

Realidades Extendidas (XR). Evolución Cognitiva y Analogías Biológicas en la Comunicación Científica

Mauro Costa Couceiro ⁽¹⁾

Resumen: Utilizando como pretexto la investigación en desarrollo (Lobo & Couceiro, 2019), donde se integran realidades digitales y analógicas, este artículo presenta algunos aspectos menos comunes de la investigación biónica, Realidades Extendidas (XR) con origen en la cultura Ciborg. Actualmente estamos desarrollando contenidos, métodos y tecnologías para la difusión de patrimonio arquitectónico y artístico clasificado por la UNESCO¹, explorando las intersecciones de la inteligencia natural y artificial. Se desarrollan además ejercicios de prospectiva sobre cómo se hará la difusión cultural y cómo se utilizarán los medios de comunicación en la perpetuación de la memoria y en el progreso del conocimiento humano.

Palabras clave: Código genético - Analogía genética - Inteligencia artificial - Conocimiento Tácito - Realidad Mixta - Reconstrucción Digital - Cibernética - Tecnología Biónica - Cultura Ciborg

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 89-90]

⁽¹⁾ **Mauro Costa Couceiro** es investigador postdoctoral en el Centro de Estudios Sociales de la Universidad de Coimbra y coordinador tecnológico del Proyecto Santa Cruz 1834. En este proyecto desarrolla metodologías para la recolección e interpretación de datos, reconstrucción y representación multidimensional en diversas plataformas analógicas y digitales de producciones artísticas y arquitectónicas. Promueve la preservación de este patrimonio histórico, su difusión cultural y la educación superior. En las últimas dos décadas, su investigación se ha desarrollado en torno a analogías entre Arquitectura, Biología y la Computación, destacando el desarrollo de técnicas y tecnologías relacionadas con la fusión personalizada de procesos analógicos y digitales. Se destacan las producciones en los campos del diseño de estructuras geométricas complejas, Modelado Informado (BIM), Materialización de Proyectos con Bases Robóticas (CAD/CAM). Desarrolló su investigación doctoral en la Universitat Internacional de Catalunya, Escuela Superior de Arquitectura de Barcelona. Además de su doctorado, aprobado con la evaluación “*Excelent Cum-Laude*” en 2009, también realizó dos másteres en la misma universidad de Barcelona. El primer máster se desarrolló en el área de investigación de Arquitecturas Genéticas y el segundo se centró en la Historia Mundial de la Arquitectura y del Diseño.

Chocando de Frente con el Ciborg

Por lo menos desde los años 70 del siglo pasado, intelectuales y filósofos nos vienen advirtiendo que el ser humano se está convirtiendo en víctima de su propio éxito evolutivo. Por ejemplo, en el libro *'Future Shock'*, el futurista estadounidense Alvin Toffler y su cónyuge Adelaide Farrell, definen el término *'Choque del Futuro'* como un determinado estado psicológico de individuos y sociedades enteras. La definición más breve del término en el libro es de una percepción personal de demasiado cambio en un período de tiempo demasiado corto (Toffler, 1970). El desarrollo tecnológico exponencial hace con que el propio ser humano sea cada vez más desubicado y obsoleto en el entorno artificial que crea para sí mismo.

La regla conocida como la Ley de Moore (Moore, 1965), que expone el desarrollo exponencial de la capacidad de procesamiento de los ordenadores, se puede verificar también en otros campos de desarrollo tecnológico. Observamos que en cualquiera de las direcciones en las que el ser humano se dedica a la exploración científica, este logra resultados exponenciales. En los gráficos, estos desarrollos se representan con asíntotas, y estas lo hacen cada vez más hábil, pero, simultáneamente, más manipulador y destructivo. Es por este carácter destructivo, propio de una explotación asíntótica de los recursos de que dispone el ser humano, que filósofos y científicos contemporáneos advierten que nuestra civilización puede colapsar (Hotz, 2020). Así, se formulan hipótesis de que estos procesos cíclicos de ascenso y decadencia de las civilizaciones, pueden tener una amplitud cada vez mayor y que nuestra elasticidad biológica puede no soportar las crecientes variaciones. Consecuentemente, arriesgamos una ruptura en el desarrollo o incluso nuestra extinción. Quizás esta incapacidad para soportar el proceso acelerado de desarrollo tecnológico se manifieste por la incompatibilidad de nuestra escala con la inmensidad del universo y la escala infinitesimal del mundo cuántico. De forma más clara, podemos observar esta dificultad en la comprensión, por parte del ser humano, de todos los procesos exponenciales, algo que se cuenta ancestralmente desde la historia de la creación del ajedrez (*Ver Figura 1*).

Una historia milenaria cuenta que el inventor del ajedrez (en algunos relatos, Sessa, un antiguo ministro indio) pide a su gobernante que le dé trigo de acuerdo con el problema del trigo y el tablero de ajedrez. El gobernante lo toma a risa como un escaso premio por un brillante invento, sólo para que los tesoreros de la corte le informen que la inesperada cantidad de granos de trigo superaría los recursos del gobernante. Las versiones difieren en cuanto a si el inventor se convierte en un consejero de alto rango o es ejecutado. Como con la Ley de Moore, en esta historia se ejemplifica bastante bien la dificultad que tenemos para entender el crecimiento exponencial. La ley de Moore es la observación hecha por Moore de que el número de transistores en un circuito integrado se duplica aproximadamente cada dos años. La ley de Moore es una proyección de una tendencia histórica. Más que una ley física, se trata de una relación empírica ligada a los beneficios de la experiencia en la producción. Puede que no hayamos sido los primeros seres de esta galaxia en encontrar estos complejos problemas de supervivencia. Según el Principio Astrobiológico Copernicano², debería haber al menos 36 civilizaciones avanzadas que, por tanto, deberían comunicarse con nosotros. Sin embargo, desde nuestra galaxia no llega actualmente a nuestro planeta ninguna señal electromagnética que revele algún tipo de inteligencia. Una señal de este tipo sólo



1

Figura 1. Como con la Ley de Moore, en la historia milenaria sobre el ajedrez, se ejemplifica bastante bien la dificultad que tenemos para entender el crecimiento exponencial.



2

Figura 2. La frase *'A long time ago in a galaxy far, far away...'* que permanece estática en la pantalla, y el logotipo de Star Wars, que se reduce a un punto central, son comunes a todas las películas de la serie y nos hacen imaginar este escenario en que hace mucho tiempo, en otros rincones del universo, civilizaciones avanzadas han tenido su momento de gloria, seguido de su extinción.

tardaría 17.000 años en llegar de un extremo a otro de nuestra galaxia, sin embargo, desde hace más de un siglo que tenemos medios para escuchar y no se oye nada. ¿Se callan por miedo a ser depredados y somos nosotros los incautos en una civilización temerosa? ¿O simplemente las civilizaciones avanzadas no duran mucho y tienen una tendencia «natural» a la autodestrucción? (Ver Figura 2).

Nos estábamos acercando al año 2000, y los gigantes actuales como Amazon y Google daban sus primeros pasos como librerías y buscadores de palabras en Internet y se esforzaban por demostrar su utilidad. Las redes sociales también fueron subestimadas en su poder. De repente llega la Primavera Árabe y las elecciones manipuladas gracias al conocimiento de las masas, sus comportamientos e ideas. Avanzamos a pasos agigantados hacia la creación de programas inteligentes que saben más de cada uno de nosotros que nosotros mismos y podrán manipularnos o guiarnos con más eficacia que nunca.

Hoy, en esta tercera década del milenio, nos enfrentamos a nuevos desafíos y nuevas estructuras socioeconómicas que se desarrollan al ritmo de la inteligencia artificial. Las redes mundiales de intercambio de información se están convirtiendo en redes para evaluar y probar constantemente el potencial de cada prospectiva. Es en estas estructuras donde la Inteligencia Humana (HI) y la Inteligencia Artificial (AI) se funden en un todo cognitivo con características biónicas. Es en este entorno que se observan los primeros intentos de explorar estas conexiones íntimas entre diversas inteligencias. Estas interacciones o hibridaciones están siendo llevadas a cabo por empresas donde se están creando circuitos integrados cuyo destino es, por ejemplo, la inserción en el sistema motor del neo-córtex humano y la consiguiente conexión con dispositivos informáticos extrínsecos al cuerpo del usuario (Musk, 2020). Sin embargo, por muy impresionantes que parezcan a nuestros ojos este tipo de propuestas de intimidad entre el mundo del silicio y el del carbono, esta categoría de investigación se inició hace más de medio siglo, con avances y retrocesos, a medida que la ética y los resultados se construyen, desarrollan y armonizan.

El ejemplo más flagrante tiene ya décadas y consiste en la aplicación biónica de implantes que permiten la introducción directa en el neo-córtex de filamentos capilares que transportan impulsos eléctricos que, a su vez, son absorbidos por la red neuronal para ser interpretados como sonidos por el cerebro humano. Este método ampliamente explorado en las cirugías del campo auditivo en niños de hasta cuatro años, está dando sus primeros pasos en el campo visual. Teniendo en cuenta la cantidad de información que procesa el cerebro en la interpretación de las señales luminosas del mundo que nos rodea, aún estamos bastante lejos de conseguir un sistema que proporcione a los ciegos una visión similar a la visión media de un ser humano o de una cámara de video. Los científicos de los distintos campos tradicionales del conocimiento que desarrollan sistemas de intercambio entre el mundo digital y el mundo analógico se enfrentan a diversos niveles de incompatibilidad. Por lo tanto, los enfoques se vuelven cuidadosamente intrusivos, intentando la reversibilidad siempre que sea posible. Por las mismas razones, en el ámbito de los contenidos también se tiende a utilizar una mezcla balanceada de información procedente del exterior e interpretaciones amplificadas - Realidades Aumentadas.

De todas maneras, la tecnología es cada vez más íntima con el cuerpo humano. La cultura ciberpunk ya vislumbró el concepto de ciborg con procedimientos médicos invasivos, insertando diferentes prótesis con una interacción cada vez mayor con nuestro sistema nervioso. Parece que hay un impulso inconsciente detrás del desarrollo tecnológico. Ciertamente, hay algo porque el “*mono inquieto*” sigue y sigue (Bryson, 2004). Aparentemente, hay algo que empuja a los humanos a crear y adoptar nuevas tecnologías. Estamos empezando a mezclar y/o transferir nuestra base estructural de carbono de ser vivo a una base de silicio de tipo informático. Como si los humanos fueran una especie de oruga, construyendo un capullo *tecno-lógico* del que emergerá una mariposa binaria, más ligera que las formas de vida *bio-lógicas*, casi metafísica y, sin embargo, más compleja y adaptable (Rogan & Fridman, 2018). De la misma manera que Darwin detectó la selección natural y Lynn Margulies la simbiogénesis (Gatti, 2006), podríamos proponer que hay algunas fuerzas que impulsan a todos los seres vivos a través de la complejidad en un impulso anti-entrópico y, de alguna manera, la evolución digital está conectada con eso.

El *Homo telesapiens* y la (XR) evolución cognitiva

“*Sentio, ergo sum: Siento, luego existo*” (Damasio, 1994)

Existe una analogía constructiva que opone los pesados edificios del conocimiento, la sabiduría de quien monta tiendas dinámicas y flexibles en diferentes campos del saber –tiendas adaptables– preparadas para cambios rápidos, y transportables para explorar lo desconocido. Este es un hecho del que cada vez estamos más conscientes y la razón por la que cada vez más investigamos temas multidisciplinares, intentando ser cada vez más experimentales y teniendo en cuenta el posible futuro choque del ser humano con su entorno tecnológico y con viejos paradigmas. Intentamos, de este modo, encontrar soluciones de compatibilidad y estabilidad entre el pasado y el futuro, desarrollando una investigación centrada en la *Bio-Lógica* aplicada a la educación y a la difusión cultural.

No obstante, esta investigación es solamente un modesto intento de compatibilizar el desarrollo tecnológico con la más lenta adaptación biológica del ser humano. Son los primeros pasos de un largo camino que tenemos que recorrer para hibridar las características específicas de las entidades de silicio –del mundo digital– y los seres humanos –de base carbónica– del mundo biológico.

Las últimas transformaciones aceleradas, basadas en la íntima conexión entre la información digital y nuestras capacidades perceptivas, nos conectan con realidades que van mucho más allá de nuestros sentidos naturales, dando paso a nuevos y prolíficos campos como la Realidad Aumentada y Virtual (AR y VR). La integración de estos dos campos de desarrollo emergentes dio lugar a lo que se ha denominado de Realidad Mixta (MR) o aun de Realidad Extendida (XR). Juntos, los levantamientos precisos en 3D, nos permiten capturar y simular la arquitectura, así como otras artes tangibles con resoluciones sin precedentes, reconstruyendo y entregando experiencias que a primera vista eran imposibles de concebir, dando vida a todo tipo de experimentos arquitectónicos de una manera profundamente inolvidable, creando nuevas narrativas e intimidades, permitiéndonos viajar virtualmente en el espacio y el tiempo. En este sentido, pasito a pasito, reconstruimos digitalmente el patrimonio arquitectónico desaparecido, recreando, a través de contenidos multisensoriales e interactivos, la manera como otros seres humanos habitaron este planeta y cómo sus culturas se desarrollaron, transformaron y/o perecieron.

Al igual que ocurre en muchos otros campos, la barrera artificial creada por los académicos entre las tecnologías del ocio y las prácticas arquitectónicas se está disolviendo. Es casi imposible asegurar que la educación que promovemos hoy será válida dentro de veinte o treinta años. Sólo podemos sospechar que la interacción entre los seres humanos y los sistemas digitales será cada vez más íntima. La biotecnología, asociada al desarrollo digital, planteará los mayores retos y oportunidades en las próximas décadas. Consecuentemente, las tecnologías creativas proporcionarán experiencias interactivas en las que los acontecimientos contemporáneos se nutran de información digital, con el fin de enfatizar ciertos aspectos de las realidades presentes, pasadas y prospectivas.

“Egyptians worshiped the human eye because they knew the eye was the thing that paid attention.’ (...) ‘You’re gaining access to the real information that’s in the world, it’s not prepackaged information –that can be false– it’s the real information flowing out from the ground of being and if you pay attention to that it will help you move towards the goals that you’ve already established’ (...) ‘by absorbing that information –which is learning essentially– you build yourself into a different person’ (...) ‘The learning that you do along the way transforms you and it transforms the nature of your goals” (Peterson, 2013).

‘Los egipcios adoraban el ojo humano porque sabían que el ojo era lo que prestaba atención’ (...) ‘Estás accediendo a la información real que hay en el mundo, no es información empaquetada –que puede ser falsa– es la información real que fluye desde la tierra del ser y si prestas atención a eso te ayudará a avanzar hacia los objetivos que ya has establecido’ (...) ‘al absorber esa información –que es el aprendizaje esencialmente– te construyes a ti mismo en una persona diferente’ (...) ‘El aprendizaje que haces en el camino te transforma y transforma la naturaleza de tus objetivos’ (*traducción libre del discurso de Peterson, 2013*).

Las tecnologías digitales son por lo tanto las principales responsables de un cambio en nuestro paradigma educativo. Estamos terminando con la era industrial de la educación y haciendo la transición hacia un sistema educativo diferente basado en representaciones tácitas de la realidad donde se conciben interacciones virtuales y tangibles. La realidad mixta es una forma biónica de interacción en la que la comunicación se desarrolla a través de la fusión de realidades tangibles, procedentes del mundo físico, y elementos codificados que amplían la experiencia sensorial, pretendiendo que el observador perciba la integración de ambos contenidos en un todo tácitamente aprehensible. El entorno físico está mediado por nuestro cerebro y da lugar a acciones, sentimientos y emociones. En la Realidad Virtual o en la Realidad Mixta, podemos crear entornos relacionados con nuestra personalidad. En un futuro próximo, las conexiones neuronales artificiales podrían permitirnos jugar a juegos cerebrales, estando sintonizados para activar nuestros miedos personales y/o nuestro sistema de recompensa psicológica con el fin de simular realidades o etapas psicológicas hipotéticas, así como dar todo el soporte de conocimiento artificial para abarcar nuestras vidas con un nivel de sensibilidad finalmente superior.

El *homo sapiens* se convierte así en un *homo telesapiens*, capaz de conocer de manera experiencial cosas que están fuera de su alcance directo, así como de comprender realidades a través de la interpretación que le proporcionan sus extensiones cognitivas cibernéticas-extensiones de su fenotipo (Dawkins, 1982). Su existencia encuentra cada vez más sentido en la amplitud de conocimientos y experiencias acumuladas comunes a todos los seres humanos.

Noam Chomsky (2019) afirma que existe una predisposición humana a las complejidades simbólicas como el lenguaje y que hay increíbles ventajas que solo el lenguaje proporciona. No obstante, Chomsky denota que esta evolución también puede ser una limitación. Así, el conocimiento del patrimonio cultural construido es difícil de transmitir mediante des-

cripciones orales o literarias. En cambio, la comprensión de ese mismo patrimonio, junto con su evolución a lo largo de la historia, resulta casi inmediata cuando el patrimonio se reconstruye y se representa de forma realista en su contexto histórico.

En un futuro muy cercano, la Arquitectura, virtual y real, apoyarán nuestra interacción con el entorno, ordenando el aparente caos que hay detrás de nuestros fenotipos extendidos (Couceiro, 2006).

En este contexto, nuestra actual investigación tiene como objetivo la creación y evaluación de contenidos digitales para la difusión cultural, dentro del ámbito de la Historia Arquitectónica y Urbana, la Historia de la Ciencia y otros. Nos centramos en recuperar ejemplos de arquitectura y diseño –algunos de los fenotipos extendidos humanos más tangibles y más antiguos– en los que las combinaciones de arte y tecnologías pueden manifestar principios científicos y estéticos, estimulándose la cultura de la *Bio-lógica*. Para ello, probamos y proponemos métodos para elevar nuestras aptitudes físicas, cognitivas y emocionales, vislumbrando (*R*)evoluciones en el campo del aprendizaje (Couceiro, 2014). Apoyado en estudios significativos ya desarrollados en estos campos, se utilizan tecnologías de vanguardia de Realidad Mixta para promover el acceso universal y democrático a la cultura y la ciudadanía (Milgram, 1994).

Se puede considerar que estamos todavía en el inicio de una nueva era, definida por cambios radicales en la forma en que aprendemos. Además, es urgente encontrar formas de democratizar el conocimiento e involucrar a todos los ciudadanos del mundo de forma participativa a través de este acelerado cambio de paradigma. En este sentido, las actividades culturales y creativas son reconocidas hoy en día como uno de los factores económicos más relevantes de crecimiento y creación de empleo, especialmente en Europa, donde el turismo va de la mano de la cultura. Por lo tanto, las tecnologías visuales e interactivas innovadoras, como la RV, aplicadas a las arquitecturas y tejidos urbanos perdidos, no realizados o aún en pie, pueden proporcionar experiencias interactivas en contextos en los que los entornos contemporáneos se nutren de información digital, tanto *'in situ'* como a través de los medios de comunicación generalizados. Varios estudios demuestran que proporcionar información a través de plataformas de RV motiva a la gente a visitar lugares reales, ayudando a los viajeros en los procesos de planificación de viajes y de actividades (Forum d'Avignon y TERA consultores, 2014). Por otra parte, la reconstitución en 3D del patrimonio arquitectónico perdido o de los diseños de edificios no realizados se produce con un realismo y un detalle cada vez mayores, proporcionando experiencias que, a primera vista, eran imposibles de concebir, permitiendo viajar en el espacio y en el tiempo, transformando nuestros dispositivos portátiles en ventanas hacia narrativas nuevas o alternativas (*Ver Figura 3*).



Figura 3. Imagen compuesta por elementos escaneados (esculturas de Hodart), elementos fotografiados holográficamente y elementos modelados en 3D. Este montaje hace parte de la presentación del canal de Youtube del Proyecto de Investigación Santa Cruz 1834, donde se pueden obtener contenidos producidos en formatos dinámicos adaptables a las diversas plataformas-gafas de Realidad Virtual, móviles o mismos proyectores 3D.

Resumen metodológico

En la producción de contenidos, es posible distinguir entre las aplicaciones biónicas utilizadas en las reconstrucciones morfológicas y, por otro lado, las utilizadas en las simulaciones. No obstante, tanto para el desarrollo como para la difusión de contenidos MR basados en el Patrimonio Arquitectónico y Urbano u otros, necesitamos llevar a cabo una secuencia de etapas, con resultados específicos, útiles en innumerables campos de I+D.

La primera etapa de la investigación se inicia con la selección del patrimonio remanente, transformado o desaparecido, y también con la definición de los períodos y etapas constructivas a representar. En esta etapa, es crucial, analizar toda la información proporcionada por los expertos en el campo de la Arqueología, Historia del Arte, Arquitectura y Urbanismo.

En segundo lugar, se lleva a cabo un amplio estudio del patrimonio construido que aún se conserva, a través de nubes de puntos de alta precisión que se conjugan con precisión, con la ayuda de la Inteligencia Artificial (IA), con el fin de crear una base de datos en 3D con conocimiento de los legados arquitectónicos y urbanos.



Figura 4. eCAADe + SIGraDi 2019 - Taller del Proyecto Santa Cruz - W5, un viaje en el espacio y el tiempo basado en las tecnologías AR+VR. Una fuente renacentista y un campanario barroco (patrimonio perdido) de Coimbra y de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Oporto. Los participantes verificaron los resultados –in loco– utilizando gafas de RV y adaptadores de auriculares para *smartphones*. El entorno real –el edificio y los jardines de la FAUP de Álvaro Siza– se mezcla con elementos entrelazados del Monasterio de Santa Cruz de Coimbra, algunos de ellos transpuestos, otros recreados virtualmente.

La tercera etapa consiste en la reconstrucción digital de los elementos arquitectónicos y urbanos, según los distintos períodos de construcción y contextos históricos que se pretende recrear. En esta etapa, es fundamental cruzar la información de las encuestas con todos los datos recogidos durante la primera etapa. Es también en esta etapa cuando se programarán varios elementos 3D, con el fin de proporcionar una base de datos útil de Modelado de Información de Edificios para el Patrimonio (HBIM) (Ver Figura 5).

Junto con un repertorio 3D conciso del Patrimonio Arquitectónico y Urbano restante y perdido, se reúnen las condiciones para la cuarta etapa, definida por el uso de Realidad Mixta (MR) para desarrollar contenidos que podrán llegar a un espectro cultural diversificado de usuarios, inspirando sus interacciones con las recreaciones digitales históricas y con el contexto construido contemporáneo. En el campo de la simulación, se utilizan tecnologías avanzadas de MR, desarrollando contenidos multisensoriales, acercando el usuario al conocimiento tácito (Polanyi, 1966) (Ver Figura 6).

Con la difusión de los motores de juego (*Unreal, Unity, etc.*), los arquitectos y artistas empezaron a ver estas herramientas informáticas como vehículos privilegiados para comunicar sus ideas. Últimamente, los motores de juego demostraron ser precisos simuladores de realidades, mejorando las habilidades de sus usuarios. Así, las simulaciones virtuales operan sobre el sistema sensorial del usuario, mejorando la comprensión de procesos algorítmicos como los efectos de luz, el color, la escala y la materialidad (Ver Figuras 7, 8 y 9).

Figura 5. El proceso HBIM implica una solución de ingeniería inversa por la que los objetos paramétricos que representan elementos arquitectónicos se mapean en datos de escaneo láser o de levantamiento fotogramétrico. Se programan los genotipos de los objetos y se crean bibliotecas de objetos arquitectónicos paramétricos a partir de lo escaneado, de los manuscritos históricos y libros de patrones arquitectónicos. Estos objetos paramétricos se construyen utilizando un lenguaje de *scripting* integrado en el software BIM llamado ‘*Geometric Descriptive Language*’ (GDL). Estos objetos se combinan e integran en los modelos de nubes de puntos para construir el modelo completo (Dore & Murphy, 2012).

Figura 6. Renshaw, Sonnenfeld y Meyers propusieron, en 2016, un “Test de realidad virtual de Turing” inspirado en el juego de imitación de Alan Turing (1950). Este reto fue tomado como referencia, en el Proyecto Santa Cruz, para crear contenidos con una íntima conexión entre la información digital y las capacidades perceptivas humanas. Proporcionando una experiencia interactiva en contextos donde los elementos de la realidad se entrelazan con la información digital, se crearon entornos de Realidades Extendidas, potenciando las posibilidades del conocimiento tácito. Por consiguiente, estamos probando y preparando contenidos para utilizarlos en varias plataformas, como teléfonos inteligentes, auriculares de RV y proyectores de *video-mapping* en 3D. Por último, estamos probando software de realidad aumentada y motores de juego para ampliar la interactividad entre los modelos físicos y digitales.

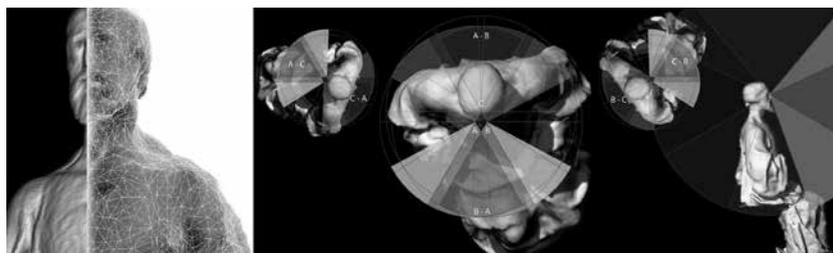
Figura 7. Elevación en 3D de una estatua a escala humana de Hodart, actualmente en el Museo Machado de Castro de Coimbra. Esta reconstitución digital se utilizó para hacer un esquema de las capturas mínimas necesarias para proporcionar un entorno 3D de RV completamente inmerso. Inicialmente, empezamos a simular nuestros entornos de Realidad Mixta con tres grados de libertad (3DoF: *pitch, yaw y roll*) optimizados para auriculares básicos de RV como Oculus Go. En la segunda etapa, empezamos a utilizar juegos de motor para simular seis grados de libertad (los 3DOF descritos anteriormente, basados en la rotación del cuello, más 3 movimientos de traslación -balanceo, cabeceo y oleaje) de acuerdo con las posibilidades de las nuevas pantallas montadas en la cabeza.



5



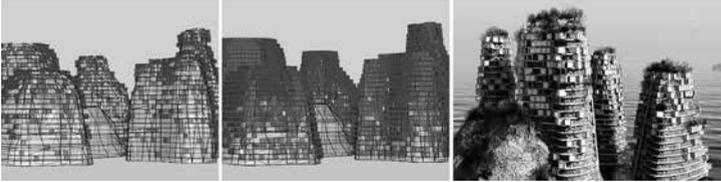
6



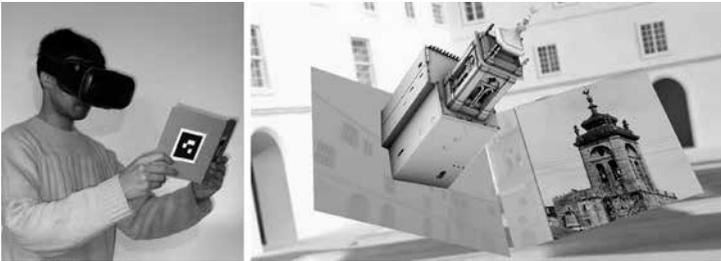
7



8



9



10

Figura 8. Una reconstitución digital en 3D hecha con Unreal Engine 4, secuencia de imágenes del ambiente interactivo del Monasterio de Santa Cruz, claustro de la Manga en Coimbra, Portugal. Realizado por Miguel P. Alberto y convertido para ambiente Unreal Engine 4 por Pedro Andrade para el Proyecto Santa Cruz - coordinación de Rui Lobo y Mauro Costa Couceiro.

Figura 9. Un modelo generativo de un barrio marginal *ciberpunk*, simulado en la bahía de Ha Long, Vietnam. Este complejo modelo se creó con una gramática de formas relativamente sencilla, aplicada como una extensión parasitaria progresiva. El modelo algorítmico de la ‘*Cyberpunk Slum*’ fue desarrollado por Tomasz Dzieduszynski y Mauro Costa Couceiro en 2015.

Figura 10. Libro VR tangible desarrollado por Jorge Ribeiro y el profesor Jorge Cardoso y una página virtual con un modelo 3D de un campanario barroco (patrimonio perdido) de Coimbra, desarrollado por António Monteiro, el profesor Rui Lobo y el profesor Mauro Costa Couceiro. La figura muestra cómo el observador puede acceder al libro virtual a través de uno físico, inspeccionando su portada y sus páginas interiores, que pueden incluir diferentes tipos de medios más allá de las imágenes estáticas y el texto. Por ejemplo, un vídeo o un audio pueden activarse cuando se muestra una página y desactivarse cuando se oculta. Algunas páginas no sólo incluyen texto e imágenes, sino también portales a lugares descritos en el contenido de la página. Si se acerca el libro a los ojos, el observador pasará por ese portal y obtendrá vistas 3D de 360° en RV de esa zona. Esto proporciona a los usuarios una interacción más instintiva para ser transportados rápidamente a través de esos entornos de RA. Asimismo, los contenidos en 3D también pueden mostrarse en un libro físico emergente, con la posibilidad añadida de incluir modelos animados en 3D.

Como ejemplo, y utilizando una referencia bastante pragmática, podemos percibir que una de las dificultades actuales de las Realidades Extendidas son la introducción de sensaciones hápticas relacionadas con la Realidad Virtual. En nuestro proyecto de investigación, la exposición del observador a las sensaciones hápticas se basa en la introducción de coincidencias físicas entre lo que se visualiza en los dispositivos de RV y el espacio físico en el que se produce la visualización. El método más sencillo consiste en pedir al observador que se siente en la misma posición en la que se realizó el estudio fotográfico estereoscópico y el escaneo láser. Asimismo, otros elementos cercanos, como paredes, columnas o mesas, se convierten en elementos de interacción física.

Aunque el enfoque sea mucho más conservador, aprovechando el entorno existente y las posibilidades hápticas, se tiene consciencia de que en un futuro próximo la introducción de sensaciones hápticas virtuales puede ayudar mucho al proceso de inmersión en la Realidad Mixta.

Se puede mencionar que recientemente se ha inventado una nueva forma de interacción háptica. Todavía no hay expectativas de cuándo se utilizará esta tecnología en dispositivos comerciales, aunque los prototipos denuncian un nuevo nivel de realismo. Según un artículo publicado recientemente por la revista *Soft Robotics Magazine*, los científicos de la Escuela Politécnica Federal de Lausana en Suiza (Harshal *et al.*, 2019) desarrollaron un material con una flexibilidad similar a la de la piel humana que, al superpuesto al cuerpo de un usuario, simula la sensación del tacto de forma más realista que las anteriores tecnologías de interacción háptica. Los cambios de presión y frecuencia en el sistema de bombeo de aire son controlados por un sensor de electrodos que sigue la respuesta de la piel a la vibración inducida y envía los datos obtenidos a un microcontrolador donde se puede regular la sensación háptica. Esta tecnología de estimulación vibratoria que permite igualar las sensaciones reales, podría ser el siguiente paso dentro de la Realidad Mixta (*Ver Figura 10*).

Observaciones prospectivas

Se destacó la convergencia de la *Bio-lógica* y de la *Tecno-lógica* en el campo de la Realidad Extendida. Más que un catálogo de intenciones y puntos de vista prospectivos, este escrito pretende ofrecer una visión general en torno a la aplicación (siempre) incompleta de los principios *biodigitales* en la arquitectura y en el diseño. Previendo futuros desarrollos tecnológicos, se realizaron experimentos con plataformas de simulación en tiempo real que permiten estudiar el espacio de forma interactiva, donde el tiempo se considera como una cuarta dimensión que añade libertad para apreciar rutas y caminos. Por lo tanto, se puede decir que los principales valores de las tecnologías de Realidad Extendida aplicadas al proyecto de investigación están relacionados con la integración de elementos digitales en la propia percepción del mundo real. Más que una simple visualización de datos, la sensación de inmersión se adquiere a través de la interacción física con los elementos del entorno, así como con la acústica real y virtual. De este modo, se pretende crear instrumentos capaces de aportar conocimiento y sabiduría –conocimiento con emociones– en la divulgación científica y cultural.

Desde una perspectiva más amplia, se puede aún comentar que vivimos tiempos sin precedentes. La actual (R) evolución cibernética y el *Choque del futuro* se enseña también de una manera atroz en el campo económico, promocionando, desde 2008, la creación de alternativas monetarias y de protección de valor. Las criptomonedas descentralizadas, asociadas a los contratos inteligentes y a los NFTs (activos digitales que representan objetos del mundo real, como arte, música, objetos de juego y vídeos que se compran y venden en línea, y suelen estar codificados con el mismo software subyacente que muchas criptomonedas) son también los primeros indicios de los cambios que vamos a presenciar rápidamente en el futuro. Estas monedas sin fronteras y sin bancos reguladores ofrecerán oportunidades y retos para el desarrollo que sólo podrán asimilarse en el marco de la consolidación de una comunidad global cada vez más transparente. El voto democrático se convierte, en este contexto, en un voto participativo y también económico, que permitirá a muchos disfrutar de opciones que hoy sólo son posibles a través del más horrendo de los votos, el que sustituye la mano por el pie, y que obliga a la condición de refugiado a muchos de los seres humanos.

En el medio de este acelerado y vertiginoso proceso de desarrollo tecnológico y de interacción íntima con el ser humano, habrá que encontrar elementos de anclaje y orientación. Es en este campo donde se percibe un espacio importante para la difusión cultural a través de los nuevos métodos de interacción Hombre/Máquina en el entorno híbrido de silicio y carbono en el que vivirá el ser humano en las próximas décadas o incluso siglos.

Notas

1. Este trabajo fue financiado por FEDER - Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional fondos a través del COMPETE 2020 - Programa Operacional de Competitividad y Internacionalización (POCI), y por fondos portugueses a través de FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia en el marco del proyecto SANTACRUZ con referencia POCI-01-0145-FEDER-030704 - PTDC / ART-DAQ / 30704/2017
2. <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Espacio/noticia/2020/06/cientistas-sugerem-existencia-36-civilizacoes-inteligentes-na-lactea.html>

Referencias

- Bryson, B. (2004). A short history of nearly everything. Toronto: Anchor Canada. pp. 453-458.
- Chomsky, N. (Nov. 29, 2019). *Noam Chomsky: Language, Cognition, and Deep Learning | Lex Fridman Podcast #53*[Video]. YouTube. <https://youtu.be/cMscNuSUy0I>
- Couceiro, M. C. (2014). Learning (r) evolution - achieving up consistency between the real and virtual world. Session 4. ISCTE IUL, Lisbon: Aproved - associação dos professores de desenho e geometria descritiva.

- Couceiro, M. C. (2006). Architecture as human phenotypic extension - an approach based on computational explorations. SIGRADI 2006: post digital: el factor humano. Santiago de Chile, University of Chile: SIGRADI 2006 - University of Chile, 56-60.
- Damasio, A. (1994). *Descartes' Error: Emotion, Reason and The Human Brain*. Ed. Crítica.
- Dore, C. and Murphy, M. (2012). Integration of Historic Building Information Modeling and 3D GIS for Recording and Managing Cultural Heritage Sites, 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia: "Virtual Systems in the Information Society", 2-5 September, 2012, Milan, Italy, pp. 369-376. doi:10.21427/e7sy-rt81
- Dawkins, R. (1982). *The extended phenotype: The gene as the unit of selection*. Oxfordshire: Freeman.
- Forum, d'Avignon and TERA, consultants (eds) (2014). *The economic contribution of the creative industries to EU GDP and employment - Evolution 2008-2011*, TERA Consultants, Paris.
- Gatti, R. C. (2006). A conceptual model of new hypothesis on the evolution of Biologia, Volume 71, Issue 3, pp. 343-351.
- Harshal, A.; Sonar, H. A.; Gerratt, A. P.; Lacour, S. P. and Paik, J. (Sep 23, 2019). *Soft Robotics*. Online Ahead of Print: <http://doi.org/10.1089/soro.2019.0013>
- Hotz, G. (2020, Oct 22). *George Hotz: Hacking the Simulation & Learning to Drive with Neural Nets | Lex Fridman Podcast #132* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=_L3gNaAVjQ4
- Renshaw, T.; Sonnenfeld, N. and Meyers, M. (2016). 'Fundamentals for a Turing Test of Virtual Reality', in, (eds), *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2016 Annual Meeting*, SAGE Journals, pp. 2113-2117.
- Rogan, J. and Fridman, L. (Oct 24, 2018). *Joe Rogan Experience #1188 - Lex Fridman* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/j5FOumrXyww>
- Lobo, R. & Couceiro, M. (2019). *Caminhos Futuros do Património Desaparecido*. Colóquio Internacional sobre reconstituições 3D de património desaparecido, Coimbra, Centro de Estudos Sociais.
- Milgram, P. and Kishino, F. (1994). A taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Trans. Inf. & Syst.* Vol. E77-D, No.12, (pp.1321-1329).
- Moore, G. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics* 38(8), 114-117.
- Musk, E. (Aug 29, 2020). *Neuralink: Elon Musk's entire brain chip presentation in 14 minutes*. [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=CLUWDLKAF1M>
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*, University of Chicago Press, Chicago, 4.
- Toffler, A. (1970). *Future shock*. New York: Bantam Books.

Abstract: Using development research (Lobo & Couceiro, 2019) as a pretext, where digital and analog realities are integrated, this article presents some less common aspects of bionic research, Extended Realities (XR) originating from the Cyborg culture. We are currently developing content, methods and technologies for the dissemination of architectural and

artistic heritage classified by UNESCO¹, exploring the intersections of natural and artificial intelligence. Foresight exercises are also developed on how cultural dissemination will be carried out and how the media will be used in the perpetuation of memory and in the progress of human knowledge.

Keywords: Genetic Code - Genetic Analogy - Artificial Intelligence - Tacit Knowledge - Mixed Reality - Digital Reconstruction - Cybernetics - Bionic Technology - Cyborg Culture

Resumo: Usando a pesquisa de desenvolvimento (Lobo & Couceiro, 2019) como pretexto, onde as realidades digital e analógica estão integradas, este artigo apresenta alguns aspectos menos comuns da pesquisa biônica, Realidades Estendida (XR) originadas da cultura Cyborg. Atualmente, estamos desenvolvendo conteúdos, métodos e tecnologias para a divulgação do patrimônio arquitetônico e artístico classificado pela UNESCO¹, explorando as interseções da inteligência natural e artificial. Também são desenvolvidos exercícios prospectivos sobre como será realizada a divulgação cultural e como os meios de comunicação serão utilizados na perpetuação da memória e no avanço do conhecimento humano.

Palavras chave: Código Genético - Analogia Genética - Inteligência Artificial - Conhecimento Tácito - Realidade Mista - Reconstrução Digital - Cibernética - Tecnologia Biônica - Cultura Ciborgue
