

# Uso combinado de simulador 3D y cámara fija de exteriores para prueba y emisión de obra artística en fachada media

F. Javier Galán-Pérez  
Universidad de Zaragoza  
jgalan@unizar.es  
<https://orcid.org/0000-0002-5396-2225>

Anna M. Biedermann  
Universidad de Zaragoza  
anna@unizar.es  
<https://orcid.org/0000-0001-8313-1628>

Néstor Lizalde-Molina  
nestorlizalde@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0006-7134-999X>

DOI: <https://dx.doi.org/10.5209/aris.103743>

Recibido: 2 de julio de 2025 / Aceptado: 13 de abril de 2026 / Publicación en línea: 16 de abril de 2026

**Resumen:** El presente artículo analiza el desarrollo y uso de un simulador 3D y la instalación de una cámara fija como herramientas técnicas y creativas en el Centro de Arte y Tecnología ETOPIA de Zaragoza (España), equipamiento que surgió como parte del distrito tecnológico "Milla Digital" y que buscaba, entre sus objetivos, el integrar la innovación tecnológica con la expresión artística, especialmente a través de la fachada media del edificio. Se detalla la implementación de un sistema de simulación y supervisión remota que facilita la previsualización de contenidos, optimizando su emisión posterior. Además, se examinan los desafíos técnicos y conceptuales enfrentados por los artistas en el uso de este soporte híbrido, destacando las obras presentadas durante el V Congreso Iberoamericano de Cultura del año 2013. El artículo evalúa el impacto del proyecto en el ámbito cultural y tecnológico, enfatizando sus contribuciones al arte digital emitido en fachada media y su potencial para redirigir narrativas urbanas en un contexto dominado por lo smart y la smart city.

**Palabras clave:** simulador 3D, fachada media, arte digital, nuevos medios, ETOPIA

(Eng.) Combined use of 3D simulator and fixed outdoor camera for testing and broadcasting of artistic work on a media facade

**Abstract:** This article analyses the development and use of a 3D simulator and the installation of a fixed camera as technical and creative tools at the ETOPIA Centre of Art and Technology in Zaragoza (Spain), a facility that emerged as part of the "Digital Mile" technology district and which sought, among its objectives, to integrate technological innovation with artistic expression, especially through the building's media facade. The implementation of a remote simulation and monitoring system that facilitates the preview of content, optimising its subsequent broadcast, is detailed. In addition, the technical and conceptual challenges faced by artists in the use of this hybrid medium are examined, highlighting the works presented during the 5th Ibero-American Congress of Culture in 2013. The article evaluates the impact of the project in the cultural and technological field, emphasizing its contributions to digital art broadcast on media facades and its potential to redirect urban narratives in a context where smart and smart city prevails.

**Key Words:** 3D simulator, media facade, digital art, new media, ETOPIA

**Sumario:** 1. Introducción. Aspectos en el diseño de una fachada media. 2. Metodología. 3. El proyecto de la Milla Digital. 4. Evolución hasta la fachada media del Centro de Arte y Tecnología ETOPIA. 5. El V Congreso Iberoamericano de Cultura. 6. Interfaz y soporte técnico. 7. Simulador 3D. 8. Instalación de una cámara Wi-Fi de control de emisión en la Avenida Ciudad de Soria. Extensión del simulador 3D para una supervisión real. 9. La exposición “Estrategia y táctica. Esquinas fluorescentes”. 10. Conclusiones. Referencias

**Cómo citar:** Galán-Pérez, F. J., Biedermann, A. M. & Lizalde-Molina, N. (2026). Uso combinado de simulador 3D y cámara fija de exteriores para prueba y emisión de obra artística en fachada media. *Arte, Individuo y Sociedad*, publicación en línea, 1-13. <https://dx.doi.org/10.5209/aris.103743>

## 1. Introducción. Aspectos en el diseño de una fachada media

La fachada de un edificio es mucho más que una simple capa exterior que separa y protege el interior del exterior. Es la representación visual de un edificio en el espacio público. Da forma tanto al papel social como cultural del edificio, determinando cómo se percibe el edificio y su entorno (Bullivant, 2006). De igual forma, presenta una multiplicidad de variables en cuanto a construcción, tecnología, capacidades y alcance. Esta diversidad exige procesos y herramientas de desarrollo adaptados a cada entorno específico. Además, las fachadas media<sup>1</sup> varían en tamaño, ubicación, posibles ángulos de visión y factor de forma. Dado que están integradas en la arquitectura del edificio que las alberga, a diferencia de las pantallas públicas situadas, las fachadas media pueden tener factores de forma tridimensionales arbitrarios (Gehring, Hartz, Löchtefeld, & Krueger, 2013). Además, parece lógico afirmar que las dimensiones reales y las características técnicas que poseen las fachadas media impiden realizar prototipos a escala física para el testeo de contenidos antes de su emisión.

En general, durante el proceso de desarrollo e implementación de aplicaciones para fachadas media, nos enfrentamos a los desafíos descritos por Dalsgaard y Halskov, quienes definen a las fachadas media como una categoría dentro de la informática urbana, relacionada con la integración de pantallas en el entorno construido, incluidos edificios y mobiliario urbano (Dalsgaard & Halskov, 2010, p. 2277), quedando tales desafíos inscritos en la línea temporal desde el diseño de la fachada media hasta la construcción del edificio que la obtenga y su puesta en marcha real. Tales desafíos son: interfaces, integración física, robustez, contenido, particulares interesados, situación, relaciones sociales y uso emergente. En el caso de las interfaces, el equipo investigador compuesto por Stuerzlinger, Chapuis, Phillips y Roussel (2006, p. 309) apuntan a que las “adaptadas por el usuario” o las diseñadas ad hoc, son las más apropiadas para alcanzar los máximos resultados posibles en lo referente a la imagen y/o vídeo a emitir.

Al respecto de su integración en estructuras físicas, las fachadas media son elementos gigantográficos relacionados habitualmente con una presencia de lo excesivo, en espacios superados por su propia iconicidad como Times Square en Manhattan o Hachikō Crossing en Shinjuku, por lo que su instalación en emplazamientos objeto de un desarrollo inmobiliario, como la Milla Digital de Zaragoza objeto del presente estudio, acaba siendo indivisible con la propia necesidad urbanística, normalizando por tanto el uso del hecho cultural por parte de lo público o lo privado para la apreciación en positivo de activos de bienes inmuebles. En lo relativo a la robustez y estabilidad, la generalización de sistemas basados en diodos LED en las fachadas media ha incrementado su fiabilidad operativa. La regularidad estructural derivada del pixel pitch (distancia entre LEDs) y la emisión de vídeo en baja resolución contribuyen a optimizar el mantenimiento del sistema.

---

<sup>1</sup> En este artículo se emplea el término “fachada media” como nombre compuesto consolidado en la literatura especializada en arquitectura y arte digital, adaptación directa del anglosajón *media façade*. Se utiliza como compuesto nominal con segundo elemento invariable en singular y plural (“fachada media” / “fachadas media”), conforme a su uso mayoritario en la bibliografía del ámbito.

Llegando al desarrollo de contenidos adaptados al medio, éstos se enmarcan en dos grandes grupos: Aquellos que se orientan en “trabajar para el ornamento de una ciudad por venir con la tecnología como aglutinante, o en la de trabajar para recuperar la ciudad de las manos de quienes, además, dicen tener la tecnología,” (Galán Pérez, 2021, p. 229), que equivale a desarrollar contenidos para las fachadas media o desarrollar las fachadas media para los contenidos. Uno u otro aspecto difieren en que, en uno de los dos, la práctica artística se ve mucho más afectada que en el otro. En cualquier caso, Dalsgaard y Halskov hablan claramente de contenidos adaptados al medio y no lo contrario, por lo que nos encontramos en que las fachadas media presentan al arte un problema de origen: Adaptarse o no ser mostrados en el medio.

A la hora de alinear a las partes interesadas tales como particulares, empresas e instituciones, destaca el hecho de que los intereses, superpuestos sobre un mismo medio, confluyen en el propio uso de fachadas media: El grado de luminancia, el horario de emisiones o la temática de los contenidos pueden ser positivo para unos y negativo para otros. Si bien, Dalsgaard y Halskov plantean la problemática antes de la construcción del Centro de Arte y Tecnología de Zaragoza, donde la propiedad era al 100% del Ayuntamiento de Zaragoza, lo que en teoría despejaría las dudas sobre quién o quiénes decidirían sobre el uso de esa fachada media.

Al respecto de la diversidad de situaciones, baste añadir que la construcción de una fachada media, especialmente donde antes no había nada parecido (pantallas digitales en el espacio urbano, p. e.) conlleva siempre una afección sobre lo que ya estaba: el vecindario, los negocios próximos o las instituciones presentes en la zona se verán afectadas de una u otra forma, a sumar que la vida de las ciudades varía también en función de la época del año, la climatología, etc. Por ello, a la hora de diseñar las fachadas media se debería realizar prototipos de su funcionamiento más allá de renders o los propios proyectos de ejecución del edificio, a beneficio del vecindario y del propio equipamiento. Sin embargo, no consta proyecto alguno donde esto haya sido así.

Sobre la interactividad en las fachadas media, la mayoría de los experimentos realizados buscan evaluar su eficacia inicial y mejorar la experiencia, considerando que los movimientos de las personas responden a un “comportamiento social” previsto en el diseño. A menudo se cita el trabajo de Goffman respecto al comportamiento en espacios públicos, donde la interacción sigue reglas específicas, distintas de las normas sociales generales. Según Goffman, cuando dos o más personas coinciden en un lugar público, surge una situación social en la que su comportamiento adquiere un carácter comunicativo e interactivo (Goffman, 1966, pp. 193-218).

Dalsgaard y Halskov consideran imposible un control absoluto en el diseño de fachadas media y sostienen que un diseño que contemple usos emergentes e imprevistos tendrá más éxito. Ven como positivo que interfaces, fachadas y edificios puedan adaptarse dentro de ciertos límites físicos u operacionales (Dalsgaard & Halskov, 2010). Así pues, las fachadas media funcionan como un espacio de experimentación técnica en interactividad, donde se manejan datos obtenidos en la fase de diseño y se traducen en respuestas visuales o electromecánicas. Este campo tecnológico opera con un enfoque inmediato, dado el ritmo acelerado de investigación, publicación y producción, lo que influye en su desarrollo y aplicación.

## **2. Metodología**

El artículo adopta un enfoque de estudio de caso aplicado centrado en la fachada media del Centro de Arte y Tecnología ETOPIA (Zaragoza). El diseño metodológico se sitúa en el cruce

entre investigación tecnológica e investigación–creación, incorporando un necesario desarrollo instrumental propio y su validación empírica en entorno urbano real.

La estrategia metodológica se estructuró en tres fases interrelacionadas. En primer lugar, se realizó un análisis técnico del soporte arquitectónico y lumínico, atendiendo a resolución efectiva, disposición angular de los paños, pixel pitch, condiciones ambientales y ángulos de visión predominantes para poder delimitar las restricciones operativas del sistema y establecer los parámetros de simulación. En segundo lugar, se desarrolló un entorno de simulación paramétrica mediante prototipado iterativo en lenguaje Pure Data. El simulador 3D reprodujo la geometría básica de la fachada y posibilitó el ajuste en tiempo real de variables visuales, funcionando como herramienta de previsualización técnica previa a la emisión física. Y en tercer lugar, se implementó un sistema de validación in situ basado en supervisión remota mediante cámara IP con conectividad inalámbrica. Este dispositivo permitió contrastar la simulación virtual con el comportamiento real de la fachada bajo condiciones variables de iluminación y perspectiva urbana.

La residencia artística desarrollada en el marco del V Congreso Iberoamericano de Cultura (2013) operó como fase experimental controlada. Durante esta etapa se aplicó el sistema en un contexto de producción real, con pruebas iterativas de emisión, ajuste paramétrico y observación directa y remota. La documentación incluyó registros de interfaz, capturas de emisión y seguimiento visual externo con el objetivo ulterior de configurar un protocolo técnico reproducible a futuro.

En relación con los criterios de evaluación, se definieron métricas técnicas y perceptivas destinadas a verificar la correspondencia entre simulación y emisión real. Entre las variables técnicas se consideraron la estabilidad de señal y transmisión, la correspondencia cromática entre entorno virtual y fachada física, la uniformidad lumínica entre paños, la latencia en la visualización remota y la consistencia en la sincronización de contenidos. Desde el plano perceptivo se evaluaron la legibilidad a distintas distancias y ángulos de visión, el comportamiento del contraste en condiciones nocturnas variables y la claridad formal en baja resolución. El análisis se realizó mediante observación directa, supervisión remota y comparación sistemática entre entorno simulado y emisión efectiva.

## **2. El proyecto de la Milla Digital**

En 1992 el tren de alta velocidad (AVE) inició su andadura en España con la línea Madrid-Sevilla, coincidiendo con eventos de proyección internacional como los Juegos Olímpicos de Barcelona y la Expo de Sevilla. Este esfuerzo por modernizar infraestructuras también implicó profundas transformaciones urbanísticas, como la construcción de nuevas estaciones adaptadas a los estándares del tren de alta velocidad de España. Aquel mismo año, en la ciudad de Zaragoza se vivió un momento clave con la celebración de la Bienal de Arquitectura y Urbanismo y la exposición *AVE, Zaragoza, Ebro*, donde se exploraron propuestas para equipamientos como la futura estación de alta velocidad en el distrito de Delicias. “Esta exposición, que fue auspiciada por la Universidad de Zaragoza y por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, se clausuró con una mesa redonda en la que especialistas y diferentes autoridades municipales, de RENFE y del Ministerio de Obras Públicas debatieron públicamente en una mesa redonda sobre el futuro de las líneas de Alta Velocidad en España y en Zaragoza” (Arranz, 2002, s.p.). En 2003 y tras varios retrasos se inauguró la línea Madrid-Zaragoza-Lleida, junto con la nueva Estación Intermodal de Delicias, que reemplazó a la histórica estación del Portillo. Aquel cambio liberó más de 100 hectáreas de terreno que abrieron las puertas al ambicioso proyecto de la Milla Digital: un nuevo distrito diseñado para impulsar la innovación tecnológica y la regeneración urbana.

Así, la Milla Digital nació como una apuesta por el futuro con el respaldo en su momento de instituciones como el MIT y empresas tecnológicas como la española Telefónica y la alemana Siemens. Se plantearon objetivos estratégicos: fomentar la creatividad profesional, difundir nuevas tecnologías y crear un entorno completamente digital. El proyecto incluía viviendas equipadas con la última tecnología, redes de alta velocidad y espacios diseñados como “living labs” para experimentar con soluciones urbanas inteligentes. Además, se previó la construcción de un Centro de Arte y Tecnología, que más tarde sería conocido como Etopia, para fusionar el arte y la innovación tecnológica. Sin embargo, este ambicioso plan encontró un obstáculo inesperado con la crisis financiera de 2007-2008. El colapso del sector inmobiliario en España, simbolizado por la suspensión de pagos de Martinsa-Fadesa, impactó gravemente las inversiones privadas previstas en la Milla Digital. En 2008, el por aquel entonces alcalde de Zaragoza, Juan Alberto Belloch, reconoció que la crisis retrasaría su desarrollo, y muchos de los objetivos y planteamientos iniciales quedaron en el aire o directamente suprimidos.

A pesar de estos contratiempos, la construcción del Centro de Arte y Tecnología avanzó, pero no estuvo exenta de problemas. El proyecto, diseñado desde una perspectiva global, no involucró a los artistas locales hasta 2012, cuando éste ya estaba casi finalizado. Las primeras reuniones con el sector artístico revelaron un desajuste entre las expectativas locales y la visión del proyecto. Los artistas destacaron la necesidad de procesos más ágiles y capacitación técnica, mientras que la Milla Digital promovía un arte funcional vinculado a las smart cities. Este desencuentro evidenció la desconexión entre las grandes aspiraciones del proyecto y las realidades del contexto local. Las smart cities se revelaron como un eslógan eficaz, pero no funcionaban como un marco de trabajo del que partir. Aquel desajuste permanecería hasta el cierre del centro decretado en 2023 por la alcaldesa Natalia Chueca.

Aunque muchas de las promesas de la Milla Digital no se materializaron como se esperaba, el proyecto dejó un legado importante en la transformación urbana de Zaragoza. Las infraestructuras construidas, como la estación intermodal y los espacios tecnológicos, han contribuido a modernizar la ciudad y a posicionarla como un referente de innovación en España, aunque el impacto real de su componente cultural y artístico siga siendo objeto de debate.

### **3. Evolución hasta la fachada media del Centro de Arte y Tecnología ETOPIA**

El uso de iluminación arquitectónica en Zaragoza se remonta a mediados del siglo XX, con letreros de neón que adornaban calles céntricas de la ciudad como la calle Alfonso I y la Plaza de España. Sin embargo, la incorporación de fachadas media como elementos digitales y artísticos no comenzó hasta el siglo XXI, con proyectos como el DHC (District Heating & Cooling) y el pabellón de África en la Expo 2008.

El edificio DHC, diseñado por el arquitecto Iñaki Alday, integra una fachada inclinada que muestra datos energéticos y arte visual. Su primera intervención, “Intercambio”, de Eulalia Valldosera, simbolizaba los procesos internos de la central de trigeneración de energía, pero enfrentó críticas por la luminosidad y el contenido de las emisiones. A pesar de ello, se convirtió en una obra destacada que permaneció activa incluso tras la clausura de la Expo. Por su parte, el pabellón de África utilizó hileras de LEDs para representar paisajes y figuras de los catorce países participantes. Aunque su estructura fue desmontada tras la Expo, una parte de su fachada fue cedida a la Sociedad Expo 2008 y permanece almacenada, a la espera de un uso futuro.

Otro hito destacado de la Milla Digital fue el Digital Water Pavilion (DWP), diseñado por Carlo Ratti para la Expo 2008. Este edificio incorpora una fachada electromecánica que controla cortinas de agua para generar formas y letras mediante válvulas digitales. Aunque inicialmente funcionó como punto de información, el DWP ha experimentado múltiples usos a lo largo de los años, desde aulas informáticas hasta laboratorios de fabricación. Actualmente, se proyecta que su futuro esté vinculado al desarrollo de tecnologías de movilidad, en

consonancia con el proyecto *Mobility City* del Pabellón Puente, edificado también con motivo de la Expo 2008.

Y por fin, el Centro de Arte y Tecnología, que se sitúa estratégicamente en el barrio de la Almozara, junto a la estación intermodal de Delicias, el Digital Water Pavilion y otros equipamientos como el edificio Cero Emisiones (CIEM). Este conjunto de edificios formaba parte del proyecto de distrito tecnológico de la Milla Digital. Desde su posición, ETOPIA simboliza la entrada occidental a Zaragoza y conecta con los barrios más cercanos, La Almozara y Delicias, este último siendo el más populoso de la ciudad. Inaugurado en 2013 como un espacio de referencia en la innovación y la creación artística, entre sus elementos más representativos su fachada media de luces LED. La fachada de ETOPIA, fabricada por Phillips, modelo iColor Flex, cubre las caras oeste y sur del edificio. Con una resolución de 268 x 63 píxeles distribuidos en más de 8.000 LEDs, es visible desde más de un kilómetro de distancia, destacando en el skyline nocturno del oeste de Zaragoza. Este sistema funcionaba mediante un rack operado desde un ordenador que reproducía contenidos a través de un software sencillo como VLC, lo que permitía emisiones básicas y funcionales.

A pesar de los retos y las expectativas incumplidas, estos elementos arquitectónicos y tecnológicos han dejado una huella significativa en Zaragoza, posicionándola como un referente de innovación urbana en España.

#### **4. El V Congreso Iberoamericano de Cultura**

El 20 de noviembre de 2013, Zaragoza acogió el V Congreso Iberoamericano de Cultura, organizado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, la Secretaría General Iberoamericana, el Gobierno de Aragón, el Ayuntamiento de Zaragoza y la Organización de Estados Iberoamericanos. Bajo el lema “Cultura digital. Cultura en red”, el evento abordó los principales retos de la cultura en el ámbito iberoamericano. Paralelamente, marcó el lanzamiento oficial del Centro de Arte y Tecnología, conocido ya por aquel entonces como ETOPIA, cuya fachada media había sido incorporada como mejora del proyecto arquitectónico. Con motivo del congreso, el Ayuntamiento de Zaragoza impulsó un proyecto artístico innovador, seleccionando un grupo de artistas para trabajar con la fachada media de Etopia. Tras un diálogo con la Fundación Zaragoza Ciudad del Conocimiento, encargada de los contenidos del nuevo centro, se seleccionaron nueve artistas que desarrollaron obras específicas para aquel nuevo soporte.

El proyecto de la fachada media se enmarcó en el programa comisariado por Javier Galán bajo el título *Estrategia y Táctica. Esquinas Fluorescentes*. Este encabezado resumía la visión del proyecto: partir del análisis conceptual y físico del medio para explorar nuevas posibilidades artísticas. El nombre hacía referencia a dos niveles de trabajo: Estrategia y Táctica, como metáfora de una ruptura simbólica con las estructuras fijas del medio, y Esquinas Fluorescentes, en alusión a la naturaleza lumínica y cambiante de la fachada.

En lo referente al enfoque conceptual, es decir, desestabilizar lo estático, el objetivo central del proyecto fue trabajar sobre el carácter rígido y prefabricado de las fachadas media. Inspirándose en los orígenes de este soporte, los artistas buscaron integrar dinámicas circundantes: subculturas, usos cotidianos, peligros y obsesiones digitales. Estas exploraciones se llevaron a cabo utilizando herramientas tecnológicas de código abierto que permitieron romper jerarquías y abrir posibilidades futuras. En lo referente al enfoque técnico, se buscó la adaptación a un medio inexplorado cuyo reto técnico fue igualmente significativo, ya que ningún integrante del equipo artístico gestor había trabajado previamente con una fachada media de estas características. Antes de su llegada, y aspecto central del presente artículo, fue el que se desarrollaran herramientas personalizadas que permitieran a profesionales artísticos el implementar sus proyectos con garantías.

## **5. Interfaz y soporte técnico**

Las fachadas media presentan retos únicos, superando las exigencias de diseño tecnológico tradicional. En este caso, el sistema básico del edificio (una entrada DVI conectada a un PC con VLC) fue insuficiente para satisfacer las necesidades del trabajo artístico, por lo que el artista de nuevos medios Néstor Lizalde diseñó un “sistema invitado” que sirvió como plataforma de soporte. Este sistema, además de ofrecer herramientas creativas, estaba preparado para las condiciones extremas del clima continental de Zaragoza, con temperaturas nocturnas muy bajas durante los meses de invierno. Entre sus características destacaron: a) Panel de control: permitía gestionar emisiones de vídeo e imágenes fijas, ajustar brillo, contraste y saturación, y programar encendidos y apagados, b) Simulador 3D: creado en lenguaje Pure Data, recreaba las condiciones reales de la fachada tales como perspectiva, distancia entre píxeles y resolución limitada, facilitando ensayos digitales previos, c) Cámara IP: permitía supervisar y realizar emisiones en streaming de las pruebas y contenidos en la fachada, d) Tarjeta capturadora de vídeo: compatible con señales analógicas y digitales, conectaba dispositivos externos al sistema y e) Una estación de trabajo: conectada al rack de la fachada, ofrecía acceso remoto y un conjunto de periféricos para mayor versatilidad.

El sistema invitado dispuso un flujo de trabajo técnico que permitía ensayar proyectos de manera virtual antes de su proyección real. Un artista podía cargar su obra en el simulador 3D, visualizarla en condiciones similares a las de la fachada real y ajustar parámetros visuales como brillo, saturación o contraste. El simulador también permitía controlar cada una de las dos pantallas de la fachada media de manera independiente o sincronizada. Tras las pruebas digitales, el contenido pasaba a proyectarse en la fachada real. Además, la cámara Wi-Fi cercana facilitaba la supervisión en tiempo real y ayudaba a detectar errores de manera inmediata. Esto garantizaba el éxito de la emisión y permitía realizar ajustes de última hora.

## **6. Simulador 3D**

Las condiciones ambientales que se dan en el ámbito del Centro de Arte y Tecnología de Zaragoza, con inviernos fríos y secos, dificultan en gran medida poder realizar pruebas al aire libre de forma prolongada. De este modo, una solución que desde el ámbito del diseño multimedia y la simulación interactiva fue un simulador 3D desarrollado en lenguaje Pure Data, el cual resultaría ser una herramienta eficaz para la previsualización de vídeos emitidos desde una fachada media. Con una interfaz bien estructurada y funcionalidad rica en detalles, el sistema permitía al usuario cargar vídeos y manipular parámetros visuales que se desplegaban sobre una maqueta virtual de la fachada media del Centro de Arte y Tecnología, la cual consta de dos paños dispuestos en un ángulo recto. Este enfoque convertía al simulador en una herramienta versátil para explorar y ajustar proyectos visuales para fachada media antes de implementarlas en su entorno real.

La interfaz de usuario fue diseñada cuidadosamente, con una clara segmentación de controles y áreas visuales, utilizando elementos gráficos como `cnv` (canvas) para delinear las diferentes secciones funcionales. Destacan las áreas etiquetadas como VIDEO y PANTALLA\_A+B, que son los paneles principales para la visualización de los vídeos a emitir con posterioridad. Estas áreas no solo simulan la disposición tridimensional de la fachada, sino que también permiten una manipulación precisa de las características visuales de los vídeos cargados, incluyendo parámetros como el contraste, la saturación y la transparencia. Además, cada paño de la fachada puede controlarse de manera individual o como parte de una composición general, aportando flexibilidad al diseño y facilitando la experimentación con distintos efectos visuales.

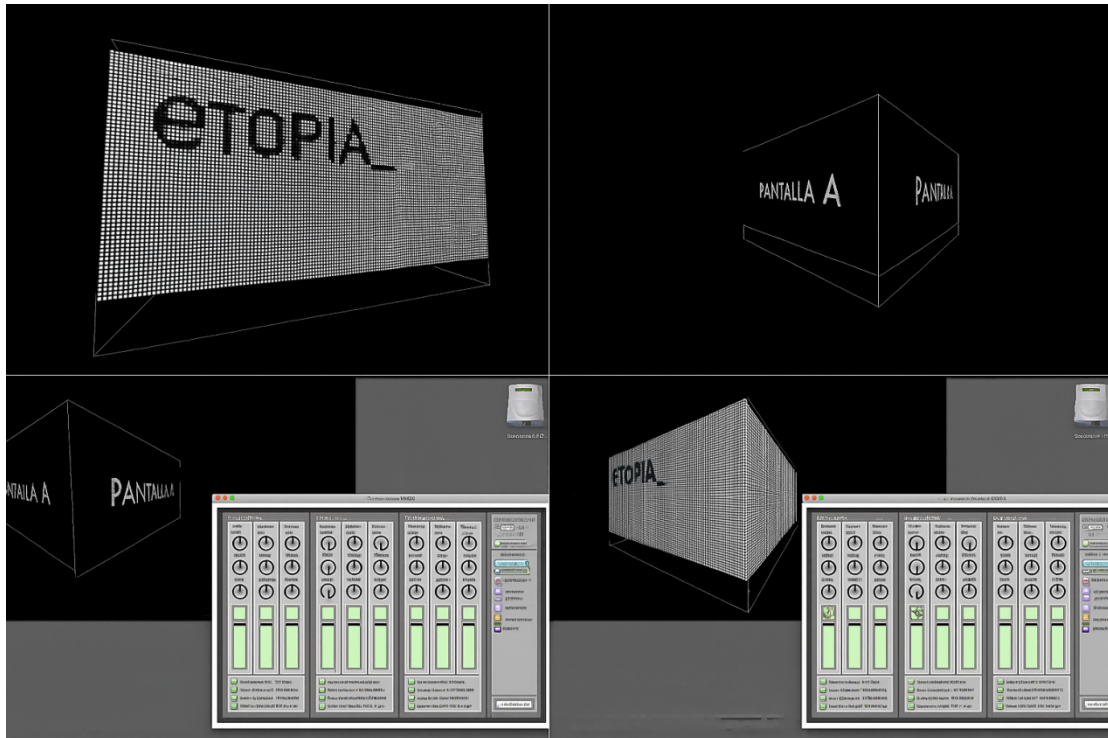


Figura 1. Diferentes momentos en el uso del simulador 3D. Autor: Néstor Lizalde Molina.

Para operar el simulador, la interfaz ofrecía una variedad de controles dinámicos. Los potenciómetros, representados como controles rotativos (knob), permitían al usuario ajustar aspectos como el contraste y la saturación de manera intuitiva. Por ejemplo, el control `contraste_A+B1` modulaba el contraste de la salida visual combinada de los dos paños, mientras que `saturacion_A+B1` ajustaba la intensidad del color. Estos ajustes se reflejaban en tiempo real en las áreas de visualización, proporcionando una retroalimentación inmediata al usuario. Por otro lado, los deslizadores verticales (vsl) cumplían una función esencial en la manipulación de parámetros más específicos, como la transparencia, a través del control `alphaVideo_A+B`. Esta capacidad de ajustar la opacidad permitía simular cómo interactúan las proyecciones con la arquitectura física de la fachada, considerando variables como la intensidad lumínica y el contraste del entorno. Los botones de alternancia (tgl) y los botones simples (bng) añadían una capa de control interactivo más. Los primeros funcionaban como interruptores para activar o desactivar funciones clave, como la proyección de vídeo en un paño específico (`video_A` o `video_B`) o en ambos simultáneamente (`video_A+B`). Por su parte, los botones como `cargarVideo_A` facilitaban la carga de contenido multimedia directamente en el simulador, asignando vídeos específicos a cada área de proyección. Esta integración simplificaba el flujo de trabajo, permitiendo al usuario probar diferentes configuraciones de vídeo de forma rápida y eficiente.

La estructura del simulador destaca también por su diseño modular, donde cada panel de la interfaz opera de manera independiente. Esto permitía controlar las emisiones en los paños de la fachada de forma autónoma o combinada. Esta capacidad resultaba particularmente útil en aplicaciones donde las imágenes proyectadas deben adaptarse a las geometrías individuales de cada paño, pero también mantener una coherencia visual cuando se visualizan como un conjunto integrado. Además, la interfaz está acompañada de una documentación interna basada en etiquetas (cnv), que explican claramente las funciones de cada control, facilitando el uso incluso para operadores sin experiencia previa en Pure Data. Aunque el simulador no estaba diseñado para generar modelos tridimensionales, su capacidad para cargar vídeos sobre una maqueta virtual en 3D lo convierte en una herramienta valiosa para la planificación de instalaciones de proyección. Sin embargo, es importante señalar que no se disponía de

elementos directamente relacionados con gráficos 3D avanzados, como objetos GEM u OpenGL. Esto es así porque el sistema se enfocaba exclusivamente en la simulación de contenido proyectado en una maqueta preconfigurada, en lugar de ofrecer herramientas para crear y modificar modelos tridimensionales dentro del entorno de Pure Data.

En términos de usabilidad, la interfaz del simulador construido por Lizalde combinaba accesibilidad y robustez, con un diseño que priorizaba la interacción directa y la retroalimentación inmediata. Las etiquetas descriptivas organizaban los controles en secciones lógicas, mientras que los ajustes en tiempo real y la facilidad para cargar contenido brindaban una experiencia fluida al usuario, dejando un área de mejora como podría haber sido la inclusión de controles adicionales para gestionar múltiples archivos de vídeo o explorar formatos avanzados de proyección, aspectos que se verían cubiertos en simuladores posteriores como la sala virtual de ETOPIA.

El Simulador 3D constituyó una herramienta potente para explorar y ajustar la proyección de vídeos sobre la fachada media del Centro de Arte y Tecnología, brindando un entorno flexible y detallado para experimentar con las características visuales de las proyecciones antes de llevarlas al espacio físico. Su interfaz intuitiva y las múltiples opciones de personalización lo posicionaron como una solución ideal para diseñadores y artistas interesados en integrar contenido multimedia en instalación arquitectónica multimedial de Etopia pero, ¿era posible insertar alguna obra física de mejora como paso lógico inmediatamente posterior al testeado de vídeo en el simulador?.

## **7. Instalación de una cámara Wi-Fi de control de emisión en la Avenida Ciudad de Soria. Extensión del simulador 3D para una supervisión real**

La implementación de una cámara Wi-Fi supuso un esfuerzo que buscaba no solo expandir las pruebas realizadas previamente con el simulador 3D, sino también habilitar un sistema práctico para observar en tiempo real la emisión de los contenidos en la propia fachada media. Esta instalación integró las suficientes consideraciones técnicas, las herramientas especializadas y la adaptación de infraestructura existente para cumplir con los requisitos del proyecto. Con una intervención de escaso impacto en lo visual, que constaba de una cámara de videovigilancia profesional equipada con conectividad Wi-Fi, una caja de conexiones estancas para albergar los sistemas de alimentación y transmisión, y una antena externa para optimizar la recepción de señal completaba la técnica, asegurando tanto la durabilidad de la instalación como su funcionalidad bajo las condiciones ambientales de un entorno exterior.

La instalación propiamente dicha comenzó con la colocación de la cámara y su equipo asociado en una farola estratégica en la avenida Ciudad de Soria. Esta ubicación fue seleccionada debido a su ángulo de visión hacia la fachada media del Centro de Arte y Tecnología, de forma que cumpliera con normas regulatorias de uso de cámaras en espacio público al estar dirigida únicamente a la fachada sin sobresalir de sus contornos. Se accedió a la parte superior de farola mediante una canasta articulada, desde donde se pudieron montar cámara y caja estanca con los dispositivos de alimentación y transmisión. Este paso resultó crítico para proteger los equipos electrónicos frente a las inclemencias del clima, además de mantener la integridad del sistema durante períodos prolongados de operación.

Una vez que la cámara estuvo asegurada, se procedió a su configuración inicial y al ajuste de parámetros para establecer el enfoque, el encuadre y la calidad de la transmisión de vídeo, garantizando que las imágenes captadas reflejaran con precisión los contenidos emitidos desde la fachada media. En términos de funcionalidad, esta instalación ofrecía varios beneficios esenciales para el proyecto. Primero, permitía realizar una supervisión remota de las proyecciones, descartando la necesidad de presencia constante en el lugar. Además, la cámara proporcionaba una retroalimentación en tiempo real que era crucial para ajustar las proyecciones de vídeo desde el simulador 3D a las condiciones reales del entorno. Esto

aseguraba una correcta alineación de los contenidos, así como una evaluación efectiva de la calidad visual en condiciones variables de luz y perspectiva.

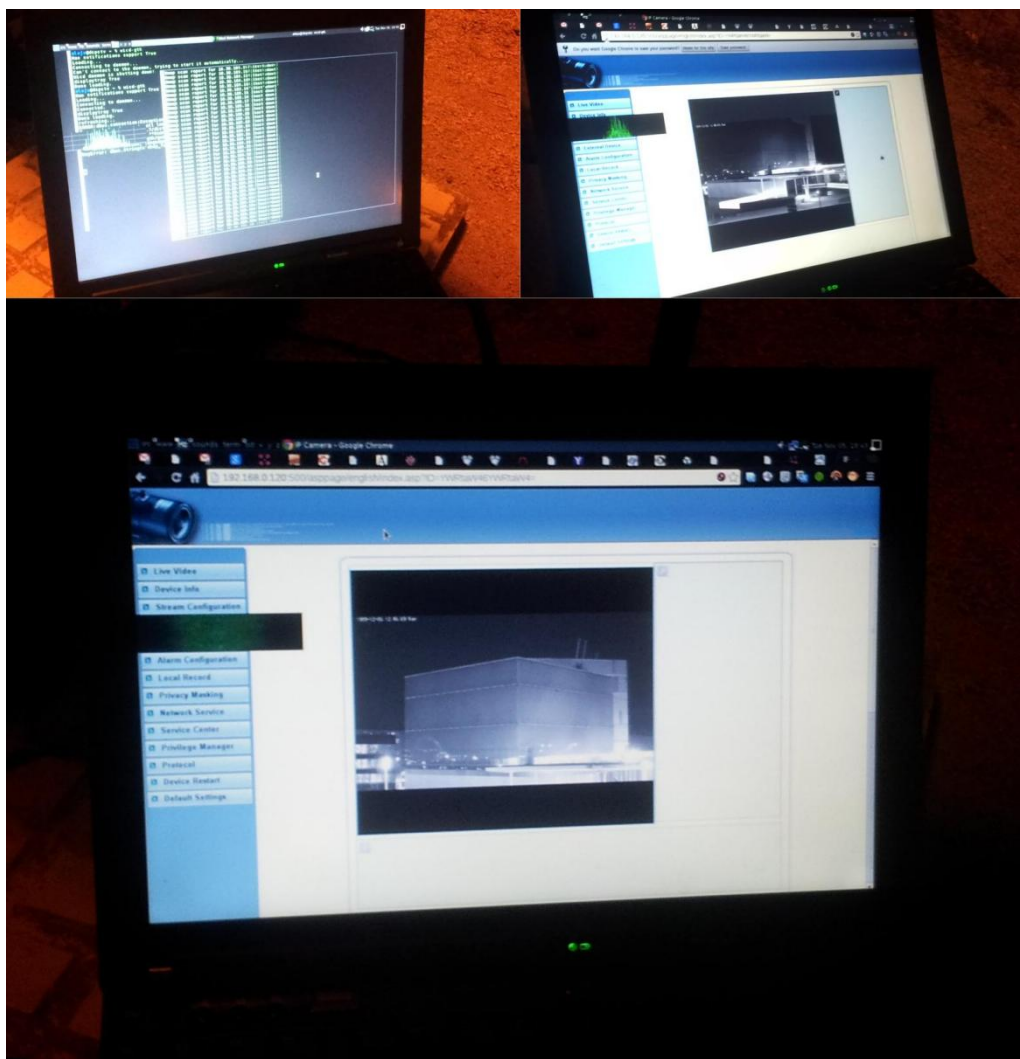


Figura 2. Diferentes momentos en el uso de la interfaz, donde se muestra una captura en tiempo real de la fachada mediante la conexión y transmisión inalámbrica de vídeo desde la cámara hasta el dispositivo receptor. Autores: Néstor Lizalde Molina y Francisco Javier Galán Pérez.

El proyecto también implicó desafíos técnicos significativos. Entre ellos, la integración de la cámara con un sistema Wi-Fi robusto en un entorno urbano, donde las interferencias de señal pueden ser comunes. La inclusión de una antena externa ayudó a solventar este problema, maximizando la estabilidad de la transmisión de datos. Otro reto fue garantizar que la alimentación eléctrica de los equipos fuera confiable, lo que se logró mediante la conexión directa al sistema de suministro de la farola. En cuanto a la configuración, se configuró la cámara IP a través de una interfaz de navegador web, accediendo mediante una IP predeterminada en una red local. Este proceso implicaba la creación previa de una red específica en el ordenador para establecer comunicación con el dispositivo. Posteriormente, se planeaba enlazar el punto de acceso de la farola al nodo de Milla Digital, habilitando así el acceso remoto mediante una dirección pública. Esta última acción requería colaboración con los responsables de la red para abrir un puerto específico que asegurara una conexión segura y funcional. El planteamiento técnico, que incluía acceder a la cámara mediante una dirección IP pública específica, destacaba la necesidad de coordinar múltiples niveles de configuración, desde la red local hasta la infraestructura global.

La instalación de la cámara Wi-Fi en la avenida Ciudad de Soria se quiso consolidar como una extensión lógica y necesaria del simulador 3D desarrollado para la fachada media del Centro de Arte y Tecnología. Este sistema no sólo proporcionó una herramienta eficaz para observar las emisiones en tiempo real, sino que también facilitó la transición de las pruebas virtuales a la realidad física.

#### 8. La exposición *Estrategia y táctica. Esquinas fluorescentes*

El cronograma propuesto por el comisario contempló una intensa semana de trabajo para los diez artistas en régimen de residencia, equilibrando tiempos de producción. Las dos primeras jornadas se dedicaron a pruebas con la fachada, permitiendo que desde el inicio se pudieran detectar problemas técnicos. A partir del tercer día, los artistas contaron con tiempo para afinar sus proyectos, disponiendo de dos horas diarias de emisión para evaluar resultados. Las propuestas desarrolladas para la fachada media en Etopia evidencian su potencial como un medio artístico híbrido, donde converjan tecnología, arquitectura y narrativa visual. Los proyectos presentaron enfoques que van desde la poesía visual hasta la programación compleja, dejando líneas claras para futuras investigaciones y ampliando las posibilidades creativas de este soporte único. Las obras emitidas fueron las siguientes:

Álvaro Pastor, con su obra *Ping Google*, exploró la intersección entre el arte, la electrónica y el impacto social de las tecnologías. *Ping Google* planteó un uso innovador de la fachada media: visualizar las capas de significado ocultas tras las búsquedas de Google, poniendo en evidencia el control ejercido sobre estos resultados. Su enfoque consistió en superponer datos generados por búsquedas en un intento de “romper” simbólicamente la fachada, con una futura ambición de interacción física con los transeúntes.

Brisa MP, con su obra *I am not here*, desde su experiencia en la vídeo-danza y la captura de movimiento, transformó la fachada media en un espacio performático disruptivo. Su pieza adaptó la interacción entre cuerpo, arquitectura y gráficos, enfatizando la desaparición del cuerpo físico en favor de su representación digital. Aunque inicialmente planeó trabajar en directo, renunció al formato y creó una obra gráfica intensa que puso en cuestión la relación entre lo físico y lo virtual, abriendo camino para futuras exploraciones performáticas en la fachada.

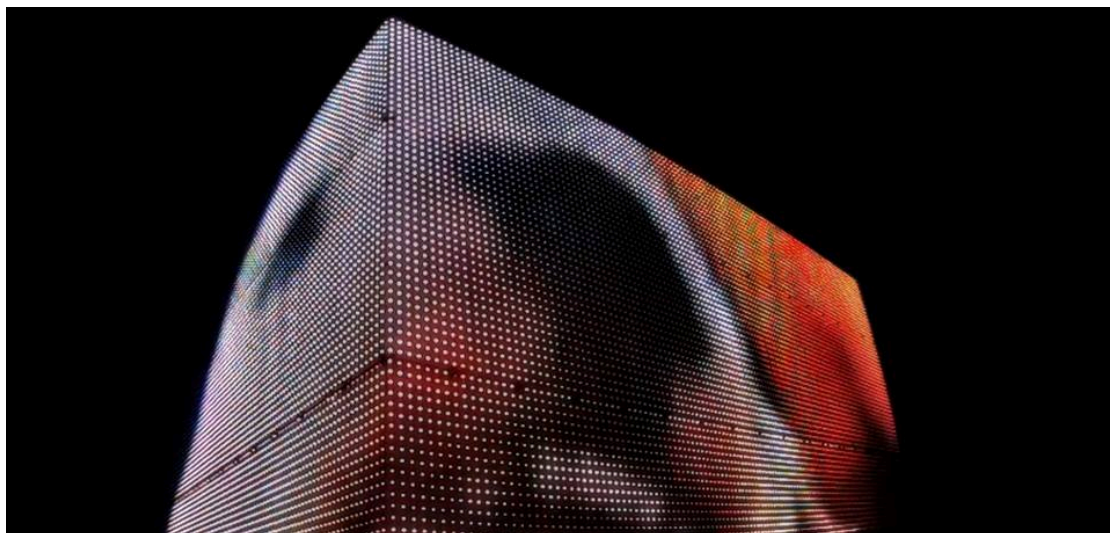


Figura 3. Vista de la obra *Ping Google*, del artista Álvaro Pastor, desde la pasarela sobre la Avda. Ciudad de Soria en Zaragoza. Proyecto: *Estrategia y Táctica. Esquinas fluorescentes*. Año 2013. Autor: Francisco Javier Galán Pérez.

Arcángel Constantini, con su obra *Scramble Porn*, empleó tecnología obsoleta para integrar glitch y recodificación digital en la fachada. Basándose en escenas de *Garganta Profunda* (1972), las transformó en patrones visuales caóticos mediante un VideoZpainter intervenido, generando arte abstracto a partir de contenido figurativo. Su trabajo destacó por la combinación de técnicas analógicas y digitales, proponiendo una interacción provocadora entre narrativa, tecnología y percepción visual.

Alejo Duque, con su obra *Building I: IRegisters*, empleó señales electromagnéticas y de radio para evidenciar el control invisible en el entorno tecnológico. Capturó muestras de señales y las emitió en la fachada, conectando lo arquitectónico con lo comunicativo. Su obra convirtió la fachada en un medio de visualización de datos ocultos, abriendo el campo para su reinterpretación tecnológica como herramienta de contrainformación.

El Colectivo Pucará Bits, con su obra *Distopía Líquida* abordó el conflicto hídrico como eje temático, proyectando un mapa del mundo invertido con reservas hídricas identificadas. Usaron la fachada para destacar la crisis del agua como un tema político y social de futuro. Su propuesta de actualizar datos en tiempo real dejó un sistema abierto para la continuidad del proyecto, subrayando la capacidad de la fachada como espacio de visualización informativa.

Yamil Burguener, con obra *Qron* transformó los LEDs de la fachada en autómatas interactivos, creando un sistema de vida artificial con movimientos y comportamientos programados. Culminó en una explosión visual de LEDs que ofreció una experiencia inmersiva. Su enfoque técnico innovador maximizó el potencial del medio, mostrando una aplicación avanzada de programación artística directamente en el sistema de la fachada.

Juan Sorrentino, con su obra *Ciclos*, creó un juego poético de luz y sombra, representado por una bombilla que se encendía y apagaba en la fachada. Este sencillo gesto visual se convirtió en un símbolo que conectaba a los barrios circundantes, mostrando cómo la fachada puede servir como un faro cultural y comunitario. Su obra exploró la especificidad técnica del medio, como la ausencia del “color negro” en los LEDs, a través de un enfoque lírico.

Ignacio Alcántara, especializado en animación, con su obra *Valetóm y Ñaque* adaptó su trabajo a las limitaciones técnicas de la fachada, enfocándose en el brillo y la plasticidad de las luces LED. Su obra rompió con las preocupaciones iniciales sobre resolución y velocidad, explorando nuevas dimensiones visuales. Esta experiencia dejó valiosos aprendizajes para futuros animadores en este medio específico.

## 9. Conclusiones

El uso del simulador 3D y la implementación de una cámara Wi-Fi para la supervisión en tiempo real representaron un avance significativo en el Centro de Arte y Tecnología ETOPIA. Estas herramientas no solo facilitaron la planificación y ejecución de proyectos artísticos, sino que también permitieron explorar nuevas dimensiones creativas en un soporte innovador como la fachada media. La capacidad del simulador para previsualizar y ajustar contenidos en un entorno virtual redujo los riesgos técnicos y creativos, optimizando el proceso de proyección en un contexto arquitectónico complejo. El proyecto puso también de manifiesto importantes aprendizajes y desafíos técnicos. Por ejemplo, el diseño de sistemas adaptados a las condiciones específicas del entorno, como el clima de Zaragoza, fue esencial para el éxito de las herramientas implementadas. Además, se evidenció la necesidad de ofrecer formación técnica adecuada a los artistas para maximizar el potencial de estas tecnologías. La falta de experiencia previa con soportes híbridos como fachadas media planteó retos en el desarrollo y adaptación de las obras, pero también abrió nuevas oportunidades para el aprendizaje y la innovación artística.

El impacto cultural del proyecto fue notable, consolidando a Zaragoza como un referente de innovación tecnológica y artística en España. La colaboración entre artistas, técnicos e instituciones demostró el valor de unir disciplinas para transformar espacios urbanos en puntos de interacción cultural. Sin embargo, aunque los logros tecnológicos fueron significativos, el impacto social no siempre alcanzó las expectativas iniciales. Esto resalta la importancia de conectar los proyectos culturales con las realidades locales y de establecer un marco de trabajo que permita evaluar su repercusión a largo plazo.

Finalmente, el sistema técnico y las obras desarrolladas durante el proyecto dejaron un legado importante para futuras intervenciones. La experiencia adquirida en el manejo de la fachada media y las herramientas asociadas sentaron las bases para una continuidad que podría fortalecer el vínculo entre el arte digital y la arquitectura urbana. Esto posicionó a ETOPIA no solo como un espacio de referencia, sino también como un laboratorio para la experimentación en nuevas narrativas visuales, abriendo el camino para proyectos más sostenibles y socialmente integrados.

## Referencias

- Arranz, F. (2002). *Estación intermodal y de alta velocidad en Zaragoza. Antecedentes académicos*. [http://www.arranz.net/AVE\\_ant01.html](http://www.arranz.net/AVE_ant01.html)
- Bullivant, L. (2006). *Responsive environments: Architecture, art and design*. V&A Publishing.
- Dalsgaard, P. & Halskov, K. (2010). Designing urban media façades: Cases and challenges. *Proceedings of the 2010 SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 10)*, 2277-2286. Association for Computing Machinery (ACM). <https://doi.org/10.1145/1753326.1753670>
- Etopia Centro de Arte y Tecnología. (s.f.). *Sala Virtual Etopia*. Recuperado el 11 de junio de 2025, de <https://salavirtual.etopia.es/>
- Galán Pérez, F. J. (2021). *Fachadas media: arte público y tecnología* (Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza). Repositorio Institucional de Documentos de la Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/118775>
- Gehring, S., Hartz, E., Löchtefeld, M. & Krüger, A. (2013). The media façade toolkit: Prototyping and simulating interaction with media façades. *Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp '13)*, 763-772. Association for Computing Machinery (ACM). <https://doi.org/10.1145/2493432.2493471>
- Goffman, E. (1966). *Behavior in public places: Notes on the social organization of gatherings*. Free Press.
- Heraldo de Aragón. (2008, 11 de septiembre). Belloch reconoce que la crisis retrasará la inversión privada en Milla Digital. *Heraldo de Aragón*. <https://www.heraldo.es/noticias/aragon/zaragoza/2008/09/11/belloch-reconoce-que-crisis-retrasara-inversion-privada-milla-digital-24004-2261126.html>
- Legado Expo Zaragoza. (2016). *Intercambio*. <https://www.legadoexpozaragoza.com/legadoexpo/intervenciones-artisticas/intercambio/>
- MIT School of Architecture and Planning. (2006). *Zaragoza Milla Digital: Un nuevo espacio público para el siglo XXI*. Zaragoza.
- Pellicer Corellano, F., Galán Pérez, F. J. & Revilla, A. (2008). *Intervenciones artísticas = Artistic interventions = Interventions artistiques*. Expoagua Zaragoza 2008.
- Stuerzlinger, W., Chapuis, O., Phillips, D., & Roussel, N. (2006). User interface façades: Towards fully adaptable user interfaces. *Proceedings of the 19th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '06)*, 309–318. <https://doi.org/10.1145/1166253.1166301>