: The CESAR experience. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 5(1), 49-72.
- Aedo, I., Díaz, P., Carroll, J. M., Convertino, G., & Rosson, M. B. (2010). End-user oriented strategies to facilitate multi-organizational adoption of emergency management information systems. *Information processing & management*, 46(1), 11-21.
- Ashby, W. R. (1961). *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall Ltd.
- Bellucci, A., Romano, M., Aedo, I., & Díaz, P. (2016). Software support for multitouch interaction: the end-user programming perspective. *IEEE Pervasive Computing*, 15(1), 78-86.
- Bellucci, A., Aedo, I., & Díaz, P. (2017). ECCE toolkit: Prototyping sensor-based interaction. *Sensors*, 17(3), 438.
- Denning, P. J. (1997). A new social contract for research. *Communications of the ACM*, 40(2), 132-135.
- Díaz, P., Aedo, I. y Zarranonandia, T. (2019). Investigación en TIC y educación en el grupo de Sistemas Interactivos DEI-Lab. *IE Comunicaciones*, 30. En prensa
- Díaz, P., Bellucci, A., Yuan, C. W., & Aedo, I. (2018). Augmented Experiences in Cultural Spaces through Social Participation. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 11(4), 19
- Díaz, P., Aedo, I., & Bellucci, A. (2017a). Integrating End Users in Early Ideation and Prototyping: Lessons from an Experience in Augmenting Physical Objects. In *New Perspectives in End-User Development* (385-411). Springer, Cham.
- Díaz, P., Onorati, T., & Aedo, I. (2017b). A digital knowledge ecosystem to increase participation in emergency warnings and alerts management. In *International Conference on Green, Pervasive, and Cloud Computing* (pp. 700-711). Springer, Cham.
- Díaz, P., Carroll, J., & Aedo, I. (2016a). Coproduction as an approach to technology-mediated citizen participation in emergency management. *Future Internet*, 8(3), 41.
- Díaz, P., Onorati, T., & del Olmo Pueblas, S. (2016b). Analyzing and visualizing emergency information in a multi device environment. In *International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management in Mediterranean Countries* (pp. 181-194). Springer, Cham.
- Díaz, P., Paredes, P., Alvarado, D., & Giaccardi, E. (2012). Co-designing social games with children to support non formal learning. In *2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies* (pp. 682-683). IEEE.
- Díaz, P., Giaccardi, E., & Aedo, I. (2011). Rethinking education in a changing world: toward a curriculum for digital living. *interactions*, 18(4), 64-68.
- Díaz, P., Montero, S., & Aedo, I. (2005). Modelling hypermedia and web applications: the Ariadne Development Method. *Information Systems*, 30(8), 649-673.
- Díez, D., Tena, S., Romero-Gomez, R., Díaz, P., & Aedo, I. (2014). Sharing your view: A distributed user interface approach for reviewing emergency plans. *International Journal of Human-Computer Studies*, 72(1), 126-139.
- Montero, A., Zarranonandia, T., Díaz, P., & Aedo, I. (2017). Designing and implementing interactive and realistic augmented reality experiences. *Universal Access in the Information Society*, 1-13.
- Onorati, T., Isenberg, P., Bezerianos, A., Pietriga, E., & Díaz, P. (2015). WallTweet: A Knowledge Ecosystem for Supporting Situation Awareness. *DEXIS 2015 Workshop on Data Exploration for Interactive Surfaces*. HAL- 01237149
- Onorati, T., Díaz, P., Zarranonandia, T., & Aedo, I. (2018). The Immersive Bubble Chart: a Semantic and Virtual Reality Visualization for Big Data. In *The 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology Adjunct Proceedings* (pp. 176-178). ACM.
- Onorati, T., Díaz, P., & Carrion, B. (2019). From social networks to emergency operation centers: A semantic visualization approach. *Future Generation Computer Systems*, 95, 829-840
- Romero-Gómez, R., Díez, D., Díaz, P., & Aedo, I. (2013). Situation Awareness-Oriented Alarm Visualizations: A next Step in HSC Environments. *GRAPP/IVAPP 2013*: 483-488
- Sánchez-Francisco, M., Díaz, P., Fabiano, F., & Aedo, I. (2019). Engaging Users with an AR Pervasive Game for Personal Urban Awareness. In *Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction* (p. 6). ACM.
- Stokes, D. E. (1997). *Pasteur's quadrant: Basic science and technological innovation*. Brookings Institution Press.
- Tajadura-Jiménez, A., Newbold, J., Zhang, L., Rick, P., & Bianchi-Berthouze, N. (2019). As Light as You Aspire to Be: Changing Body Perception with Sound to Support Physical Activity. *Proceedings CHI 2019, May 4-9, 2019, Glasgow, Scotland, UK*. ACM, New York, NY, USA.
- Zarranonandia, T., Montero, A., Díaz, P., & Aedo, I. (2019). Magic Flowerpot: An AR Game for Learning about Plants. In *Extended Abstracts of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts* (pp. 813-819). ACM.
- Zarranonandia, T., Díaz, P., Aedo, I., & Ruiz, M. R. (2015). Designing educational games through a conceptual model based on rules and scenarios. *Multimedia Tools and Applications*, 74(13), 4535-4559.
- Zarranonandia, T., Díaz, P., Santos, A., Montero, Á., & Aedo, I. (2018). A Toolkit for Creating Cross-Reality Serious Games. In *International Conference on Games and Learning Alliance* (pp. 297-307). Springer, Cham.
- Zimmerman, J., Forlizzi, J., & Evenson, S. (2007). Research through design as a method for interaction design research in HCI. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (pp. 493-502).