



EL VIDEOMAPPING ARQUITECTÓNICO

RENOVACIÓN DE ESPACIOS A TRAVÉS DE LA LUZ

— Jorge Rodríguez Pascual —



Universidad de Valladolid

EL VIDEOMAPPING ARQUITECTÓNICO

RENOVACIÓN DE ESPACIOS A TRAVÉS DE LA LUZ



ETSAVA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

Autor: Jorge Rodríguez Pascual

Tutor: Daniel López Bragado

RESUMEN

El videomapping arquitectónico es una alternativa a la percepción regular de los espacios urbanos, apostando por la apreciación de lo estático en movimiento. Esta técnica lleva más allá el concepto de luz dentro de la arquitectura, un nivel en el que las formas son definidas y modificadas por sensaciones en movimiento al compás de la música.

En este trabajo se investiga sobre los dispositivos y técnicas utilizadas para realizar esta nueva forma de proyección; se analizan un gran número de proyectos diferentes y se buscan los elementos comunes entre ellos. Además, se lleva a cabo el análisis gráfico de las más relevantes; evaluando sus partes, el soporte y los elementos de proyección.

ABSTRACT

Projection mapping is an alternative that turns the perception of these spaces, trusting on the appreciation of the static in motion. This technique in architecture takes the concept of light beyond, taking it to a level in which forms are defined and modified by sensations in motion to the flow/pulse/rhythm of music.

This paper explores the different devices and techniques used to achieve this new form/mode of projection, analyzing a broad number of projects where its common elements are sought between them. Furthermore, a graphic analysis of the most relevant projects it's done, evaluating its parts, the support and the projection elements.

PALABRAS CLAVE: Videomapping, Arquitectura, Espectáculo, Perspectiva, Geometría

KEYWORDS: Projection Mapping, Architecture, Show, Perspective, Geometry

1.	INTRODUCCIÓN	05
1.1	Tema y objetivos	05
1.2	Metodología	05
1.3	Estado de la cuestión	05
2.	EL VIDEOMAPPING	06
2.1	Definición	06
2.2	Diferencias entre la proyección tradicional y el videomapping	07
2.3	Orígenes y antecedentes	08
	2.3.1 <i>Orígenes históricos. Trampantojo y Anamorfosis</i>	08
	2.3.2 <i>Antecedentes recientes</i>	12
2.4	Usos y aplicaciones	16
3.	EL VIDEOMAPPING ARQUITECTÓNICO	18
3.1	Introducción	18
3.2	Aspectos técnicos y teóricos del videomapping en la arquitectura	19
	3.2.1 <i>El proyector. Tipologías, distancias, ratios y resoluciones.</i>	19
	3.2.2 <i>Producción del modelo tridimensional. Fotogrametría y escáner láser.</i>	26
	3.2.3 <i>El software. Proporciones, geometría y un ejemplo práctico.</i>	28
3.3	Análisis gráfico del videomapping en la arquitectura	33
	3.3.1 <i>Patrones naturales como inspiración</i>	33
	3.3.2 <i>Tipologías</i>	35
	3.3.3 <i>Cuadro resumen y selección de proyectos</i>	46
	3.3.4 <i>Análisis gráfico de cada proyecto</i>	48
4.	CONCLUSIONES	68
5.	REFERENCIAS	69

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Tema y objetivos.

El presente trabajo tratará de dar respuesta a cómo la luz puede enriquecer el espacio público urbano mediante el uso del videomapping arquitectónico. Para comprender este concepto, es conveniente analizar previamente las diferencias que lo separan de la proyección tradicional y estudiar sus orígenes y antecedentes más recientes.

Una vez conocidos los conceptos básicos de esta técnica y sus aplicaciones en el mundo actual, se pretende entrar de lleno en su implicación en el campo de la arquitectura. Para ello, se ahondará en aspectos técnicos y teóricos tales como el estudio del proyector y los softwares utilizados, apoyado por fundamentos matemáticos de proporciones y geometrias.

Se persigue a su vez elaborar un análisis gráfico de este concepto investigando qué referencias existen a la hora de generar los patrones que más tarde se verán proyectados en las escenas y qué tipologías son las más comunes, analizando cada una de ellas. Por último, como cenit de la investigación, se pretende hacer una recopilación de los proyectos que se consideren más relevantes y elaborar un análisis exhaustivo de algunos de ellos, diferenciando las tipologías utilizadas plasmándolas en una línea de tiempo y dibujando la fachada de cada edificio mostrando el área de proyección utilizado. Además, se propondrá una propuesta de disposición de los proyectores en el espacio a raíz de los conocimientos teóricos/técnicos adquiridos en el trabajo.

1.2 Metodología

Inicialmente se explicará qué tiene de especial este tipo de proyección con respecto a la tradicional. Por su naturaleza de ilusión óptica, se van a analizar referencias históricas como el trampantojo y la anamorfosis para poder entender esta técnica y se va a estudiar cuales han sido los referentes más recientes para que este nuevo arte haya llegado a ver la luz.

Tras ver sus aplicaciones en el mercado, se va a centrar el trabajo en el uso del videomapping dentro del campo de la arquitectura, abordando los aspectos técnicos y teóricos de este arte, investigando sobre las lentes utilizadas, las posiciones del proyector, la importancia del modelo tridimensional de la fachada y los diferentes softwares utilizados.

Por último, se realizará un análisis gráfico del videomapping arquitectónico, estudiando las tipologías más utilizadas y qué referencias se usan para crear los patrones. Además, se recopilarán los proyectos más relevantes y se hará un análisis exhaustivo y propuesta personal de cada uno de ellos.

1.3 Estado de la cuestión

El videomapping, al tratarse de una técnica tan reciente y estar sumida en un momento de constante cambio y evolución, dispone de una documentación realmente escasa y prácticamente solo en formato digital, mediante artículos y páginas web de las propias empresas dedicadas a ello (generalmente, en inglés). No existe bibliografía específica que aborde esta técnica en España y resulta tremendamente difícil acudir a un libro que explique algo sobre el tema.

2. EL VIDEOMAPPING

2.1. Definición

El videomapping es una técnica visual basada en la proyección de imágenes sobre superficies planas o volúmenes, haciendo que estas interactúen sobre las mismas, pudiendo adquirir así un sentido narrativo y de tridimensionalidad.

El contenido de vídeo que se proyecta está producido y adaptado, en especial, para cada tipo de superficie. Estas van desde grandes espacios interiores o exteriores hasta pequeños elementos materiales, escenografías teatrales o incluso personas. Suelen estar acompañadas de sonidos u otros elementos visuales.

Esta proyección permite trazar puntos tridimensionales en un plano bidimensional. Añade información virtual a la información física ya existente de la superficie a proyectar, lo que permite modificar la apariencia real de los objetos, obteniendo un control total sobre su textura, forma y comportamiento.

El filósofo Marshall McLuhan¹ en su famosa cita: "el medio es el mensaje", afirmaba que, más que el contenido de sus palabras o de sus imágenes, lo que queda de un medio de comunicación es la forma en que impacta a sus usuarios. De esta forma, él no establecía distinción entre el mensaje que se quería contar y la forma en la que se contaba, sino que ambas forman parte de un todo.

El videomapping se fundamenta en esto. Se considera un 'medio' porque comunica un 'mensaje', pero el 'mensaje' tiene sentido debido al 'medio' en que se comunica.

Esta técnica da como resultado una proyección dinámica de vídeo en tres dimensiones, generando una nueva forma a objetos, personas o edificios a través de cambiar la perspectiva sólida de estos, dando así una impresión de movimiento solo con la proyección de luz.

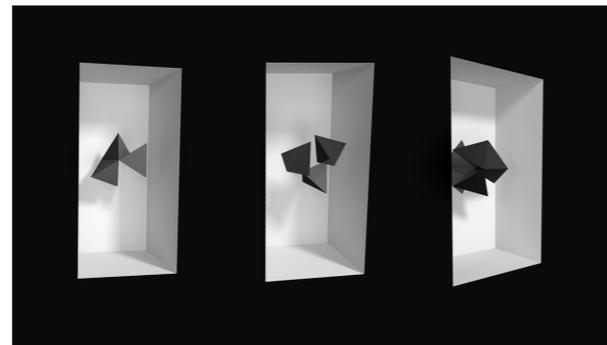


Fig. 1: "Box", Videomapping de Gmunk y Bot&Dolly, San Francisco, 2013

2.2 Diferencias entre la proyección tradicional y la proyección con mapeo (o videomapping)

La proyección con mapeo o videomapping es una técnica de proyección que consiste en trasladar cada pixel de nuestra animación a puntos concretos y conocidos de un determinado espacio físico.

Mientras que en la proyección tradicional buscamos generar imágenes transparentes sobre superficies planas, sin importar cuál sea esta, en el videomapping la superficie¹ a proyectar es conocida de antemano, generando una animación específica para su tamaño y forma.

En la proyección tradicional basta con colocar un sistema de proyección delante de una superficie plana y veremos proyectadas nuestras imágenes, sin importar cuál sea la superficie sobre la que estemos trabajando. Puede verse mejor o peor si la superficie es más clara o más oscura, más grande o más pequeña, más lisa o más rugosa, pero las imágenes son siempre las mismas.

Esto en el videomapping no pasa. Aquí la superficie sobre la que se proyecta es previamente conocida y forma parte indispensable dentro del proceso de creación de la animación que se va a proyectar.

El proceso de creación de un videomapping requiere mucho más tiempo que el de una proyección tradicional.

Son por tanto cuatro los elementos indispensables que forman parte de un videomapping:

1. La animación a proyectar
2. El proyector o grupo de proyectores
3. El sistema de mapeo (ordenador)
4. La superficie sobre la que se proyecta

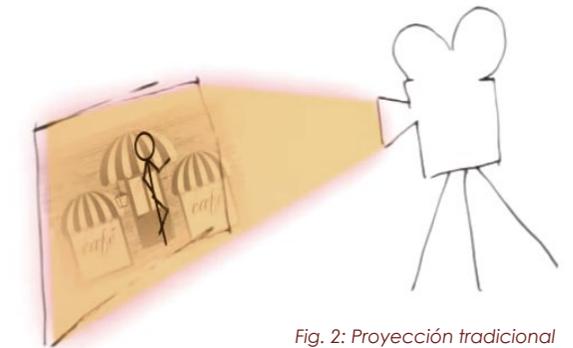


Fig. 2: Proyección tradicional



Fig. 3: Proyección con mapeo

¹ Marshall McLuhan (1911-1980) es un filósofo, científico, erudito y docente canadiense, considerado como uno de los profetas de la información de masas.

¹ Las superficies sobre las que se realiza el videomapping son generalmente tridimensionales. Aunque puede realizarse un videomapping sobre una superficie plana, como vemos en la imagen de la página anterior, su uso más extendido es sobre objetos volumétricos, tales como coches, escenarios o fachadas de edificios.

2.3 Orígenes históricos y antecedentes del videomapping

Para poder comprender el concepto de videomapping completamente, será necesario realizar un paseo por sus orígenes históricos y sus antecedentes más recientes, con el fin de establecer las bases que darán luz a esta nueva técnica artística.

2.3.1 Orígenes históricos. Juegos de perspectiva: trampantojo y anamorfosis.

Los seres humanos conocemos e interpretamos el mundo que nos rodea gracias a los sentidos. Las sensaciones que experimentamos son captadas por los sentidos y llevadas al cerebro que recreará la realidad y nos permitirá comprenderla.

Las ilusiones ópticas, como su propio nombre indica, se producen en el sentido de la vista y generan una percepción errónea de la realidad objetiva. Estas ilusiones implican una gran limitación del sentido de la vista y permiten realizar engaños en distorsiones de color o perspectivas de una escena específica.

Las ilusiones ópticas se producen por varios factores, ya sean de origen fisiológico: deslumbramientos, estimulaciones excesivas que saturan la retina; o de origen cognitivo: interpretaciones erróneas.

Trampantojo y Anamorfosis¹

Según la Real Academia Española, trampantojo es “una trampa o ilusión con la que se engaña a alguien haciéndole ver lo que no es”.

¹ SÁNCHEZ RAMOS, I. (2015) Trampantojo: el diseño de espacios anamórficos. Valladolid. Universidad de Valladolid. Trabajo Fin de Grado en Fundamentos de la Arquitectura.

Como su propio nombre indica, el trampantojo es una “trampa para el ojo”. Existen multitud de ejemplos en la historia que utilizan esta técnica de manera sublime.

Por otra parte, la definición que la RAE da del término anamorfosis es la “pintura o dibujo que ofrece a la vista una imagen deformada y confusa, o regular y acabada, según desde donde se la mire”.

Analizando la definición, se puede deducir que solo se apreciará dicho truco desde un punto de vista concreto. En este contexto es evidente que cuando se observa el truco desde un punto de vista diferente para el cual ha sido concebido se generan gran cantidad de deformaciones, sin embargo, desde el punto de vista exacto, la anamorfosis es un éxito y genera trucos maravillosos, como por ejemplo un elemento que parece salirse de la pintura. Esta trampa se produce debido a que el cerebro tiende a simplificar el objeto que observa y lleva la imagen que ve a aquella que más se parece a la realidad.



Fig. 4: Los embajadores, Hans Holbein, 1533 (se observa la anamorfosis de la calavera, la cual es visible desde un punto de vista lateral)

En las figuras anamórficas se genera una gran confusión para el cerebro porque sus líneas no fugan hacia el horizonte como es costumbre al ver en una perspectiva cónica, en este caso se invierte la idea y las líneas fugan hacia la vista de forma que el cerebro simplifica esta información y genera una imagen tridimensional para comprenderla. Como ya se ha mencionado, este efecto se produce únicamente desde un punto exacto, que será el punto al cual fugan las líneas del dibujo representado.

La principal diferencia entre anamorfosis y trampantojo, es el punto de vista desde el cual se aprecia el truco creado en cada caso. Una anamorfosis suele observarse desde un punto de vista poco natural para el espectador, por el contrario, el trampantojo se aprecia desde un punto de vista mucho más natural. En ambos casos es importante el punto de vista, ya que, solo se apreciará el truco si se observa de forma adecuada.

Fundamentos técnicos y teóricos

El trampantojo y la anamorfosis pretenden engañar a la percepción del ojo de forma que lo que representan parezca real. Es imprescindible conocer la perspectiva sin olvidarse de un juego de luces y sombras muy estudiado para dar el efecto deseado. Todas estas características generan un complejo conglomerado a la hora de conocer cómo se realizan ambas técnicas, por lo tanto, se realizará el acercamiento al uso de la perspectiva, que es un tema técnico y objetivo, dejando de lado el tema de luces y sombras, más complejo y subjetivo que normalmente es competencia del artista en cuestión.

Es imprescindible para entender el tema en profundidad, conocer el método de la perspectiva cónica de forma completa, como método para crear un dibujo realista.

TRAMPANTOJO: Para realizarlo será necesario conocer las fugas de la estancia establecidas desde el punto de vista que debe observarse la obra. El artista ajustará las fugas de forma que las superficies reales de la estancia y las del dibujo se complementen formando un todo.

Una vez conocidos los puntos de fuga y el punto de vista el artista puede marcar la línea de horizonte, en conocimiento de estos tres elementos se debe seleccionar la línea de tierra que mejor se adecúe al dibujo que se desea representar. Una vez establecidos todos estos elementos entra en juego la capacidad del artista para generar una pintura lo más realista posible y con un juego adecuado de luces y sombras que engañen al ojo humano.



Fig. 5: Trampantojo sobre la Galería Spada en Roma, por Francesco Borromini (planta y sección)

ANAMORFOSIS: La idea es parecida, inicialmente se realiza un boceto del dibujo sin deformación siguiendo las leyes de la perspectiva cónica, con este boceto se genera una cuadrícula que más tarde será deformada por homología, deformando a su vez el dibujo.

Esta deformación de la cuadrícula surge cuando el cono visual, con vértice en el punto de vista, interseca con el plano donde se encuentra el dibujo, plano del cuadro. Si el plano del cuadro es paralelo a la base de la pirámide visual, al intersectarse no deformará sus proporciones. Sin embargo, si el plano del cuadro es oblicuo a la base de la pirámide, la figura que aparece en la intersección es un trapecio, produciéndose en este momento la deformación de las proporciones del dibujo.

Para realizar una anamorfosis la estancia donde se sitúa no es importante, aunque puede ser una herramienta igualmente usada para el truco.

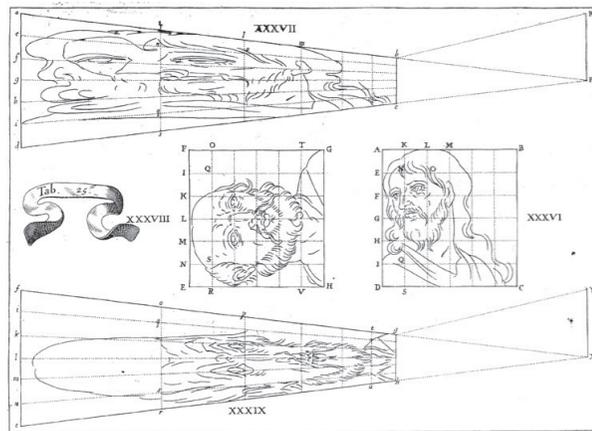


Fig. 6: La Perspective Curieuse, Jean Francois Niceron, 1638

El trampantojo en la arquitectura

En este punto se procede a analizar diferentes ejemplos de trampantojos en el ámbito de la arquitectura, tanto para espacios interiores como exteriores. Puesto que el tema central de este trabajo es el videomapping aplicado a la arquitectura, es importante conocer cuales han sido las técnicas que históricamente se han usado para engañar al ojo en este campo.

Con el trampantojo se procura intensificar la realidad para que el contemplador no tenga sombra de duda, es decir, que no sospeche siquiera que está siendo engañado. Este ilusionismo es parte fundamental de la historia de la arquitectura.

TRAMPANTOJO ARQUITECTÓNICO EN ESPACIOS INTERIORES:

No es utilizado el trampantojo hasta llegada la época del renacimiento y, con ella, los estudios sobre la perspectiva y la proporción, muy extendida esta práctica a iglesias y capillas, pudiendo observar en muros y techos diversos ilusionismos de jardines o espacios inexistentes. El barroco amplió esta práctica a bóvedas y con ello al uso del óculo pintado como elemento arquitectónico.

Por tanto, la idea principal que predomina en los trampantojos arquitectónicos interiores de esta época, es la de dibujar una cúpula en cuyo centro se realiza un gran óculo circular que da la sensación de conectar el interior con el exterior, el origen de dichas arquitecturas es simple y fácil de identificar: El Panteón de Roma.

Este elemento arquitectónico da varias sensaciones a dicho espacio: ofrece el aspecto de ser una gran entrada de luz, da una falsa sensación de gran altura a la bóveda mediante los casetones forzando su perspectiva y dibujándolos más pequeños de lo que serían realmente.¹



Fig. 7: Cúpula del Panteón de Agripa, Roma

TRAMPANTOJO ARQUITECTÓNICO EN ESPACIOS EXTERIORES:

Además de lo ya mencionado en el ámbito interior de los edificios, el trampantojo también es trasladable al exterior de los mismos. Existen un gran número de edificios en los que parecen existir balcones, ladrillos, columnas, ventanas, o cualquier cosa que se le ocurra al artista, todos ellos son únicamente un trampantojo magnífico capaz de engañar al ojo humano. En algunas ocasiones incluso es necesario acercarse para apreciar la trampa.



Fig. 8: Palacio de la Madraza, Granada

TRAMPANTOJO ARQUITECTÓNICO EN EL TEATRO:

Existe un gran ejemplo de este ámbito como precursor: el conocido Teatro Olímpico de Vicenza de Andrea Palladio en 1580. En este teatro el artista Vincenzo Scamozzi genera unas vistas con trampantojo en la Porta Reggia y en los huecos laterales creando, gracias a la perspectiva que ya poseían estas en el diseño, la sensación de estar viendo la ciudad antigua de Tebas. Los asientos están a su vez pensados para observar el truco desde cada punto de vista.



Fig. 9: Proscenio del Teatro Olímpico de Vicenza

¹ SÁNCHEZ SALINAS, D. (2019) Matte Painting: La geometría oculta del cine. Valladolid. Universidad de Valladolid. Trabajo Fin de Grado en Fundamentos de la Arquitectura.

2.3.2 Antecedentes recientes

No existe una fecha exacta en el surgimiento del videomapping ni quien fue el primero en utilizarlo. Son varias las influencias que dieron lugar a esta técnica.

La primera vez que se estudió académicamente el concepto de "videomapping" fue a finales de la década de los 90', en la universidad Chapel Hill de Carolina del Norte, Estados Unidos. Allí, un equipo dirigido por Ramesh Raskar trabajó en un proyecto llamado Office of the Future, con el fin de conectar oficinas de diferentes ubicaciones en una misma sala, proyectando a las personas sobre dicho espacio, como si realmente estuvieran allí.

Algunos antecedentes que influenciaron su origen fueron:

'La mansión encantada' en Disneyland, París, 1969:

Fue una de las primeras exhibiciones públicas donde se proyectaron imágenes en movimiento sobre volúmenes fijos. Las tomas de los cantantes se filmaron en una película de 16mm que posteriormente proyectaban sobre bustos o cuerpos enteros, dando la sensación de que estaban animados y conseguir así una visión fantasmagórica de ellos.¹



Fig. 10: Imágen promocional de la mansión encantada, Disneyland, 1969



Fig. 11: Imágen promocional de la mansión encantada, Disneyland, 1969

1 PROJECTION MAPPING. The illustrated history of projection mapping. <http://projection-mapping.org/the-history-of-projection-mapping/>

'Instalaciones', de Michael Naimark, 1980:

La siguiente proyección de mapeo que se documenta es de 1980, cuando al artista Michael Naimark se le ocurrió filmar a personas dentro de una sala de estar interactuando con objetos. Posteriormente, estas imágenes serían proyectadas sobre esas mismas salas, dando la sensación de que esas personas realmente estaban allí, pero con una visión diferente, más onírica, como si esas personas estuviesen en el recuerdo.²



Fig. 12: Instalación de Michael Naimark, 1980

Los festivales de "video jockey" (VJ's)

Es una de las mayores influencias en la técnica del "videomapping", de aquí salen los primeros ejemplos de lo que posteriormente evolucionará a este concepto. El término "video jockey" se aplica a aquellos creadores que generan sesiones visuales, en directo, mediante la repetición de secuencias de video, complementando a un set de música u otro tipo de acción. Estas secuencias duran escasos segundos y no siempre son imágenes al uso, puede tratarse de formas en movimiento, colores que van cambiando, geometrías que se superponen, etc.



Fig. 13: T-Rex actuando en directo con proyecciones de Angela Barnett

Estas sesiones fueron derivando a diferentes campos y terminaron abriendo la puerta al mundo del videomapping, recogiendo la posibilidad de proyectar videos sobre diferentes superficies para un espectáculo audiovisual.



Fig. 14: VJ's de Angela Barnett para el concierto de T-Rex en el "Tilt Shift

2 PROJECTION MAPPING. The illustrated history of projection mapping. <http://projection-mapping.org/the-history-of-projection-mapping/>

Proyección de imagen sin movimiento sobre superficies urbanas.

Antecedente claro al "mapping arquitectónico" es la obra de Simon Attie, más concretamente su obra "The Writting on the Wall", llevada a cabo entre 1991 y 1993 en las paredes de un antiguo barrio de Berlín, en el distrito de Sheunenviertel.

Consistía en la proyección de fotografías de la época anterior a la guerra (1920-1930) sobre dicho muros, generando así un resultado artístico basado en instalaciones de video sobre elementos urbanos. De esta manera, el artista utilizó la proyección de imágenes para la transmisión de un mensaje y al mismo tiempo una exposición artística, al igual que hace el "videomapping".

Juegos de luces y láseres sobre edificios singulares

La influencia más importante dentro de la categoría de "mapping arquitectónico". Consiste en un juego de luces sobre fachadas de edificios a través de focos o láseres. Puede ser utilizado para una festividad o espectáculo en concreto (día de año nuevo), o como algo más rutinario que haga que los edificios se iluminen y cambien de color durante la noche.

Las primeras pruebas para el "mapping arquitectónico" surgieron a partir de técnicas como estas y los fundamentos físicos y geométricos en los que se basan las proyecciones actuales (luz, perspectiva, ángulos, distancias) tienen su origen en estos primeros juegos.



Fig. 15: "The Writting on the Wall", Shimon Attie, Berlín (1991-1993)



Fig. 16: "The Writting on the Wall", Shimon Attie, Berlín (1991-1993)



Fig. 17: Opera Sdney House con variaciones de color

En el "mapping arquitectónico", al igual que en los juegos de luces y láseres, no es necesario que se esté proyectando continuamente sobre toda la superficie, sino que se utiliza la técnica del 'apagado' y del 'encendido'. Además, no es raro ver espectáculos de "video mapping" que incluyan juegos con láseres para generar más espectacularidad.

El "videomapping" es una técnica que está en constante evolución. En el mundo audiovisual aparecen innovaciones cada día y cada una de ellas puede servir de inspiración para que alguien la aplique al "videomapping" y surja una nueva manera de hacerlo. Al no tener unas reglas fijas, unos cánones preestablecidos, ni nada que lo limite, las posibilidades de creación de esta técnica son casi infinitas, por lo que no se puede hablar de una época fija del "videomapping", ya que es algo que no para, cada día sigue creciendo y superándose más y más.³



Fig. 18: Burj Khalifa con variaciones de color

³ ESTEVE TEPEDINO, M. (2014) El videomapping: definición, características y desarrollo. Segovia. Universidad de Valladolid. Trabajo Fin de Grado en Publicidad y Relaciones Públicas.

2.4 Usos y aplicaciones

Mapping publicitario/corporativo

Este tipo de videomapping está enfocado en la presentación de productos, eventos de marca (*branding*) y/o campañas publicitarias. Son utilizados por los departamentos de publicidad y se usa especialmente para lanzar un producto nuevo al mercado.¹



Fig. 19: Videomapping para la presentación del Jaguar F-Pace



Fig. 20: Videomapping para la presentación de unas nuevas zapatillas

Últimamente los “*micromappings*” están revolucionando el mercado, ya que es una técnica que permite obtener óptimos resultados en formatos más pequeños y económicos. Dentro de este grupo podemos encontrar diferentes subtipos como:

- Escaparatismo (*micromapping*)
- Videomapping sobre vehículos
- Videomapping sobre logotipos corpóreos

Mapping escenográfico

En este caso se enfoca el videomapping en generar escenas y ambientes de una manera diferente. Es una opción alternativa a la hora de diseñar la escenografía de una obra de teatro, de una ópera, de un set de rodaje o de un festival de música. El “videomapping” permite proyectar y cambiar escenarios de una manera más rápida, cómoda y eficaz. También la proyección es utilizada para reforzar la historia que se quiere contar y los actores muchas veces se mezclan con ella como si fueran vestimentas. Este género puede dividirse en:

- Videomapping para platós y sets de rodaje
- Videomapping para conciertos y festivales
- Videomapping para obras de teatro



Fig. 21: Videomapping para los premios DMA de 2017 en Londres

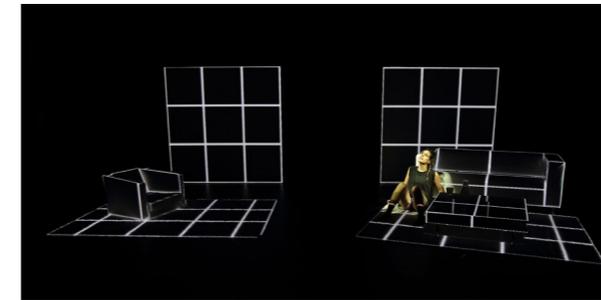


Fig. 22: Videomapping para la obra Harket en el Teatre Micalet

Mapping arquitectónico

Podría entenderse como una vertiente más del mapping escenográfico. Se proyecta sobre edificios, tanto en espacios interiores (la bóveda de una iglesia de estilo gótico), como en espacios exteriores (la fachada de un museo de estilo renacentista).

Suele verse en edificios singulares de grandes capitales, durante eventos culturales o alguna festividad. Su propósito es embellecer temporalmente el valor arquitectónico de un edificio, relatando la historia del lugar o simplemente darle un toque fantástico a la arquitectura.²

Es más complejo y costoso que los anteriores y requiere de grandes equipos de iluminación y proyección, además de situaciones ambientales y logísticas favorables. Este es el ámbito del videomapping que más relevancia va a tener dentro del trabajo, por lo que se explicará más profundamente a continuación. Se puede dividir por tanto en:

- Proyección en espacios interiores
- Proyección en espacios exteriores

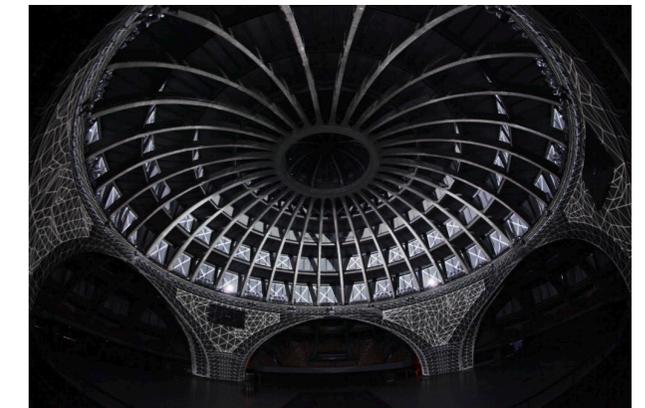


Fig. 23: Omicron, Romain Tardy, Centennial Hall de Wroclaw

¹ PEREZ DEL CERRO, N. (2016) El mapping aplicado a la presentación de objetos de diseño industrial. Palermo. Universidad de Palermo. Trabajo de Grado en Diseño y Comunicación.

² ESTEVE TEPEDINO, M. (2014) El videomapping: definición, características y desarrollo. Segovia. Universidad de Valladolid. Trabajo Fin de Grado en Publicidad y Relaciones Públicas.

3. EL VIDEOMAPPING ARQUITECTÓNICO

3.1. Introducción

Tras una breve mención a los orígenes y antecedentes del videomapping, sus usos y aplicaciones más destacados y las empresas más relevantes dedicadas a ello, toca entrar de lleno en el tema principal que ocupa este trabajo y el cual se explicará con la mayor precisión posible: el videomapping enfocado a la arquitectura.

Los paseos por centros históricos y zonas emblemáticas de la ciudad, de repente se presentan estáticos en sus edificios de gobierno, palacios nacionales y variedad de monumentos; el movimiento de la gente y el ruido de la ciudad hacen contraste con la pesada materialidad de estos hitos urbanos que esperan cimentados en el lugar que parece haberlos contenido desde el inicio de los tiempos.¹

El videomapping arquitectónico es una alternativa que da la vuelta a la percepción regular de estos espacios apostando por la apreciación de lo estático en movimiento. Los grandes arquitectos siempre han sabido que la luz juega un papel muy importante dentro de la arquitectura, tanto la iluminación artificial como el juego de formas para el paso de luz natural son elementos primordiales en cualquier buen proyecto.

La evolución de los proyectores, cada vez más potentes y avanzados tecnológicamente, ha permitido la aparición de este nuevo arte que utiliza la arquitectura como pantalla.

El videomapping lleva más allá el concepto de luz dentro de la arquitectura, un nivel en el que las formas son definidas y modificadas por sensaciones en movimiento al compás de la música.

Los propios artistas e investigadores fueron los que iniciaron el movimiento, desarrollando un nuevo lenguaje visual para interpretar la arquitectura. Más tarde, los especialistas en marketing adoptaron esta técnica para la comercialización, con proyecciones a gran escala en rascacielos, incluso activistas políticos también se han ayudado de este nuevo arte, convirtiendo a intervenciones efímeras de luz en formas llamativas para señalar y resolver problemas de diseño urbano.

El videomapping arquitectónico se ha convertido en una nueva forma artística. Un software avanzado permite a los artistas planificar animaciones cubriendo y transformando la fachada entera de un edificio.



Fig. 24: Videomapping sobre la fachada del Grand Palais en París, 2015

¹ PLATAFORMA ARQUITECTURA. Una nueva luz sobre antiguos volúmenes. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777554/video-mapping-en-mexico-una-nueva-luz-sobre-antiguos-volumenes>

Esta dinámica crea un entorno virtual tridimensional que consigue una nueva interpretación del lugar. De esta manera, artistas y diseñadores introducen un imaginario, desde vídeos generalmente abstractos hasta sofisticados vídeos modulados, que juega con la textura de la fachada y la historia del edificio.

En comparación con la iluminación permanente de fachadas, artísticas o no, que son instalaciones permanentes donde las imágenes dinámicas representan una parte integral y original del edificio, las proyecciones de videomapping son temporales e introducen una nueva identidad a la arquitectura.

3.2 Aspectos técnicos y teóricos del videomapping en la arquitectura

A continuación se pretende estudiar de forma directa los aspectos técnicos y teóricos que abarcan el videomapping arquitectónico.

El mapeo es el fundamento principal dentro de él, pero esto no lo convierte en un arte en sí; hará falta el uso y conocimiento de otras características para que el videomapping arquitectónico cobre sentido.

Con el fin de abordar la mayoría posible de estas características, se mencionarán temas tales como distancias, proporciones, ratios, proyectores, posiciones, condiciones lúminicas, softwares de videomapping e incluso modelaje 3D de los edificios y su entorno mediante técnicas de fotogrametría y escáner láser para hacer posible estas proyecciones.

3.2.1 El proyector. Tipologías, distancias, ratios, condiciones lúminicas y resoluciones.

El proyector es un dispositivo que recibe una señal de video para proyectar imágenes ópticas, fijas o en movimiento. Un proyector de vídeo se compone de los siguientes elementos principales:

- Puertos de entrada, que son los que reciben la señal de vídeo desde un dispositivo.
- Fuente de luz, que puede ser una bombilla de mercurio tradicional, luces led, láser, o un híbrido entre las dos anteriores.
- Sistema de lentes o espejos, que reflejan la luz emitida. La tecnología DLP utiliza una rueda o paleta de colores, que como mínimo tendrá los 3 colores primarios. Y la tecnología LCD utiliza directamente 3 espejos, uno por cada color primario, que dejan pasar o no la luz para generar las diferentes combinaciones de colores dentro de un panel.
- Lente de enfoque, que es la encargada de proyectar la imagen resultante.

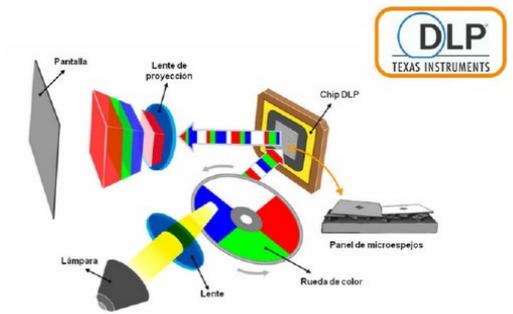


Fig. 25: Esquema proyector DLP

Fig. 26: Esquema proyector LCD



Diferencias entre proyectores láser y proyectores con bombilla.

La primera diferencia importante entre ambos proyectores es la vida útil de estos. Los proyectores de bombilla están aumentando cada vez más su vida útil. Cuando salieron al mercado por primera vez, alrededor de 1995, la vida útil típica de la bombilla era de unas 500 horas.

Cabe señalar que tanto con bombillas como con proyectores láser¹, la vida útil que marca el fabricante no hace referencia a cuánto tiempo tiene que pasar hasta que esta se apague, sino cuánto tiempo aguantará hasta que el brillo del motor de luz descienda al 50% del brillo original.

Hoy en día, a plena potencia, la mayoría de los proyectores basados en lámparas reclaman entre 3000 y 6000 horas, con algunas excepciones más bajas como las 2000 horas (generalmente los proyectores más grandes, al emitir mucha más luz, son los que menor vida útil tienen de serie).

Por el contrario, los proyectores láser, funcionando a máxima potencia, llegan fácilmente a las 16.000 o 20.000 horas y cada año este número va aumentando.

En cuanto al presupuesto, las bombillas son cada vez menos caras por lo que este tipo de proyectores rondan un precio inferior, pero su coste de mantenimiento, comparado con los proyectores láser, es muy superior. Por lo general casi todos los proyectores colocados de forma permanente (en oficinas, por ejemplo) están colgados de paredes o techos y si se quisiese sustituir una bombilla que ya ha dejado de funcionar, bastaría con retirarla y colocar una nueva, sin necesidad de desmontar el proyector.

El problema viene cuando se quiere desmontar una instalación mucho más grande, con un gran número de proyectores. Todas las bombillas contienen mercurio, por lo que su gestión de residuos es mucho más costosa. Por el contrario, obviando un fallo prematuro, pocos proyectores láser necesitan mantenimiento durante su vida útil, que suele ser de al menos una década. Durante esos mismos 10 años, los proyectores de bombilla necesitarán entre dos y tres recambios. Menor coste de producto, mayor coste de mantenimiento.



Fig. 27: Proyector con bombilla



Fig. 28: Proyector láser

En el videomapping arquitectónico, donde la cantidad de lúmenes¹ necesaria suele ser muy grande, la ventaja de los proyectores láser es muy considerable. Además, estas instalaciones son generalmente temporales, por lo que el mantenimiento no es muy importante.

Los proyectores convencionales tienen una lámpara que genera una luz muy potente y tienen un consumo eléctrico bastante elevado. Por su parte, los proyectores láser no solo consumen menos energía sino que además no tendremos que esperar a que la bombilla se caliente para obtener la mejor calidad de imagen.

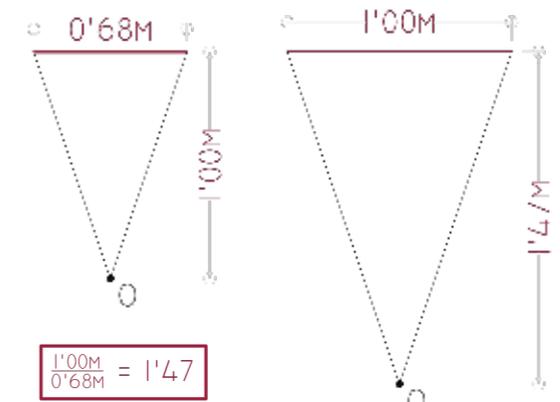
Una de las cosas que más se tiene en consideración a la hora de elegir un proyector es la distancia a la que son capaces de enfocar la imagen, la cual es siempre muy limitada y por ello también es imperativo calcular bien la distancia a la que colocas el proyector.

Con los proyectores láser esto resta importancia ya que la gran mayoría son capaces de entregar su mejor calidad de imagen y de enfocar adecuadamente sin importar mucho su posición. Además, los proyectores láser son por norma general y salvando las distancias con los modelos de lámpara de gama muy alta, mejores en cuanto a calidad de imagen ya que son capaces de mostrar unos blancos más brillantes y unos negros más oscuros.

Lentes de proyección. Distancias y ratios.

El ratio en las lentes de proyección viene dado por la relación entre la distancia al objeto en el que se va a proyectar y la anchura de la imagen que se proyecta.

Pongamos el caso de que situamos nuestro proyector a un metro (1'00m) del objeto sobre el que queremos proyectar, obteniendo así una imagen de anchura igual a sesenta y ocho centímetros (0'68m). Si dividimos 1'00m entre 0'68m obtendríamos una relación de 1'47. A continuación, situamos nuestro proyector a 1'47m de nuestro objeto y la imagen que obtendremos tendrá 1'00m de anchura. Con proyectores más grandes que tienen lentes de zoom es más difícil determinar esta relación.



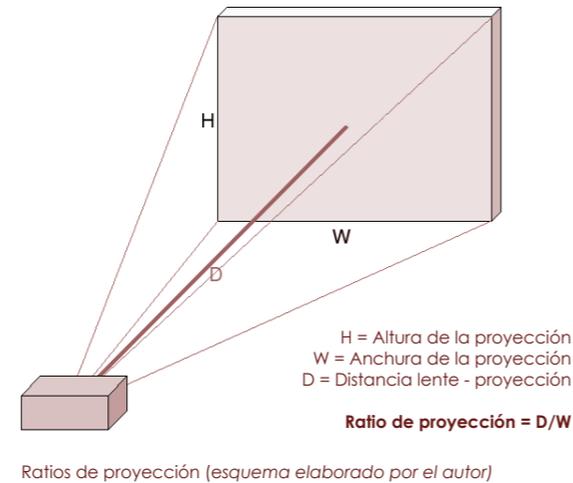
Ejemplo gráfico (esquema elaborado por el autor)

¹ Los proyectores láser, en vez de bombilla, utilizan láseres para generar luz que se emite sobre paneles LCD o DLP y así generar imágenes.

¹ El lumen (lm) es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

La mayoría de proyectores convencionales tienen una relación de alcance, de aproximadamente 1,5:1 (es decir, que por cada 1'5 metros de distancia, la imagen tendrá 1 metro de ancho).

Supongamos ahora que se va a realizar un video-mapping en la fachada de una casa y se quiere situar el proyector en la acera, que se encuentra a 7'5m de esta. Con un proyector estándar la imagen que se obtendría sería de 5m de ancho, que a no ser que se tratase de una casa estrecha, no serviría. Se necesita mucha más distancia para obtener una imagen lo suficientemente grande como para cubrir toda la casa.



Condiciones ambientales

El nivel de luz de la zona en la que se va a realizar el video-mapping es un factor fundamental y juega un papel importante en la calidad de la imagen proyectada.

La luz directa sobre la superficie de proyección debe evitarse a toda costa, ya sea natural o artificial, ya que desvanecería la imagen, incluso con fuertes niveles de contraste.

Es por tanto importante a la hora de realizar un video-mapping arquitectónico elegir un ambiente bastante oscuro sin luz directa que llegue a su área de proyección.

Debido a esto la inmensa mayoría de proyecciones se realizan de noche.

Para este tipo de videomapping arquitectónicos, donde la fachada sobre la que se va a proyectar es muy grande y apenas se tiene espacio físico donde situar los proyectores, lo habitual es irse a lentes de corto alcance, donde el ratio habitual es de 0'5:1.

Volviendo al ejemplo anterior, si se situase este nuevo proyector con lente de corto alcance en esa misma acera, a 7'5m de distancia de la fachada, la imagen que se produciría sería de 15m de ancho, lo que funcionaría para la mayoría de casas.

Los proyectores de corto alcance tienden a ser más caros porque cuesta más fabricar las lentes. También existen proyectores de tiro "ultra corto", donde la relación llega al 0'25:1, pero esto no es aconsejable para el video-mapping arquitectónico ya que al situar el proyector tan cerca de la fachada sobre la que se quiere trabajar, al no tratarse de un objeto plano, puede producir sombras extrañas que arruinarían el contenido de las animaciones.

Potencia lumínica del proyector

La luminosidad describe la cantidad de luz que es capaz de emitir un proyector, medido en lúmenes. Un lúmen equivale aproximadamente a la cantidad de luz que puede emitir una vela encendida. "American National Standards Institute" (ANSI) ha establecido un procedimiento estandarizado para probar el brillo de los proyectores. La mejor unidad de medida de brillo para un proyector son los lúmenes ANSI.

La mayor cantidad de lúmenes está reservada para los proyectores más potentes y de mayor presupuesto.

La potencia lumínica del proyector puede mermar según las condiciones ambientales del lugar donde se va a realizar la proyección, el tamaño de imagen esperado y el material de la fachada sobre la que se va a proyectar.

Resoluciones en los proyectores

La resolución de un proyector es la cantidad de píxeles, en su lado ancho y su lado alto, que conforma la imagen proyectada. Se suele expresar como ANCHO x ALTO, donde ANCHO es el número de píxeles de cada línea horizontal de la imagen y ALTO el de cada columna vertical.

Dado que la imagen se va a ampliar lo suficiente como para cubrir una fachada, existirá una gran diferencia entre la escena en el ordenador y el aspecto final.

Una imagen proyectada está formada por miles de píxeles¹. Cuantos más píxeles haya, más nítida será la imagen. Naturalmente, siempre se querrá la mayor cantidad de píxeles que se puedan obtener, pero como es lógico, cuantos más píxeles genere el proyector mayor será su coste.

No siempre es fácil saber cuál es la resolución de un proyector. Muchos proyectores incluyen la etiqueta HD (siglas de "high definition"), pero esto solo hace referencia a la resolución de entrada de video, no de salida.

Los proyectores de mayor coste disponen de "resoluciones nativas". Un proyector con resolución nativa es un proyector que ha sido diseñado y fabricado para proyectar con esa resolución. La industria ha establecido siglas para ciertas resoluciones nativas de proyectores, a continuación se muestran los más comunes.

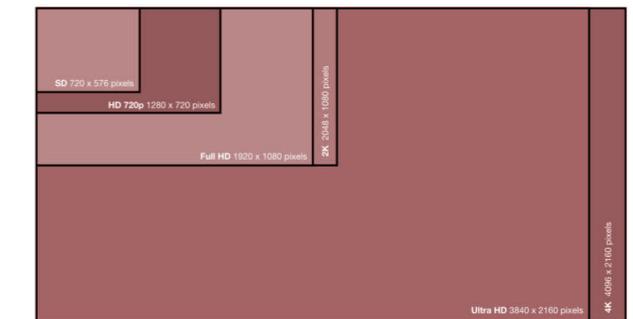


Fig. 29: Resoluciones más comunes en los proyectores (esquema elaborado por el autor)

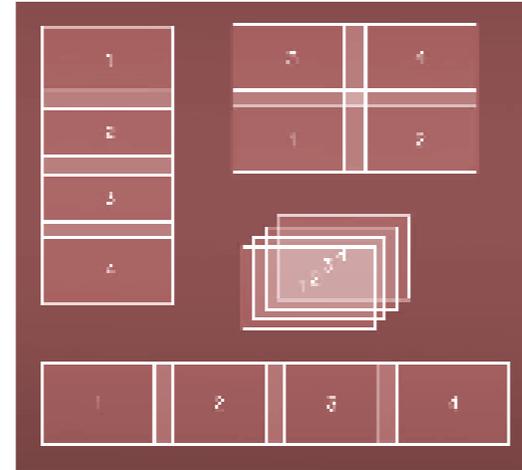
¹ Un *pixel*, acrónimo del inglés "picture element" (elemento de imagen), es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital.

Ya que en el videomapping arquitectónico se suele trabajar con fachadas de tamaños superiores que los que la resolución del proyector puede alcanzar, se suelen vincular dos o más dispositivos para poder obtener las dimensiones y formas deseadas. (imagen n°1)

Esta unión entre dos o más proyectores permite multitud de combinaciones en sus escenas, tanto imágenes más cuadriculadas de gran dimensión como otras de mayor horizontalidad o verticalidad. (imagen n°1)

También es posible combinar varios proyectores para intensificar la cantidad de lúmenes que llegarán a la fachada, en el caso de que un solo dispositivo no sea lo suficientemente potente. (imagen n°2)

En la fotografía inferior (imagen n°3) vemos como no solo es necesario combinar varios proyectores cuando se quieren obtener dimensiones de mayor embergadura, sino que también es muy útil para poder generar escenas sobre superficies como una forma más irregular como la que se muestra abajo.



Diferentes combinaciones en la posición de proyectores (esquema elaborado por el autor)

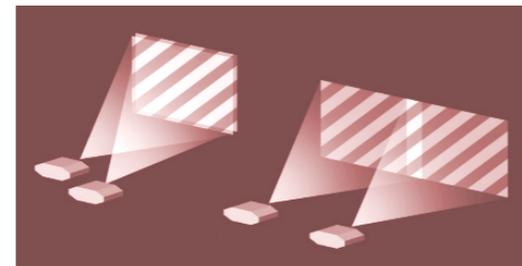


Fig 30: Vinculación de dos proyectores para brillo o forma



Fig 31: Disposición de tres proyectores sobre una fachada con forma irregular (proyecto a cargo de la empresa Lumitrix)

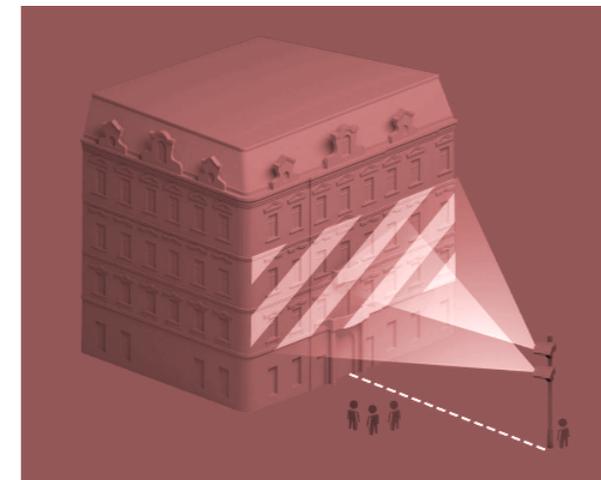
Cada proyecto tendrá unas necesidades diferentes según los condicionantes que marque la fachada sobre la que se va a proyectar, el espacio físico sobre el que se trabaja, las condiciones ambientales y las dimensiones y forma de las imágenes proyectadas. A continuación se muestran cuatro esquemas con diferentes disposiciones de proyectores en función de sus necesidades. Todas las imágenes están producidas por el software gratuito que ofrece la empresa Lumitrix.



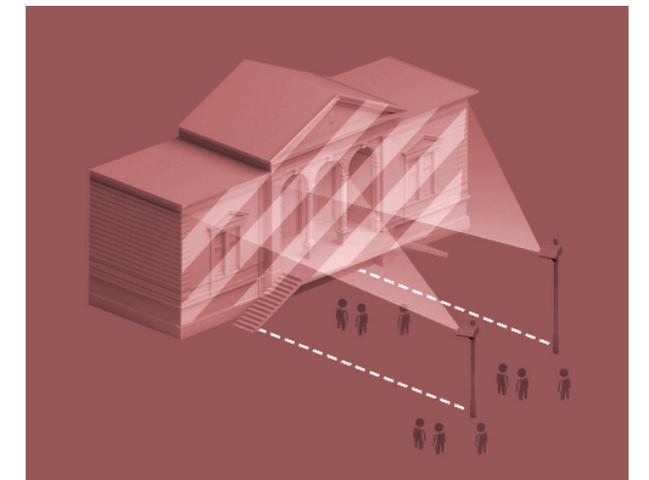
Ejemplo n°1 (un proyector, posición cercana a la fachada) Fuente: Lumitrix



Ejemplo n°2 (un proyector, posición lejana a la fachada) Fuente: Lumitrix



Ejemplo n°3 (dos proyectores juntos, mayor cantidad de lúmenes) Lumitrix



Ejemplo n°4 (dos proyectores separados, mayor dimensión de imagen) Lumitrix

3.2.2 Producción del modelo tridimensional. Fotogrametría y escáner láser.

A la hora de realizar un videomapping arquitectónico, es fundamental tener toda la información posible de la fachada sobre la que se va a proyectar. Para ello se trabaja con planos reales y medidas a pie de calle, pero muchas veces la complejidad del edificio hace que esto no sea suficiente y haga falta información más detallada.

Es entonces cuando se recurre a dos técnicas con un desarrollo diferente pero un mismo objetivo: la fotogrametría y el escáner láser.

La fotogrametría

Es una técnica que consiste en la toma de cientos de fotos desde diferentes ángulos alrededor de un objeto para acto seguido agruparlas y formar un modelo tridimensional con el que poder trabajar. Con ello se consigue una definición de forma precisa de las dimensiones y geometría de la fachada sobre la que se va a realizar la proyección.

A continuación se muestra un ejemplo propio realizado en la asignatura "Representación Avanzada de la Arquitectura I" de la Universidad de Valladolid para explicar este proceso:

Primero se toma un conjunto grande de fotos desde diferentes ángulos alrededor del objeto sobre el que se quiere trabajar. En este caso el ejemplo está realizado sobre la escultura de una dama.

A continuación se seleccionan las fotos y se insertan en el software de fotogrametría que se vaya a utilizar (en mi caso era Agisoft Photoscan¹).

El propio software es el encargado de orientarlas y a partir de ellas generar una nube de puntos densa, que ya intuye como será el modelo. (imagen 01)

Una vez creada la nube de puntos densa con éxito, el siguiente paso es generar una malla. Esta va a producir centenares de polígonos que darán mayor definición al modelo y permitirá aplicar texturas a él. (imagen 02)

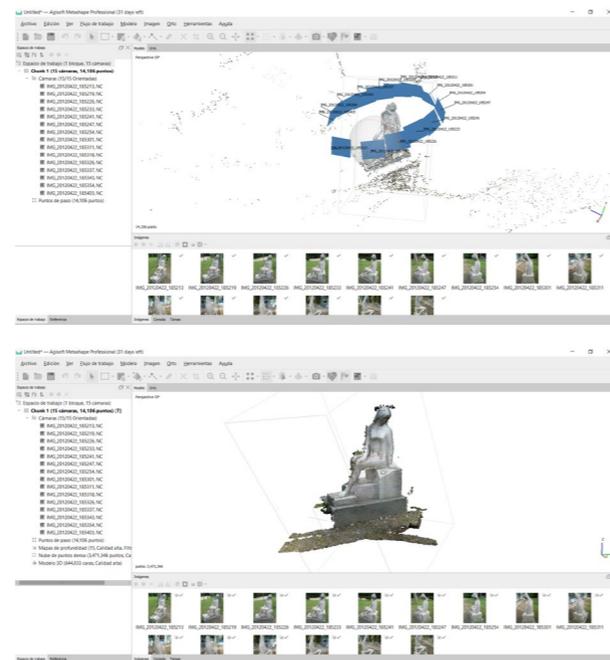


Fig. 31 y 32: Imágenes del software Agisoft PhotoScan (elaborado por el autor)

El escáner láser

El escáner láser es un instrumento que sirve para capturar la geometría y color de cualquier objeto, o del entorno cercano, a partir del almacenamiento masivo de datos.

Estos datos, en forma de nube de puntos, se obtienen a través de la medición de distancias y ángulos mediante un rayo de luz láser, que se combina con cámaras fotográficas, para registrar también la información del rango visible. Los datos se utilizarán posteriormente para formar un modelo tridimensional del objeto. Es decir, que con la tecnología del escáner láser se es capaz de transformar un objeto real en uno virtual, y manipular este a través de un software especializado.

Existen varios tipos de escáner láser en función de la medición de la distancia. Para arquitectura y patrimonio los más utilizados son los de diferencia de fase.

Estos escáneres láser se basan en la emisión de una serie de ondas láser de diferente longitud de onda sobre el objeto medido, las cuales al ser reflejadas y recibidas de nuevo en el escáner permiten determinar la distancia al objeto, comparando la fase de las ondas emitidas con las recibidas.

La gran ventaja de esta técnica es la mayor precisión en la medición (pudiendo llegar a décimos de milímetro en la distancia) y también la cantidad de puntos registrados, que actualmente llega a 1 millón de puntos por segundo.

Es habitual en el videomapping arquitectónico que, además de la fachada, también se genere un espacio virtual a escala para luego posicionar los proyectores y fuentes de luz que se van a utilizar en el lugar exacto que estarán cuando se realice la proyección. Esto ayuda a la hora de prever cuáles son las mejores posiciones para generar la sensación y el resultado esperado en los espectadores.



Fig. 33: Unidad de escáner láser C10 de la empresa Leica Geosystems

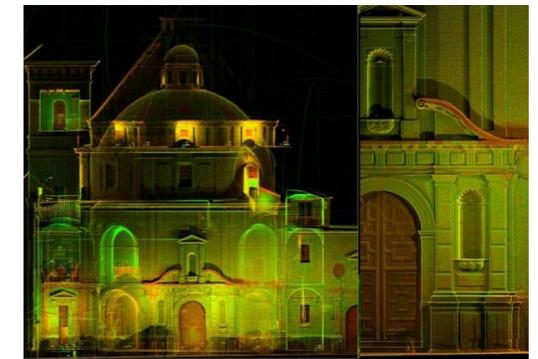


Fig. 34: Escaneado láser de la Iglesia del Santísimo Cristo de Málaga

¹ Agisoft PhotoScan es un software de escritorio para procesar imágenes digitales y, mediante la combinación de técnicas de fotogrametría digital y visión por computador, generar una reconstrucción 3D del entorno.

3.2.3 El software. Proporciones, geometría y un ejemplo práctico. Todas las imágenes referenciadas en este texto están recogidas en la página 20 y forman parte de un ejemplo práctico.

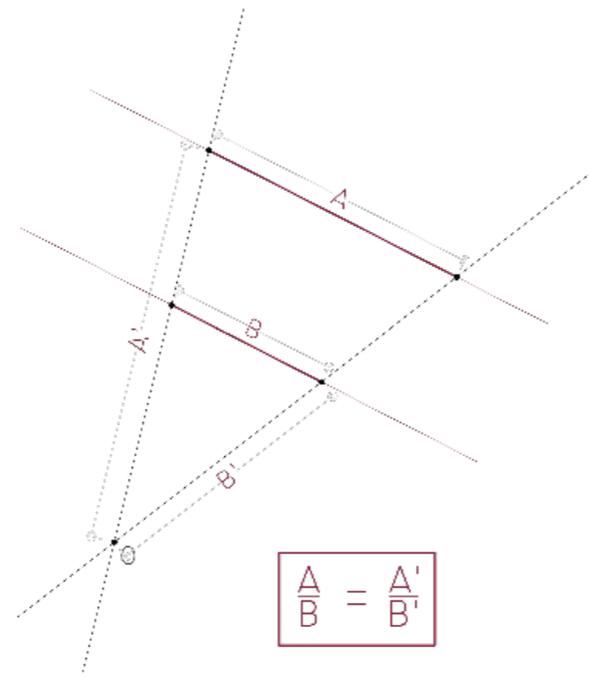
Usualmente se describe el videomapping como la técnica utilizada para posicionar un pixel en un espacio físico conocido dentro de una proyección. (imagen 01)

Esto no queda solo aquí. El videomapping también nos permite saber dónde están situados todos los píxeles de la proyección al mismo tiempo y cómo pueden agruparse entre ellos. (imagen 02)

El primer teorema de Tales¹ enuncia que si dos rectas cuales quiera son cortadas por una serie de rectas paralelas, los segmentos que se forman en una de ellas son proporcionales a los segmentos correspondientes formados en la otra recta. Esta razón o igualdades determinan a su vez el criterio de paralelismo de rectas.

Este es el sistema que utilizan todos los softwares de videomapping hoy en día para determinar la posición exacta de cada una de las esquinas del volumen sobre el que se va a proyectar.

Para explicar el proceso de un videomapping, se va a simular un ejemplo muy sencillo sobre un pequeño prisma rectangular de papel.



Primer teorema de Tales (esquema elaborado por el autor)

El primer paso consistiría en tomar medidas reales del espacio físico sobre el que se va a proyectar. (imagen 03)

Es fundamental que las proporciones con las que se va a trabajar en la imagen sean las mismas que las del objeto real en el que se va a producir el videomapping. (imagen 04)

¹ Tales de Mileto (624 a.C. - 546 a.C.) fue un filósofo, matemático, geómetra, físico y legislador griego. Es considerado como el iniciador de la escuela de Mileto y uno de los Siete Sabios de Grecia.

En este caso, al tratarse de caras rectangulares, planas, con cuatro esquinas y una sola dimensión, bastaría con ir al software de animación que se esté utilizando y ajustar cada esquina de nuestra imagen con las del prisma rectangular sobre el que se va a proyectar, viéndolo en directo. (imagen 05 y 06)

Suele ser habitual generar una cuadrícula primero sobre el objeto que ayude a animar la escena. (imagen 07 y 08)

Si se quisiese mapear sobre un plano que se encuentra doblado, la mayoría de softwares ofrecen mallas curvas basadas en curvas de Bézier¹ que ayudan a ajustar mejor la imagen a este tipo de planos. (imagen 09 y 10)

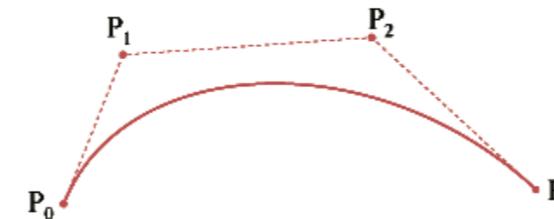


Fig. 35: Ejemplo gráfico de una curva de Bézier

Las dificultades aparecen cuando se quiere trabajar sobre algo más complejo, como una superficie curva. (imagen 11)

¹ Se denomina curvas de Bézier a un sistema desarrollado hacia los años 1960 para el trazado de dibujos técnicos, en el diseño aeronáutico y de automóviles. Su denominación es en honor a Pierre Bézier, quien ideó un método de descripción matemática de las curvas que se comenzó a utilizar con éxito en los programas de CAD.



Fig. 36: Videomapping por el artista Koo Jeong sobre un skatepark

Aquí ya es necesario recurrir a sistemas de escáner láser (imagen 12) o fotogrametría, los cuales permitan generar un modelo tridimensional (imagen 13) del objeto con el que se va a trabajar.

Una vez obtenido el modelo en tres dimensiones, este se llevará al software de videomapping que se esté utilizando. (imagen 14)

Una vez allí se aplicará una nueva malla cuadrícula (imagen 15) que cubra toda la cara del objeto sobre la que se va a proyectar y así poder empezar a crear las animaciones sobre ella.

A continuación se muestran las quince imágenes referenciadas en el texto, las cuales forman parte de un ejemplo práctico realizado por el artista Philipp Contag-Lada con base en Stuttgart.



Imagen 01

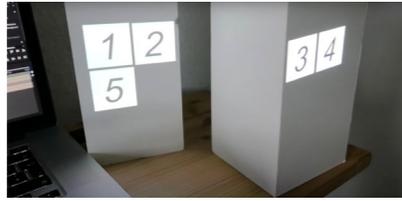


Imagen 02



Imagen 03

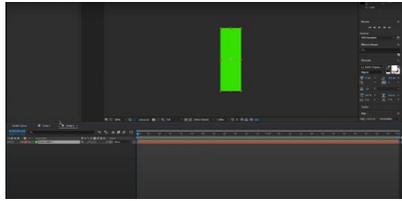


Imagen 04

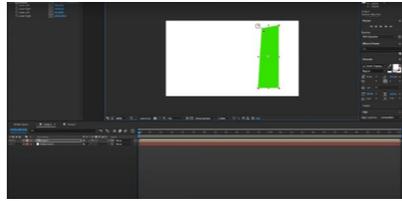


Imagen 05



Imagen 06

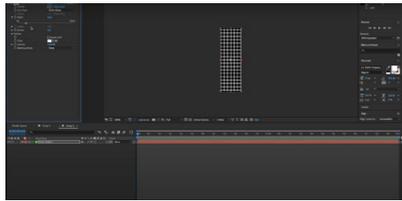


Imagen 07

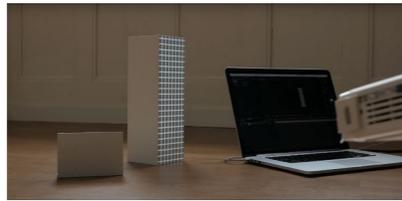


Imagen 08

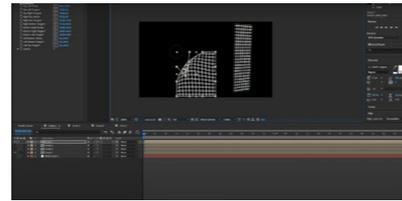


Imagen 09



Imagen 10



Imagen 11

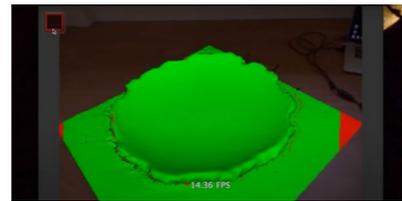


Imagen 12

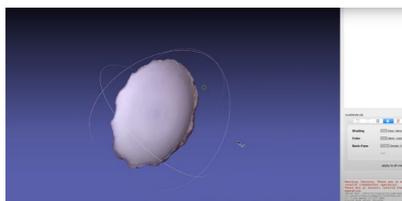


Imagen 13

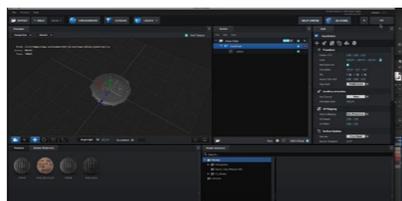


Imagen 14



Imagen 15

Softwares de iluminación y sonido

Para empezar a crear nuestras animaciones, debemos trasladar nuestra cámara virtual dentro del software de videomapping que estemos usando a la posición donde estará colocada la audiencia.

Esto no siempre es fácil, ya que es probable que no todo el mundo esté situado en un mismo sitio a la hora de ver la proyección. Además, algunas veces las cámaras virtuales introducen sombras artificiales y hay áreas que estas no pueden definir debido a su ángulo.

Llevar a cabo un videomapping arquitectónico requiere de mucho tiempo y dedicación. La parte técnica de cada proyecto es quizás lo más complejo. Son muchos elementos diferentes trabajando al mismo tiempo para crear una pieza única. Combinar la iluminación con la arquitectura, la música, luz, el video y las emociones.

Con el software se logra integrar el contenido creado tridimensionalmente con el espacio físico donde se realiza la instalación. La gran mayoría de veces el material técnico que se va a utilizar para la proyección es de un alto presupuesto y solo es posible contar con este unos días antes de la realización del videomapping.

Normalmente se generan las imágenes en el mismo software donde se tiene implantado el modelo espacial de la fachada sobre la que se va a trabajar. Esto permite que el comportamiento de las luces y las animaciones no cambie a la hora de trasladarlo al espacio físico.

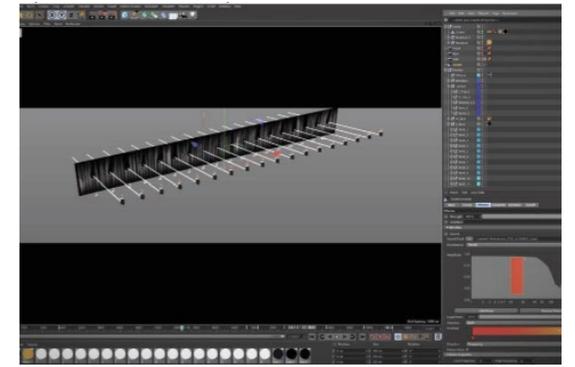


Fig. 37: Software Cinema 4D (fuente: OnionLab)

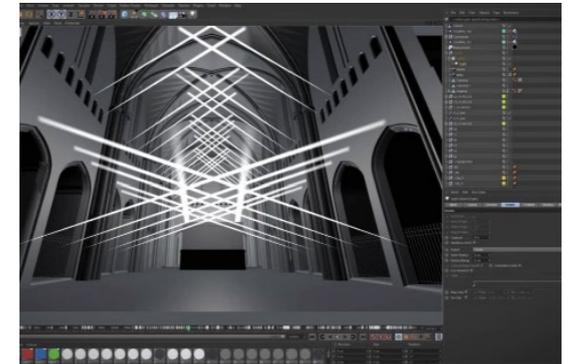


Fig. 38: Software Cinema 4D (fuente: OnionLab)

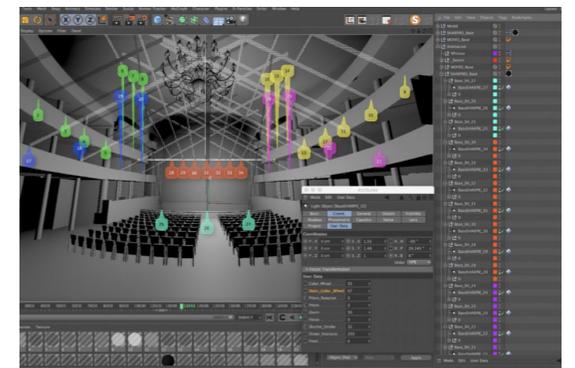


Fig. 39: Software Cinema 4D (fuente: OnionLab)

Una vez se completa la instalación, otro software diferente monitoriza todo el equipo de luces y proyecciones de igual forma que se ha probado en el modelo tridimensional generado por ordenador.

Cada canal DMX¹ de la luz móvil es asignado a unos datos específicos dentro de la luz virtual que variará entre los valores 0 y 255.

Por medio del sistema de programación de nodos dichos datos se enlazarán a los valores correspondientes del móvil virtual para la visualización a tiempo real dentro de la animación, utilizando fórmulas matemáticas para que el rango de datos corresponda con el rango real del canal que estemos animando. Asimismo, la rotación de cada luz móvil es guiada por un objetivo que permite generar efectos complejos.

Dichos valores se exportarán vía OSC² a otro software que controle y sincronice varios programas al mismo tiempo. Dentro de este software se recoge toda la información OSC proveniente del modelo tridimensional con el que se ha trabajado y se enviará a los proyectores situados delante de la fachada donde se va a realizar el videomapping.



Fig. 40: Imágen del software Cinema 4D (fuente: OnionLab)

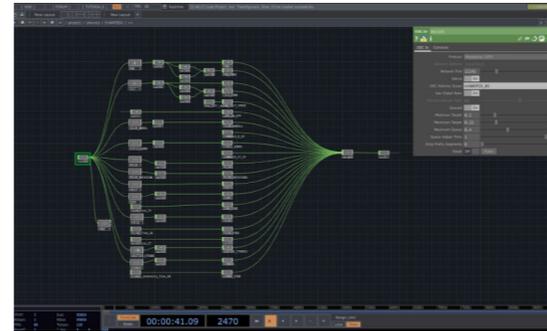


Fig. 41: Imágen del software Touchdesigner (fuente: OnionLab)

¹ DMX (Digital Multiplex) es un protocolo de comunicación entre dispositivos de luminotécnica para el control de la iluminación en espectáculos, permitiendo el control de estas a través de una controladora.

² OSC (Open Sound Control) es un protocolo abierto que define un formato de mensajes que facilita la comunicación entre dispositivos capacitados para recibir o enviar datos por medio de la red, como ordenadores, sintetizadores de sonido y otros controladores multimedia.

3.3 Análisis gráfico del videomapping aplicado a la arquitectura

3.3.1 Patrones naturales como inspiración

A la hora de crear un videomapping, hay muchas cosas en las que poder inspirarse. Cuando se trata de patrones, la principal fuente de inspiración suele ser la naturaleza.

Los patrones regulares y simétricos ocurren en la naturaleza. Gracias a la familiaridad de los patrones, encontramos algo agradable y relajante en ellos. Es casi como si el medio natural eligiera un tema y lo ejecutará. Lo fascinante de ellos es que no son aleatorios.

La naturaleza es una fuente de inspiración eterna. Los elementos que la forman son parte de nuestro día a día y por lo tanto están constantemente en nuestra mente. Hay muchos patrones creados a partir de las fuerzas naturales. Éstas capturan y revelan los resultados de la energía dinámica combinada con la ley de la física. Son producidos a través de la energía, presión, gravedad y otras fuerzas.

Podemos encontrar los patrones naturales en la estructura de una hoja, de las ramas de un árbol o de un cristal. También los encontramos en la forma en espiral de una concha, en la simetría de un copo de nieve y en los dibujos de camuflaje y señalización en la piel de algunos animales, peces e insectos.

Tal vez uno de los más notables es el patrón del copo de nieve, ya que todos los copos de nieve tienen la misma estructura; con una simetría hexagonal y sin embargo, existe una variedad infinita dentro de estos copos de nieve.



Fig. 42: Perlas de las cavernas (fuente: OnionLab)



Fig. 43: Arrecife de coral (fuente: OnionLab)

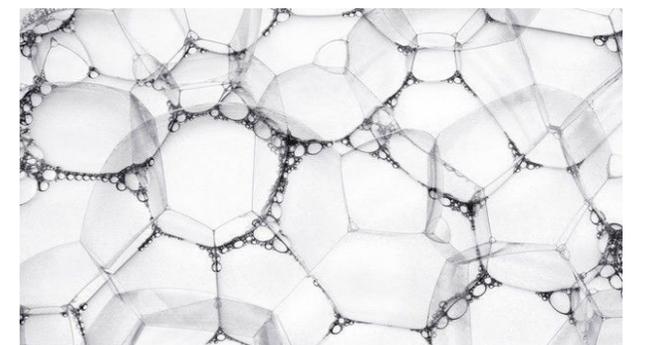


Fig. 44: Burbujas, por Robin Broadbent (fuente: OnionLab)

Otro patrón que sigue apareciendo en diferentes lugares son las estructuras de Turing, llamadas así por el matemático Alan Turing, que estudió cómo se formaban los patrones.

Turing analizó diferentes sustancias químicas presentes en el ambiente que al interactuar crean diferencias de un espacio a otro. Esta teoría explica, por ejemplo, la formación de patrones en las dunas del desierto, ya que la acción del viento sobre la arena provoca la aparición de ondas.

Los patrones creados por la naturaleza pueden ser usados de manera metafórica para aplicarlos en la creación artística. También pueden ayudar a establecer el ritmo en las obras de arte. Se puede jugar con los patrones para atraer la atención de los espectadores. Los patrones naturales evocan hacia algo familiar pero a la vez intrigante, queriendo examinarlos y explorarlos.

A lo largo de la historia, los patrones han sido utilizados en el arte y el diseño; desde el arte rupestre a la arquitectura griega o de las pinturas de Leonardo da Vinci a las de Jackson Pollock. Hoy en día, los artistas están utilizando nuevas tecnologías digitales para crear arte fractal contemporáneo. Algunos creen que los patrones naturales en el arte pueden ayudar a aliviar el estrés de las personas e incluso ayudar a los pacientes a recuperarse más rápidamente, cambiando la forma en que responden al estrés.

Los patrones naturales son una obra de arte fascinante y perfecta que nos permite apreciar pequeños elementos de la naturaleza que no podemos apreciar en nuestro día a día.



Fig. 45: Marmol verde (fuente: OnionLab)

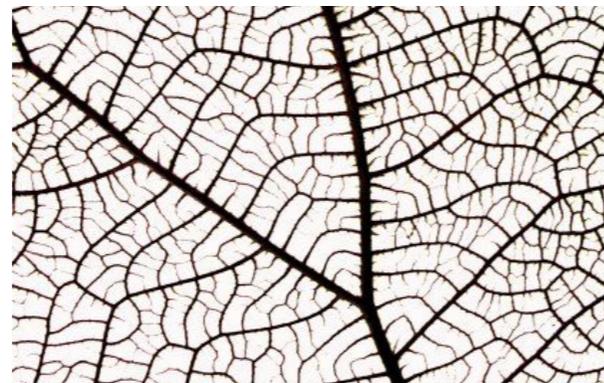
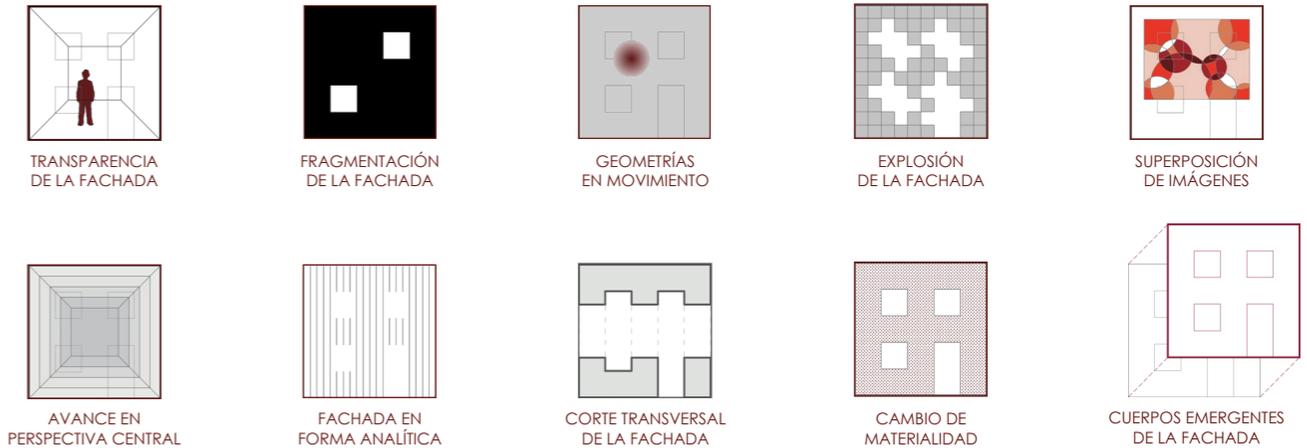


Fig. 46: Hoja de la uva (fuente: OnionLab)



Fig. 47: Fusión de la capa de hielo en Groenlandia (fuente: OnionLab)

3.3.2 Las diez tipologías principales dentro del videomapping arquitectónico.



Después de estudiar cuales son las inspiraciones más recurrentes a la hora de generar patrones que compondrán las escenas proyectadas, se procede a hacer una recopilación de las diez tipologías principales dentro del videomapping arquitectónico.

Para ello, se han observado decenas de proyectos diferentes y se han recogido las diez tipologías que más se repiten o más relevancia tienen en todas ellas. Cabe destacar que esta recopilación es totalmente personal y nace de una investigación propia, no ha sido apoyada por ningún libro ni artículo y es fruto únicamente de todos los videomapping arquitectónicos que han sido estudiados.

En esta recopilación conviven tipologías de diferentes tipos, unas tratan de explotar más las posibilidades tridimensionales que ofrece el videomapping

y otras están más enfocadas a crear patrones que ayuden a establecer el ritmo de la escena o atraen al espectador.

Algunas tipologías como la explosión o la transparencia de la fachada son más concisas. Otras, sin embargo, como las geometrías en movimiento o el cambio de materialidad, engloban diferentes subtipos dentro de ellas y se ha decidido agruparlos todos en una sola para así facilitar su estudio.

Más adelante estas tipologías van a ser utilizadas para el análisis completo de cinco proyectos de videomapping arquitectónico y se va a poder ver como participan cada una de ellas en su cronología y qué impacto tienen. A continuación, se procede a analizar cada una de ellas.



TRANSPARENCIA DE LA FACHADA

Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

Esta técnica consiste en dar la sensación de que el edificio ha perdido su fachada, permitiendo así ver su interior. El espacio que se muestra puede ser real o imaginario. Puede mostrarse una imagen fidedigna de como sería el edificio por dentro actualmente, puede realizarse una reconstrucción de como era en el momento de su construcción (en el caso de edificios históricos) o bien puede proyectarse un espacio totalmente nuevo.

Es habitual jugar con la luz y la sombra en este tipo de técnicas, lo que ayuda a dar una mayor espacialidad al ambiente.

Se suelen mantener ciertos elementos de la fachada presentes, normalmente oscurecidos, como puertas, ventanas, columnas o arcos. Mientras, el resto de material de cerramiento desaparece, o mejor dicho, se vuelve transparente. Esto permite al espectador tener presente en todo momento la posición de la fachada y al mismo tiempo ver o imaginar lo que está ocurriendo dentro.

El mundo interior puede ser estático o puede estar en movimiento; con personas, mobiliario o diferentes efectos especiales.



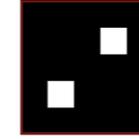
Diploia, Basilica di Santa María, Roma, 2018



El Prado, Museo del Prado, Madrid, 2018



Ulterior, Panteón, Roma, 2018



FRAGMENTACIÓN DE LA FACHADA

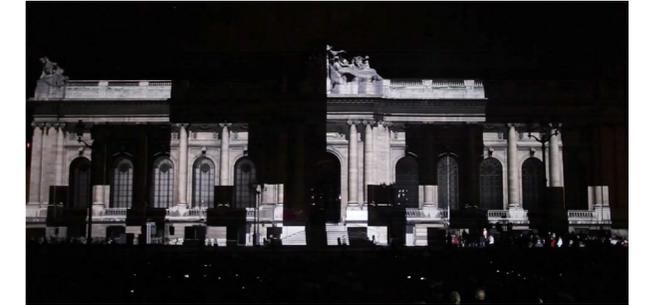
Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

Técnica que consiste en dividir la fachada en piezas más pequeñas. Esto suele hacerse oscureciendo partes concretas de la fachada para que otras queden a la luz y de así la sensación de que están fragmentadas.

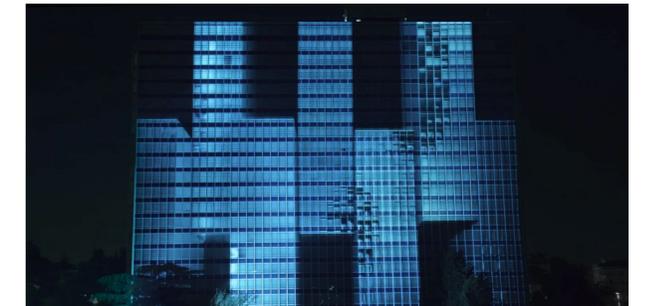
Estas escenas no suelen ser estáticas, sino que las piezas van apareciendo y desapareciendo con el paso del tiempo, cambiando de tamaño, de forma o agrupándose unas con otras.

Es una tipología que puede aparecer como continuación natural a una explosión (tipología nº4) o bien de forma espontánea, pasando de una fachada entera a una fragmentada.

Del mismo modo, puede seguir fragmentándose hasta no llegar a quedar nada y empezar una nueva tipología de cero, o bien puede hacer un vaivén y volver a una fachada intacta.



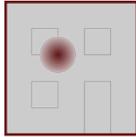
Evolució, Museo de arte e historia, Ginebra, 2013



Paradoxa, Palazzo Eni, Roma, 2019



Evolució, Iglesia de Santa Ludmila, Praga, 2014



GEOMETRÍAS EN MOVIMIENTO

Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

Esta es la tipología que más técnicas y animaciones diferentes abarca de todas. Con geometrías en movimiento se hace referencia a todas aquellas escenas en las que el papel protagonista lo tiene una geometría que no forma parte de la fachada original.

Esta geometría puede ser un círculo, un triángulo, un cuadrado, etc. Pero también puede adquirir volumen y ser una esfera o un cubo. Puede ser un conjunto de líneas, un grupo de partículas con formas diferentes, puede ser cualquier cosa realmente.

Estas geometrías van desplazándose a lo largo de la fachada e irán interactuando con ella por donde vaya pasando: la podrán deformar, la podrán iluminar, o incluso romper.

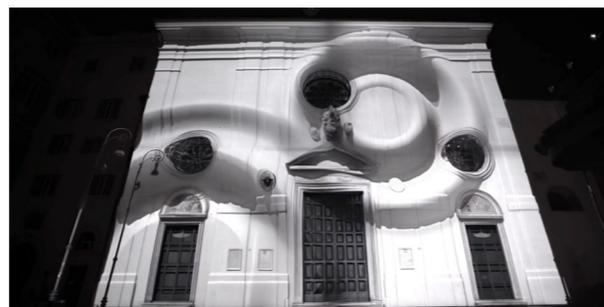
Al ser una tipología tan amplia, suele combinarse con otras para crear escenas más espectaculares.



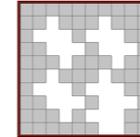
Evolució, Iglesia de Santa Ludmila, Praga, 2014



Paradoxa, Palazzo Eni, Roma, 2019



Diplopiá, Basilica di Santa María, Roma, 2018



EXPLOSIÓN DE LA FACHADA

Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

La explosión de fachada es la tipología más usada a la hora de transicionar entre una escena más larga y otra.

La fachada se destruye y las partes que la componen parecen salir por los aires. Puede tratarse de explosiones en la zona central, como si otro cuerpo las hubiese golpeado, o similar el derrumbamiento desde abajo de toda la fachada.

Los materiales en los que se descompone la fachada pueden ser fidedignos a la realidad y simular los materiales con los que está construido, o proyectar unos nuevos y dar a la fachada una imagen irreal.

Es una tipología que genera escenas de mucho impacto y por ello funciona muy bien como transición. Suelen tener una duración muy limitada y funciona muy bien para dar paso a otras tipologías de mayor duración en el tiempo, como suelen ser la transparencia de fachada (*tipología nº1*) o el avance en perspectiva frontal (*tipología nº6*).

Al derribarse, la fachada puede dejar ver espacios nuevos proyectadas por el artista o fondos negros que resalten mejor las piezas que forman parte de la fachada.



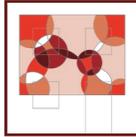
Evolució, Iglesia de Santa Ludmila, Praga, 2014



Paradoxa, Palazzo Eni, Roma, 2019



Diplopiá, Basilica di Santa María, Roma, 2018



SUPERPOSICIÓN DE IMÁGENES

Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

Esta es la técnica que más se asimila a lo que es la proyección tradicional, pero sigue siendo proyección con mapeo (o videomapping) porque todas las imágenes se componen y se animan para un espacio en concreto.

Estas imágenes podrían ser proyectadas sobre otra fachada diferente, pero no se entenderían igual que si se proyectan sobre la fachada sobre la que ha sido pensada.

Se recorta y se delimita la imagen para que coincida con la forma de la fachada sobre la que se está proyectando. Las partes centrales o de más relevancia dentro de la fachada se guardan para las imágenes con más peso dentro de la escena, mientras que las partes laterales o de menor importancia acogen las imágenes más complementarias.

Si se comparase la fachada con un cuadro, como en el videomapping proyectado en el bicentenario del Museo del Prado en Madrid (*imagen n°1*), el protagonista y los que le acompañan ocupan la zona central del pórtico hexástilo y su entablamiento, mientras que los pobres que le ruegan ocupan las zonas más secundarias.



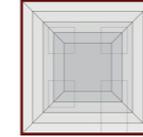
El Prado, Museo del Prado, Madrid, 2018



Tempo de Encuentros, Plaza Toural, Guimarães, 2012



El Prado, Museo del Prado, Madrid, 2018



AVANCE EN PERSPECTIVA FRONTAL

Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

Esta tipología recoge aquellas escenas en la que la fachada pasa a ser un escenario con profundidad, vista desde una perspectiva cónica, frontal, en la que la cámara avanza hacia delante. Este avance puede producirse al mismo tiempo que la cámara gira o realiza cualquier otro tipo de transición.

Estas escenas suelen funcionar como recorridos, en los que existe un inicio y un final. Esto hace que tenga sentido usarlas como transición, para enlazar una tipología con otra.

Son escenas muy dinámicas que combinan muy bien con otras más estáticas. A lo largo del recorrido pueden ir apareciendo imágenes (*tipología n°5*) o geometrías en movimiento (*tipología n°3*).



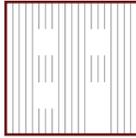
Axioma, Palau del Lloctinent, Barcelona, 2016



Paradoxa, Palazzo Eni, Roma, 2019



El Prado, Museo del Prado, Madrid, 2018



FACHADA EN FORMA ANALÍTICA

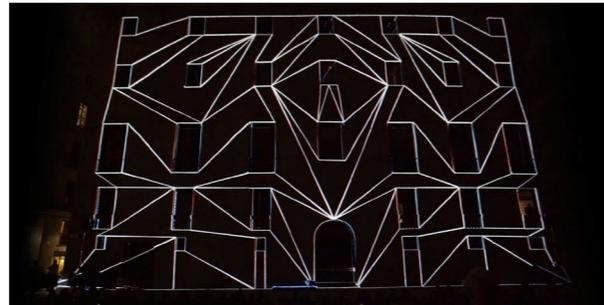
Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

Cuando la fachada se vuelve analítica significa que ha perdido su materialidad y pasa a convertirse en un dibujo a línea.

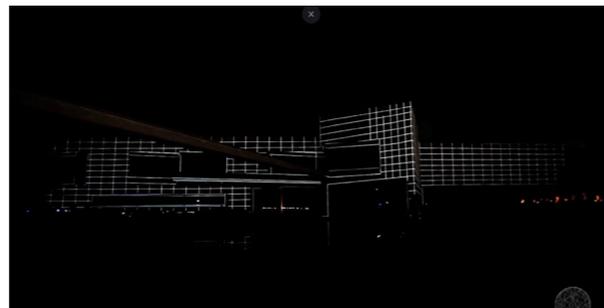
Primero se trazan las formas más representativas de la fachada, como son los huecos y los límites de esta y a continuación, se puede optar por seguir describiendo el resto de formas que la componen (*imagen n°3*) o imaginarse unas completamente nuevas (*imagen n°1*).

También puede utilizarse el delineado para representar la materialidad de la fachada, que se ha perdido al convertirse en un modelo analítico. Del mismo modo, pueden representarse los elementos constructivos de la fachada como realmente son (ladrillo, piedra, sintéticos, etc) o imaginarse unos nuevos, enriqueciendo más aún la escena.

El tipo de línea que se proyecta puede variar según el carácter que se quiera dar; es muy común ver dibujos técnicos, pero también hay casos en los que el trazo se vuelve más artístico, como si se hubiese realizado a lápiz.



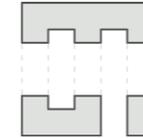
Axioma, Palau del Lloctinent, Barcelona, 2016



A-cero, Oficina de Arquitectura A-cero, Madrid, 2011



El Prado, Museo del Prado, Madrid, 2018



CORTE TRANSVERSAL DE LA FACHADA

Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

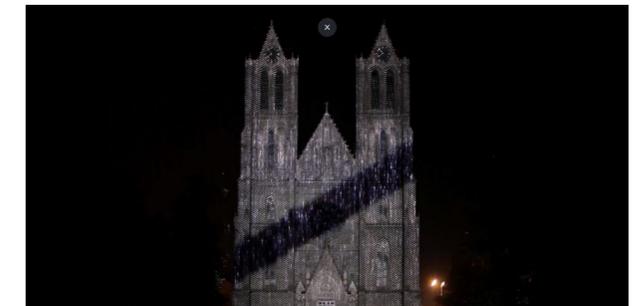
Es una de las tipologías más impactantes de las diez que he recogido en este capítulo. La fachada es seccionada transversalmente y da la sensación de dividirse en dos partes.

Este corte puede ser horizontal o inclinado. Las partes que lo forman se mantendrán estáticas o se irán desplazando según el carácter que se quiera dar a la escena. El hueco que deja libre la sección se aprovecha para realizar alguna animación que dé más impacto a la escena.

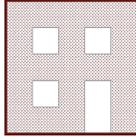
En la imagen n°1, vemos como la parte superior de la Basílica di Santa María se desprende de la inferior y deja a su paso un rastro como si de un fluido se tratase. Por el contrario, en la imagen n°2, podemos apreciar como la Iglesia de Santa Ludmila se ha seccionado y la partes que la dividen quedan estáticas, quedando un rastro de partículas de agua en el trayecto que ha dejado el corte.



Diploia, Basilica di Santa María, Roma, 2018



Evolució, Iglesia de Santa Ludmila, Praga, 2014



CAMBIO DE MATERIALIDAD

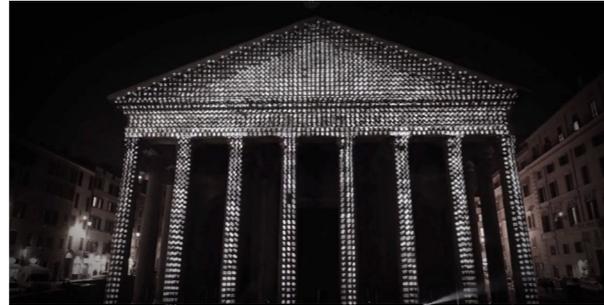
Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

Cambio de materialidad se refiere a aquel grupo de tipologías en los que la fachada ha pasado de tener un material de construcción a otro diferente.

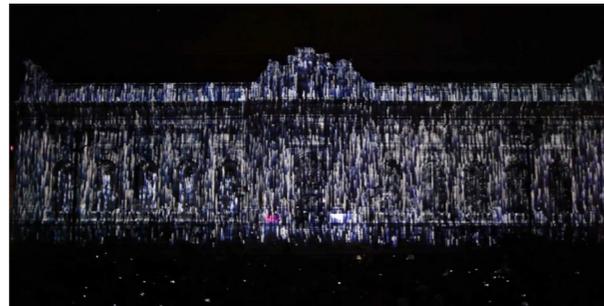
Este cambio puede ser realista, mudando de una fachada construida en ladrillo a una hecha en piedra, por ejemplo. Pero esta técnica suele reservarse para cambios más utópicos, en los que la fachada resultante no sería posible verla construida en condiciones normales.

Son comunes las conversiones a elementos orgánicos en los que el cerramiento del edificio pasa a estar formado por mantos de agua o bosques salvajes. También se utilizan materialidades ficticias como partículas de luz o nubes de puntos.

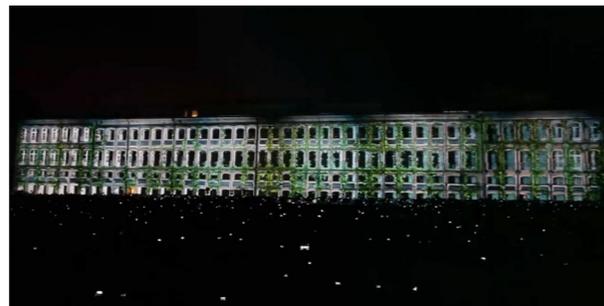
Esta técnica es especialmente provechosa en edificios con fachadas de hormigón pulido o piedras calizas, sin demasiados huecos, que dejen un lienzo lo más blanco posible sobre el que proyectar y así poder ver diferentes formas, reales o no, de construir dicha fachada, solo con el uso de la luz.



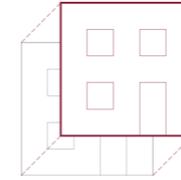
Ulterior, Panteón, Roma, 2018



Evolució, Museo de arte e historia, Ginebra, 2013



Tempo de Encontros, Plaza Toural, Guimarães, 2012



CUERPOS EMERGENTES DE LA FACHADA

Las diez tipologías principales en el videomapping arquitectónico

La última tipología de las diez que he analizado hace referencia a aquellas técnicas en las que se consigue que partes del edificio salgan hacia fuera de su plano de fachada.

Los cuerpos que emergen pueden formar parte de esta, como es el caso de la imagen nº1 donde se ve como partes de la fachada del Palau del Lloctinent, en Barcelona, salen para fuera, en forma piramidal.

Sin embargo, en la imagen nº2 se puede apreciar como tres de los pétalos del ArtScience Museum de Singapur sostienen tres rostros femeninos que salen hacia fuera de la fachada.

Esta técnica es el contrapunto de las tipologías nº1 y nº6 ya analizadas previamente: la transparencia de la fachada y el avance en perspectiva frontal. Mientras que en estas se busca conseguir un efecto de tridimensionalidad hacia dentro del edificio, como si la fachada estuviese hueca, aquí la volumetría sale hacia fuera y da el efecto de que la fachada la está sosteniendo.



Axioma, Palau del Lloctinent, Barcelona, 2016



Evergreen, ArtScience Museum, Marina Bay, 2018

3.3.3 Cuadro resumen y selección de proyectos. Los veinticinco videomapping más representativos de la década.

AÑO	NOMBRE	LOCALIZACIÓN	MOTIVO	AUTORES	EDIFICIO	DURACIÓN
2011	Helios	Torun (Polonia)	Festival "Skyway Lights"	Limelight (Hungria)	Collegium Maximum	6'20"
2012	Urban	Kosice (Eslovaquia)	Festival de la "Noche Blanca"	OneClick (Eslovaquia)	Urban Tower	3'00"
2013	La Fête Nationale	Abu Dhabi (Emiratos Árabes)	"43rd National Day"	Ruggieri (Francia)	Burj Al Arab	8'40"
2013	Souldust	Ozora (Hungria)	Festival "OZORA"	Viktor Vicsek	Escenario Principal	5'50"
2014	À Conquista do Castelo de Óbidos	Óbidos (Portugal)	Festival "Óbidos Luz"	Hipnose (Portugal)	Castillo de Óbidos	7'20"
2014	Waterfall	Lodz (Polonia)	"Light Move Festival"	Feel Design (Polonia)	Plac Wolności	8'50"
2015	Hyakki Yagyo	Niigata (Japón)	Festival Internacional "Minatopika"	Neba Studio (Macau)	History Museum	1'00"
2016	Axioma	Barcelona (España)	Festival "Llum BCN"	Onionlab (España)	Palau del Lloctinent	9'10"
2016	Interconnection	Bucarest (Rumania)	Festival "iMapp"	Limelight (Hungria)	Palacio del Parlamento	5'00"
2016	Songlines	Sydney (Australia)	Concurso "Lighting the Sails"	Rhoda Roberts & Eddy Herringson	Sydney Opera House	15'50"
2016	Contrasts	Debrecen (Hungria)	"50th Flower Carnival"	Maxin10sity (Hungria)	Debrecen University	3'10"
2017	Cosmic Flow	Torun (Polonia)	Festival "Bella Skyway"	Limelight (Hungria)	Collegium Maximum	5'30"
2017	Beautiful Bangkok	Bangkok (Tailandia)	Festival de fin de año	MQDC (Tailandia)	Magnolias Ratchadamri	4'30"
2017	Quartz	Sharjah (Emiratos Árabes)	"Sharjah Light Festival"	Nomada (Emiratos Árabes)	Al Noor Mosque	2'30"
2018	El Prado	Madrid (España)	Bicentenario del Museo del Prado	Onionlab (España)	Museo del Prado	10'00"
2018	What if	Melbourne (Australia)	Noche blanca de Melbourne	Limelight (Hungria)	Royal Exhibition Building	6'10"
2018	La catedral de los ladrones	Los Ángeles (Estados Unidos)	Colaboración entre artistas	Limelight & Gabriel Schama	Escultura tallada en madera	2'00"
2018	Evergreen	Marina Bay (Singapur)	Festival "iLight Marina Bay"	Limelight (Hungria)	ArtScience Museum	3'10"
2018	Versus	Slemmestad (Noruega)	Festival "Factory Light"	Csaba Vilagosi	Limelight Academy	2'30"
2018	Diplopia	Roma (Italia)	"Solid Light Festival"	Onionlab (España)	Basilica di Santa María	8'30"
2019	Dual	Moscú (Rusia)	Festival "Circle of Light"	Re:sorb (Alemania)	Teatro Bolshoi	3'40"
2019	Exponent	Moscú (Rusia)	Festival "Circle of Light"	SKGMedia (China)	Museo de la Victoria	3'00"
2019	Coexistence	Sydney (Australia)	Festival "Vivid Sydney"	Limelight (Hungria)	Chatswood Arts Centre	9'00"
2019	Another Nature	Debrecen (Hungria)	"Rescape Light Art Experience"	Limelight (Hungria)	Debrecen University	10'00"
2019	Incunabula	Denver (Estados Unidos)	Luces nocturnas en Denver	Limelight (Hungria)	Denver Clock Tower	2'40"

Es importante en este punto, con los conocimientos adquiridos hasta el momento en el transcurso de este trabajo, comenzar a recopilar ciertos proyectos relevantes en el videomapping arquitectónico y desgranar algunos de ellos para así comprender esta técnica de forma completa.

Se ha recurrido a un total de veinticinco proyectos de gran variedad entre sí, con el fin de establecer unas conclusiones acertadas y no basadas únicamente en un estilo concreto.

Se procede en este contexto a realizar un cuadro representativo, organizado cronológicamente, que albergue los que, a mi modo de ver y después de un intenso estudio, he considerado los veinticinco videomapping arquitectónicos más representativos de la década.

En este cuadro se indentifican datos tales como fecha, nombre de la obra, localización y motivo del proyecto, autor o autores, edificio sobre el que se proyecta y duración del espectáculo. A continuación, se han escogido de entre todos, cinco proyectos con características diferentes para realizar un análisis más exhaustivo de cada uno de ellos.

El primer pliego está centrado en explicar la cronología de la obra mediante una línea de tiempo y ver cómo actúan las diferentes tipologías analizadas anteriormente en ella. Se muestra su duración, su impacto y como combinan entre ellas. Para facilitar su lectura, se han recogido los fotogramas de cada una de las tipologías proyectadas y se les ha asignado una letra que a su vez estará presente en su tramo de la línea de tiempo junto a su logo.

Por otra parte, el segundo pliego está enfocado a aspectos más técnicos y teóricos del videomapping arquitectónico, fundamentado en lo ya visto en el trabajo anteriormente.

En primer lugar se ha dibujado en CAD cada una de las fachadas de los proyectos analizados y se ha marcado el área de proyección aproximado dentro de ellas. Todas las fachadas están representadas en el mismo formato y con la misma escala gráfica. Además, se ha colocado una persona de estatura estándar en cada una de ellas para entender mejor las dimensiones que tiene cada proyecto y como cambian las necesidades según un edificio u otro.

A continuación, se ha realizado una propuesta de cómo podrían disponerse los proyectores y en qué medida para conseguir un mismo nivel de brillo y definición con unas condiciones lumínicas y ambientales iguales para todos y un mismo dispositivo de proyección, en este caso un T4 LAZR de la empresa Lumitrix.

Cabe remarcar que aquí no se está explicando cuál fue la disposición real que se utilizó en el momento en qué se realizó la proyección, sino que con los conocimientos técnicos adquiridos a medida que se ha ido realizado el trabajo y con ayuda del software que proporciona la empresa de luminotecnía Lumitrix, se ha decidido presentar una propuesta de cómo podría realizarse cada proyecto de videomapping para cada una de las diferentes fachadas.

01 "AXIOMA" (Palau del Lloctinent, Barcelona, España, 2016)

Análisis gráfico de cinco proyectos de videomapping arquitectónico



Palau del Lloctinent, Barcelona

Este videomapping arquitectónico a cargo de la compañía barcelonesa OnionLab forma parte del proyecto "Axioma", presentado en diversas ciudades europeas como Barcelona, Roma, Eindhoven y Binghamton. En cada una de ellas se proyectó sobre un edificio diferente, pero el trabajo era muy similar en todas. En este caso se va a analizar el efectuado sobre la fachada del Palau del Lloctinent, en Barcelona.

Durante los casi diez minutos que dura la proyección, se propone al espectador un trayecto sonoro y visual que sumerge en un viaje a través de formas y transformaciones geométricas. Es un viaje que lleva al espectador a través de diferentes etapas o dimensiones: el punto, la línea, el plano, los volúmenes y las formas geométricas complejas.

Axioma es una interpretación de la rama de la geometría y la matemática que se ocupa del estudio de las propiedades geométricas de los cuerpos.



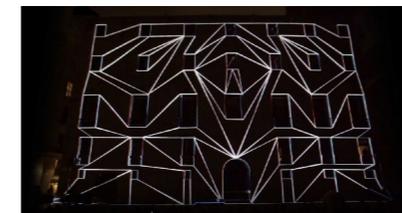
a) Cambio de materialidad (primera forma)



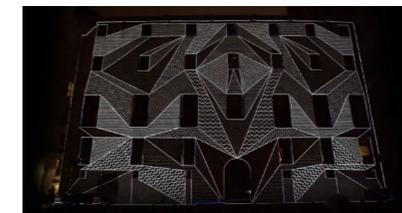
b) Cambio de materialidad (segunda forma)



c) Cambio + Geometrías en movimiento



d) Fachada en forma analítica (tipo 1)



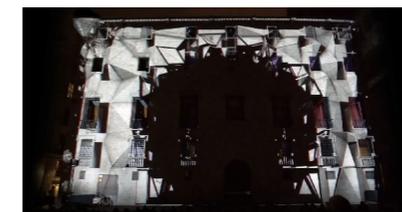
e) Fachada en forma analítica (tipo 2)



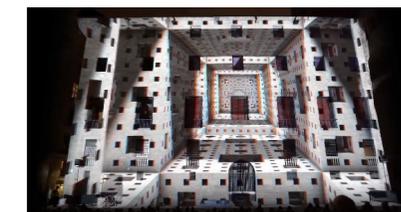
f) Fragmentación de la fachada



g) Cuerpos emergentes de la fachada



h) Explosión de la fachada (transición)



i) Avance en persp. frontal (primera etapa)



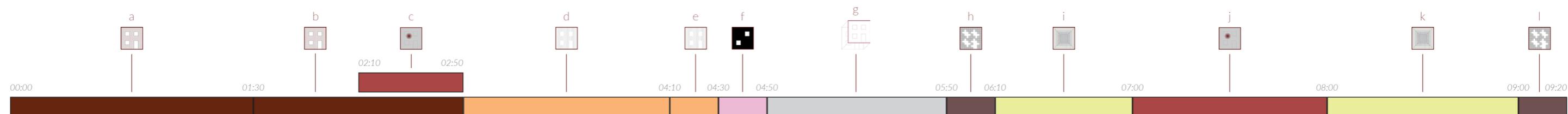
j) Geometrías en movimiento



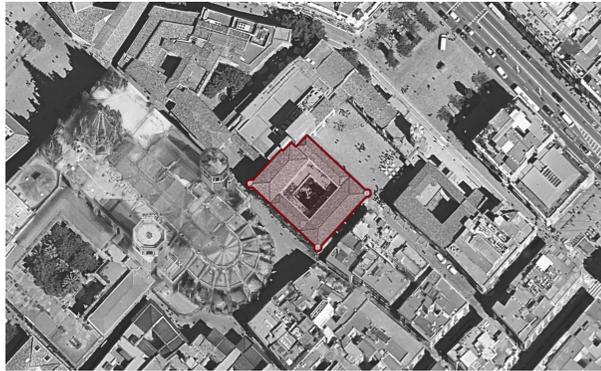
k) Avance en persp. frontal (segunda etapa)



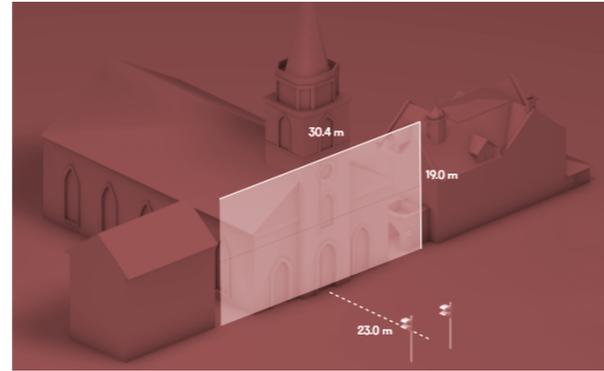
l) Explosión de la fachada (inverso) (final)



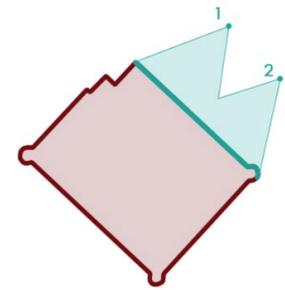
LINEA DE TIEMPO



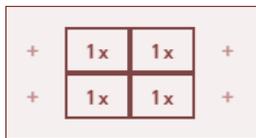
Plano de situación



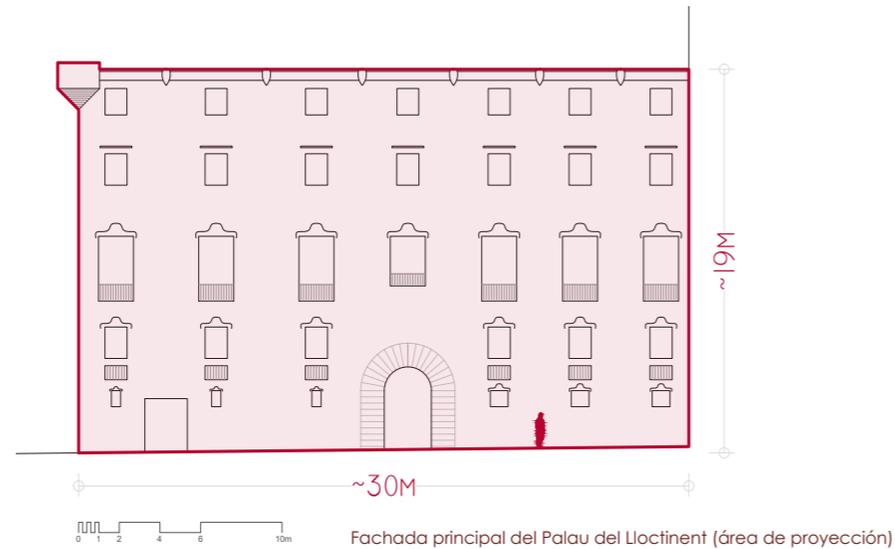
Esquema tridimensional del conjunto



Fachada proyectada y disposición en planta



Matriz de conjunto



Fachada principal del Palau del Lloctinent (área de proyección)

El Palau del Lloctinent es un edificio que data del 1549. Forma parte del conjunto monumental de la Plaza del Rey y tiene dos fachadas, una hacia la calle de las Cuentas y la otra a la Plaza del Rey, la cual se utilizó para el videomapping "Axioma" que se va a analizar a continuación.

Se mezclan diferentes estilos arquitectónicos entre los que destaca el gótico y el renacentista. Algunas piedras originales de la fachada aún se conservan, provenientes del antiguo cementerio judío de Montjuïc. Esculturas eróticas adornan las ventanas e inscripciones en hebreo recubren la pared. El edificio se rehabilitó en 2007 y desde entonces es la sede histórica del Archivo.

La Plaza del Rey es donde se situará la audiencia. Está recogida en sus cuatro costados y le da un ambiente único al espacio. Al no tener mucha profundidad, los proyectores han de estar relativamente cerca de la fachada, por lo que serán necesarias lentes de proyección más cortas de lo habitual.

El área de proyección que se utilizó durante el videomapping "Axioma" fue de aproximadamente el de un rectángulo de 30x19 metros, con el añadido de un pequeño volumen en su esquina superior izquierda. Destacar que la plaza presenta una pendiente pronunciada, lo que hace que la plantilla de

trabajo vaya a ser más un trapecio que un rectángulo.

Se proponen entonces dos grupos de proyectores situados a unos 23 metros de la fachada, casi al final de la plaza. Cada uno de ellos contará con dos dispositivos que aseguren los lúmenes y las dimensiones necesarias para realizar el proyecto: dos apuntando a la parte inferior de la fachada y otros dos a la superior, formando así la matriz que se ve en la parte izquierda del pliego. El ratio de lente elegido para este caso es de 1:1, algo más corto de lo habitual, debido a las dimensiones reducidas de la plaza. (Cada metro de distancia a la fachada es un metro en el ancho de la imagen proyectada)

Con los dos grupos de proyectores trabajando en conjunto se obtiene un rectángulo de proyección de 31x19m, que salva la altura necesaria y le da algo más de holgura al tramo más ancho, pudiendo acoger el volumen que sobresale de la esquina superior izquierda.

La luz ambiental que se supone para el proyecto es la misma que para los cuatro ejemplos que se van a ver a continuación: una noche oscura sin luces artificiales adicionales apuntando a la fachada, tales como farolas o focos urbanos. El tono claro que le da la piedra a la fachada favorece su proyección.

02 "CONTRASTS" (Universidad de Debrecen, Hungría, 2016)

Análisis gráfico de cinco proyectos de videomapping arquitectónico



Universidad de Debrecen, Hungría

El prestigioso director de arte László Czigány de la compañía Maxin10sity fue invitado a formar parte esencial de un grupo de grandes artistas de Hungría que iluminaron la Universidad de Debrecen el 18 y 19 de agosto de 2016 como parte del festival de carnaval con el nombre de "Contrasts".

La fachada de la Universidad de Debrecen, gracias a sus fantásticas condiciones geométricas y de emplazamiento, es lienzo habitual de muchos videomapping arquitectónicos y son muchos los festivales de artes visuales que se suelen realizar allí.

Este es sin duda el que más relevancia ha tenido de entre todos, llegando a ser el trabajo más notorio de la compañía y uno de los más importantes de toda Hungría, país con muchos trabajos notables dentro del videomapping arquitectónico.



d) Fachada en forma analítica (inicio)



b) Explosión de la fachada



c) Fragmentación de la fachada



d) Geometrías en movimiento (primera forma)



e) Explosión de la fachada (transición)



f) Geometrías en movimiento (segunda forma)



g) Avance en persp. frontal (1ª etapa)



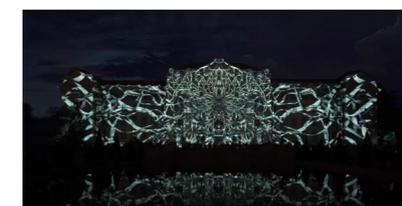
h) Avance en persp. frontal (2ª etapa)



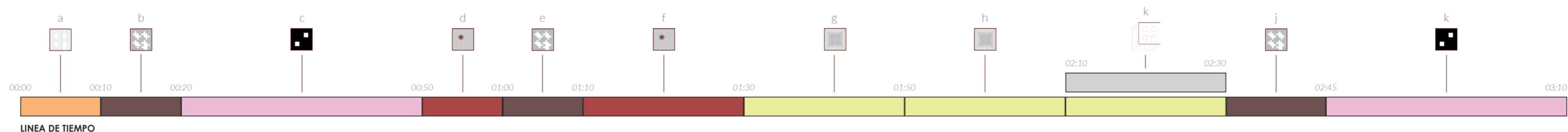
i) P. frontal + Cuerpos emergentes (3ª etapa)

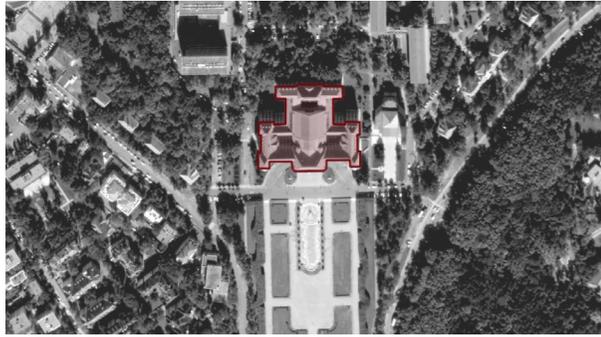


j) Explosión de la fachada

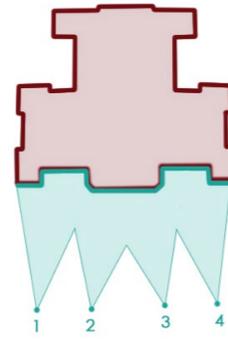


k) Fragmentación de la fachada (final)





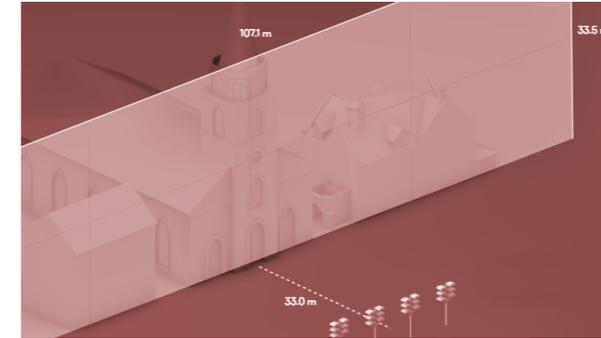
Plano de situación



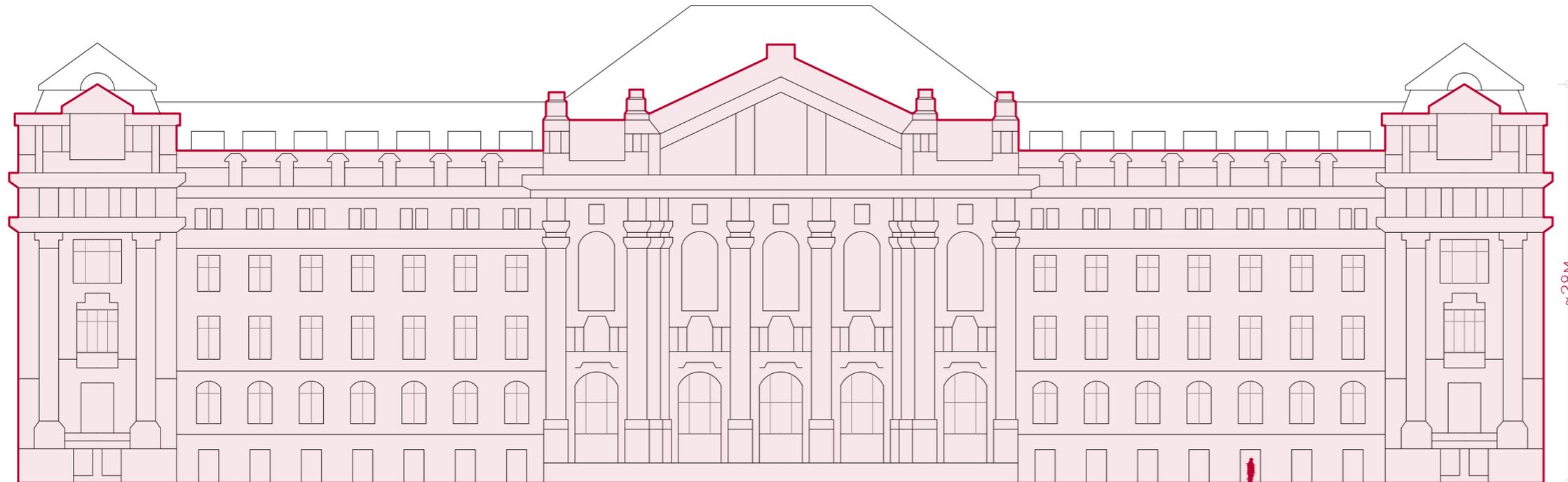
Disposición en planta

3x	3x	3x	3x
3x	3x	3x	3x

Matriz de conjunto



Esquema tridimensional del conjunto



Fachada principal de la Universidad de Debrecen (área de proyección)

El edificio, de estilo neobarroco, está marcado por una fuerte simetría y una imponente horizontalidad. Borneado por un sistema de pasillos porticados, tiene frente a él un espacioso parque longitudinal de estilo francés. Este alberga una gran fuente que refleja la fachada y permite dar una sensación única al espectador respecto con otros videomapping arquitectónicos.

Con sus casi 107 metros de longitud la convierte en la fachada de mayor dimensión de las cinco que se van a analizar en este apartado. Además, por su posición, también es la que más espacio para audiencia concede, pudiéndose ver desde una gran distancia.

El área de proyección que se utilizó para el videomapping 'Contrats' abarca un rectángulo de aproximadamente 107x28m. Este área no es regular, ya que aunque sus laterales y parte inferior sí lo sean, en la parte superior se presentan muchos salientes en relación a la coronación de la fachada.

Se proponen cuatro grupos de proyectores situados a unos 33 metros de la fachada. Cada uno de ellos contará con seis dispositivos, tres apuntando a la parte inferior de la fachada y otros tres a la superior, formando así la matriz que se ve en la parte izquierda del pliego. El ratio de lente elegido para este caso es de 1:1, algo más corto de lo habitual, debido a la gran amplitud de la imagen que es necesario proyectar. (Cada metro de distancia a la fachada es un metro en el ancho de la imagen proyectada)

03 "EL PRADO" (Museo del Prado, Madrid, España, 2018)

Análisis gráfico de cinco proyectos de videomapping arquitectónico



Museo del Prado, Madrid

En el año 2018 se conmemoró el bicentenario del Museo del Prado con diversos espectáculos que formaban parte de un show conjunto llamado "Museo del Prado: un lugar de memoria y futuro", organizado y producido por la compañía Ciudadano Kane.

Entre ellos se incluía este videomapping arquitectónico dirigido por Aleix Fernández, miembro de OnionLab. En él, se transformó la fachada del edificio en algo más orgánico, creando un inmersivo viaje visual de luces, sombras e ilusiones ópticas; un reencuentro entre la historia del museo y las colecciones y obras de arte que se encuentran en él.

La voz de Juan Echanove acompañó la proyección para dar vida al museo, explicando en primera persona, como si se tratase de un edificio que ha cobrado vida, los eventos que marcaron a esta institución desde su inauguración en 1819.



a) Fachada en forma analítica (tipo 1)



b) Geometrías en movimiento



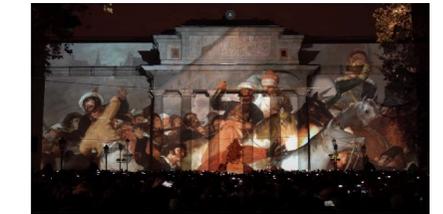
c) Analítica + Geometrías en movimiento



d) Fachada en forma analítica (tipo 2)



e) Explosión de la fachada (transición)



f) Superposición de imágenes (primera etapa)



g) Explosión de la fachada (transición)



h) Transparencia de la fachada



i) Explosión de la fachada (transición)



j) Superposición de imágenes (segunda etapa)



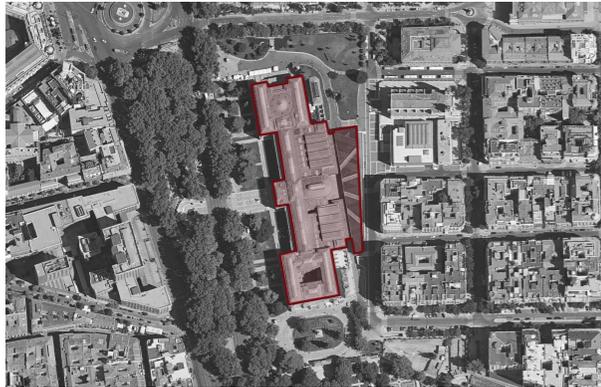
k) Avance en perspectiva frontal + Imágenes



l) Cambio de materialidad (final)



LINEA DE TIEMPO



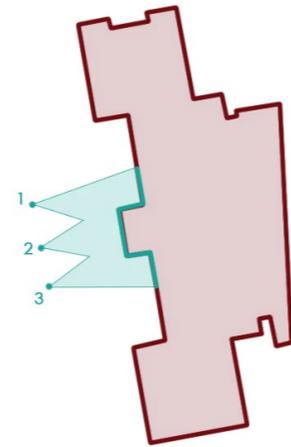
Plano de situación



El edificio está formado por tres cuerpos diferenciados: un cuerpo central basilical y dos cuerpos cúbicos laterales (lo que hoy son la puerta de Murillo y la Puerta de Goya), estos dos espacios se unen con el central mediante dos alas laterales.

El cuerpo central tiene un pórtico adelantado hexástilo con columnas de orden gigante toscano, con entablamento y cornisa y coronado por un ático con relieves. Los materiales de la fachada alternan la piedra y el ladrillo. Es un espacio con volúmenes nítidos y claro predominio de la horizontalidad.

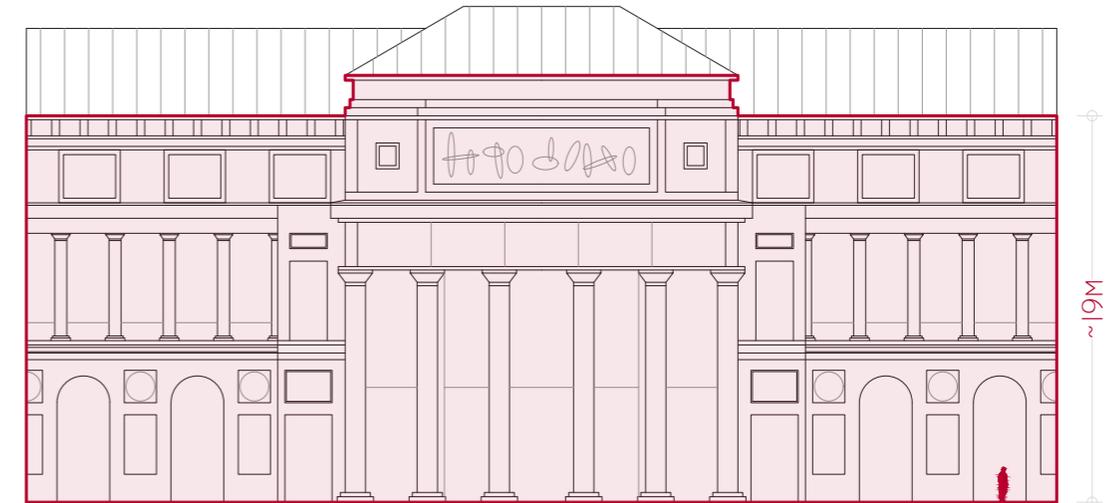
Debido a su gran longitud (202 metros) se decidió utilizar únicamente 50 metros para la proyección, albergando así el pórtico y parte del cuerpo central. Tampoco se utilizaron las cubiertas, que son parte de futuras ampliaciones.



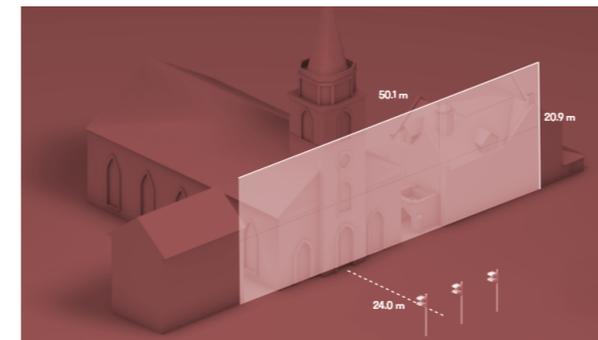
Fachada proyectada y disposición en planta

El área de proyección es aproximadamente el de un rectángulo de 50x19 metros, sin contar el resalte central que impone el pórtico. Se proponen tres grupos de proyectores situados a unos 24 metros de la fachada. Cada uno de ellos contará con dos dispositivos, uno apuntando a la parte inferior de la fachada y otro a la superior, formando así la matriz que se ve en la parte derecha del pliego. El ratio de lente elegido para este caso es el habitual de 1,5:1 (es decir, que por cada 1'5 metros de distancia, la imagen tendrá 1 metro de ancho).

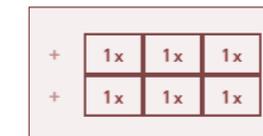
Con las tres parejas de proyectores trabajando en paralelo se obtiene un rectángulo de proyección de 50x21m que coincide con el ancho propuesto y salva el pequeño saliente que genera el pórtico central.



Fachada principal del Museo del Prado (área de proyección)



Esquema tridimensional del conjunto



Matriz de conjunto

04 "EVERGREEN" (ArtScience Museum, Marina Bay, Singapur, 2018)

Análisis gráfico de cinco proyectos de videomapping arquitectónico



ArtScience Museum, Singapur

"Evergreen" en castellano significa "hojas bonitas". Este es el mensaje que quiere mostrar el estudio rumano Limelight en este videomapping arquitectónico realizado sobre el ArtScience Museum de Marina Bay, en Singapur.

La sostenibilidad es uno de los mayores protagonistas del siglo XXI y es un tema muy recurrente en trabajos artísticos de esta compañía. Con "Evergreen" se busca inspirar a la audiencia creando una pieza que explora cómo nuestro mundo puede ser tradicional pero moderno, orgánico pero natural, robótico pero humano. Contrastes que parecen tener significados opuestos pero que pueden vivir en armonía.

Este es el único videomapping arquitectónico de los cinco que se han desgranado a fondo en el que no existe una posición fija para la audiencia. En vez de eso, el edificio pasa a convertirse en una especie de faro que ilumina todo Marina Bay y es perceptible desde diferentes ángulos.



a) Fragmentación de la fachada (tipo 1) (inicio)



b) Fragmentación de la fachada (tipo 2)



c) Explosión de la fachada (transición)



d) Transparencia de la fachada



e) Explosión de la fachada



f) Fachada en forma analítica (tipo 1)



g) Fachada en forma analítica (tipo 2)



h) Avance en perspectiva frontal



i) Geometrías en movimiento (tipo 1)



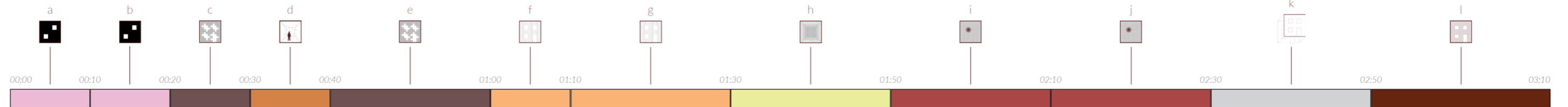
j) Geometrías en movimiento (tipo 2)



k) Cuerpos emergentes de la fachada

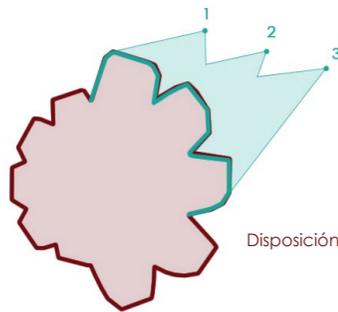


l) Cambio de materialidad (final)





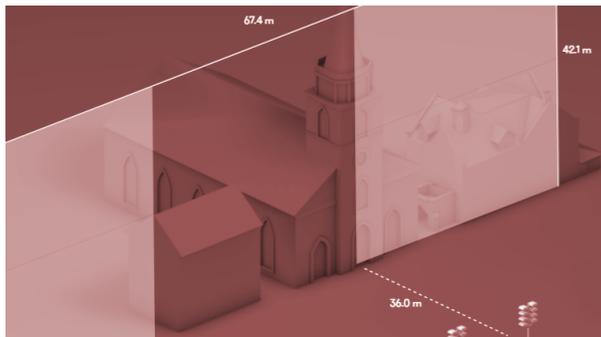
Plano de situación



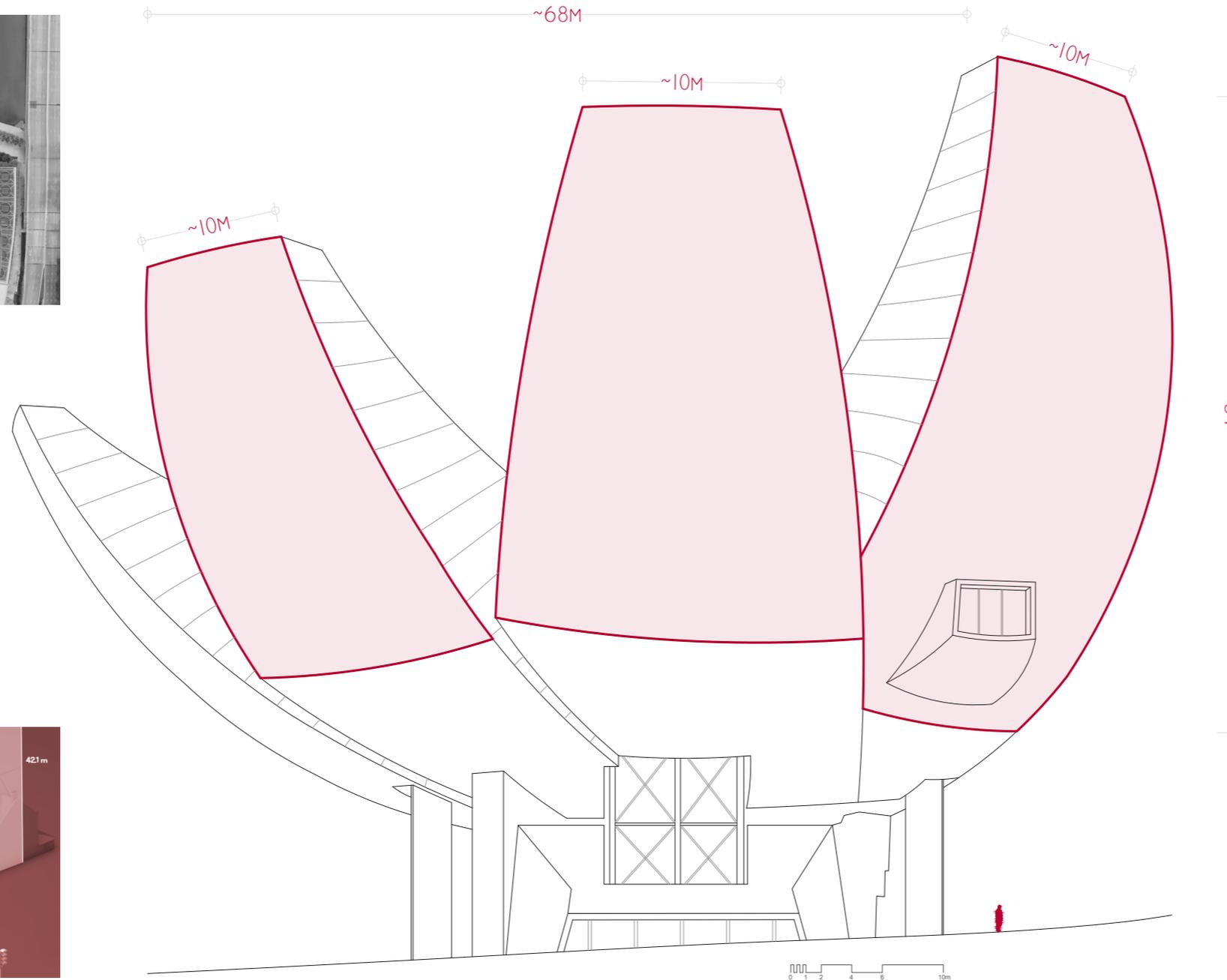
Disposición en planta



Matriz de conjunto



Esquema tridimensional del conjunto



Fachada del ArtScience Museum (área de proyección)

El diseño del museo se compone de dos partes principales. La base, que está incrustada en la tierra y rodeada por el agua de la bahía y un estanque de nenúfares gigante, y una estructura en forma de flor hecha de 10 pétalos, generada por la geometría de esferoides de diferentes radios que aparentemente flota sobre la base del estanque ajardinado. Los pétalos de piel de polímero se elevan hacia el cielo con diferentes alturas, cada uno coronado por un tragaluz que atrae la luz del día penetrando en la base e iluminando las galerías interiores.

Este es el proyecto más complejo de los cinco que se analizan en este apartado del trabajo, debido a su enorme tamaño y la curvatura de su fachada.

El área de proyección está dividido en tres pétalos separados con forma curvada de unos 42 metros de altura medidos en verdadera magnitud y 10 metros de ancho en su parte más corta y unos 12 metros en la parte donde acaba la proyección. Esto hace un conjunto de unos 68 metros pero que deberá ser tratado pétalo por pétalo. Se proponen tres grupos de proyectores situados a unos 36 metros de la fachada.

Cada uno de ellos contará con ocho dispositivos, cuatro apuntando a la parte inferior de la fachada y otros cuatro a la superior, formando así la matriz que se ve en la parte izquierda del pliego. El ratio de lente elegido para este caso es de 1:1, algo más corto de lo habitual, debido al poco espacio que queda para situar los proyectores. (Cada metro de distancia a la fachada es un metro en el ancho de la imagen proyectada)

05 "DIPLOPIA" (Basílica di Santa María, Roma, Italia, 2018)

Análisis gráfico de cinco proyectos de videomapping arquitectónico



Basílica di Santa María Sopra Minerva, Roma

"Diplopia" es un mapping anaglifo estereoscópico que gira en torno al concepto de visión binocular, es decir, cómo nuestros ojos unen dos imágenes distintas para percibir un único objeto. Dos puntos de vista diferentes que surgen como consecuencia de la disparidad binocular.

Es la primera pieza de mapping anaglifo tridimensional creada y proyectada en España durante la inauguración del Festival Internacional de Videomapping de Girona 2015. A raíz del éxito que tuvo, se trasladó a otras ciudades entre ellas esta que se va a analizar, en Roma, sobre la fachada de la Basílica di Santa María Sopra Minerva.

"Diplopia" se centra en conceptos opuestos tales como luz y oscuridad, flexible frente a rígido, cerca y lejos, ruido y silencio, húmedo y seco... Los contrastes volumétricos y la ilusión de profundidad crean imágenes que tienen la finalidad de confundir, inquietar y fascinar al público.



a) Geometrías en movimiento (tipo 1)



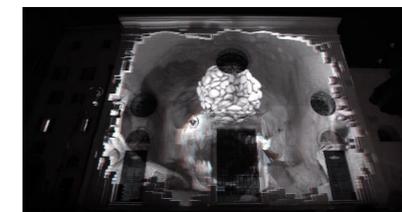
b) Explosión de la fachada (transición)



c) Transparencia de la fachada



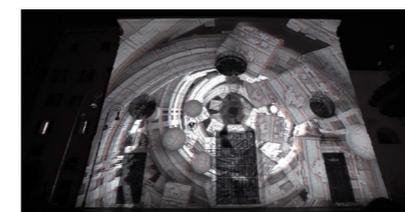
d) Corte transversal de la fachada



e) Geometrías en movimiento (tipo 2)



f) Transparencia + Geometrías en movimiento



g) Avance en perspectiva frontal



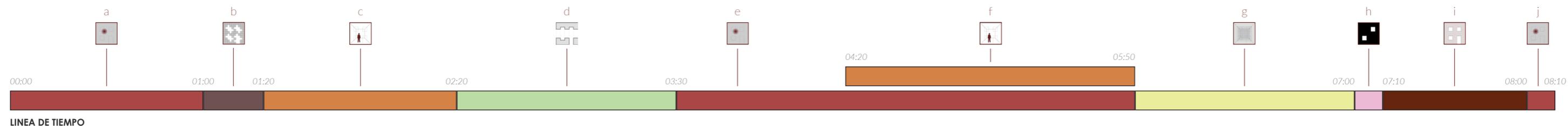
h) Fragmentación de la fachada



i) Cambio de materialidad

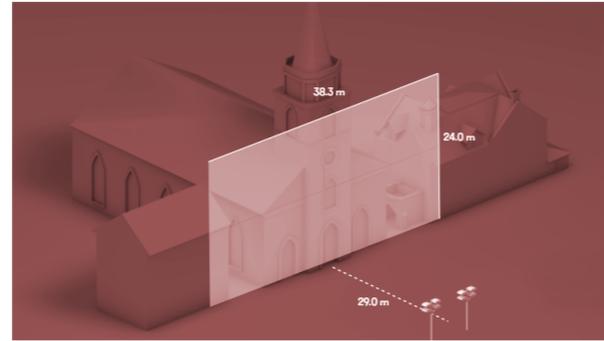


j) Geometrías en movimiento (tipo 3) (final)

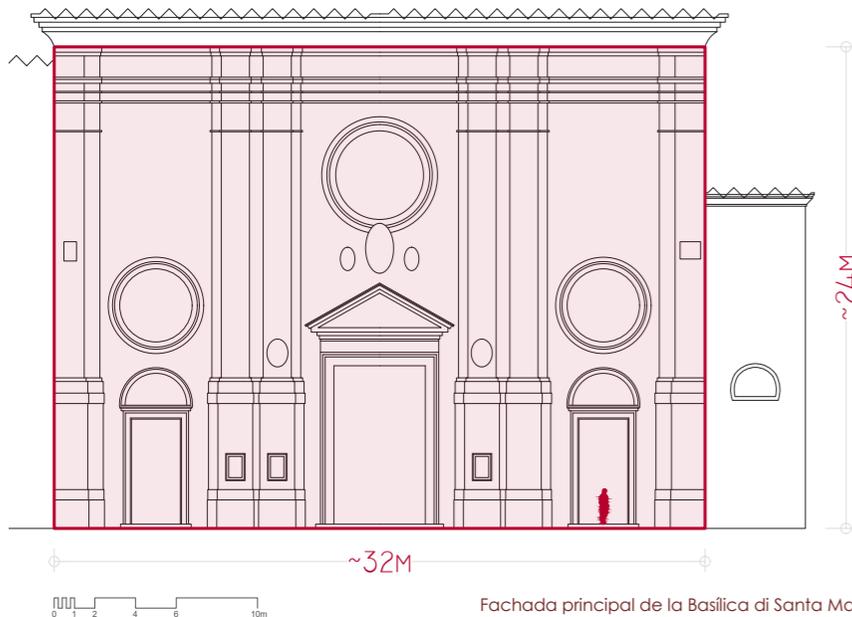




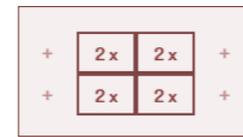
Plano de situación



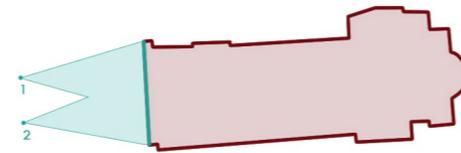
Esquema tridimensional del conjunto



Fachada principal de la Basilica di Santa María (área de proyección)



Matriz de conjunto



Disposición en planta

La Basílica di Santa María Sopra Minerva es el único ejemplo de iglesia gótica medieval de la ciudad de Roma. Se compone de tres naves cubiertas con bóvedas de crucería que descansan sobre pilares. Se data en la década los años 80 del siglo XIII y es obra de los frailes dominicos Sixto y Ristoro, los mismos que habían proyectado el templo de Santa María Novella en Florencia. La fachada es sobria y sencilla, presentando tres portales renacentistas. Gracias a esto actúa como lienzo en blanco para muchos tipos de tipologías diferentes que en fachadas más ornamentadas sería imposible de realizar.

Delante de la fachada se encuentra la estatua "Pulcino della Minerva" formada por un elefante soportando un obelisco egipcio. Esta fuerza a los proyectores a disponerse de tal forma que esquiven dicha estatua para no entorpecer el videomapping, además de obligar a la cámara, virtual y real, a situarse por delante de ella para diseñar las animaciones correctamente.

Es una fachada de dimensiones relativamente reducidas en comparación con las analizadas previamente y está situada frente a la Plaza de Minerva, espacio de mucho tránsito debido a su cercanía con el Panteón, como se puede ver en el plano de situación de la izquierda del pliego.

El área de proyección que se utilizó durante el videomapping "Diplopia" fue de aproximadamente el de un rectángulo de 32x24 metros, suprimiéndose así el cuerpo lateral que está a su derecha.

Se proponen entonces dos grupos de proyectores situados a unos 29 metros de la fachada, casi al final de la plaza. Cada uno de ellos contará con cuatro dispositivos que aseguren los lúmenes y las dimensiones necesarias para realizar el proyecto: dos apuntando a la parte inferior de la fachada y otros dos a la superior, formando así la matriz que se ve en la parte izquierda del pliego. El ratio de lente elegido para este caso es el habitual de 1,5:1 (es decir, que por cada 1'5 metros de distancia, la imagen tendrá 1 metro de ancho).

Con los dos grupos de proyectores trabajando en conjunto se obtiene un rectángulo de proyección de 38x24m, que salva la altura necesaria y le da algo más de holgura al tramo más ancho, pudiéndose solapar más las proyecciones.

La luz ambiental que se supone para el proyecto es la misma que para los cuatro ejemplos anteriores, una noche oscura sin luces artificiales adiciones apuntando a la fachada, tales como farolas o focos urbanos.

4. CONCLUSIONES

Tras finalizar esta investigación, se puede observar la gran relevancia que tiene el videomapping arquitectónico actualmente y como este puede enriquecer espacios urbanos e hitos arquitectónicos que pareciesen haber quedado olvidados. Esta técnica está permitiendo dar una nueva visión de estos lugares, pasando de lo estático a lo dinámico y llevando más allá el concepto de luz dentro de la arquitectura.

A pesar de su corta historia, las demandas de los usuarios y el avance frenético de las nuevas tecnologías han provocado que el videomapping evolucione a un fuerte ritmo. Esto hace que la información de la que se dispone al respecto sea muy escasa, normalmente en formato digital y obtenida mediante artículos, vídeos de divulgadores y páginas web de las propias empresas dedicadas a ello.

En relación con esto, este trabajo se hace valer en dos aspectos fundamentales. El primero de ellos hace referencia al tratamiento de datos: para esta investigación se ha realizado un estudio exhaustivo de toda la información relacionada con esta técnica, se ha contrastado y se ha recopilado formando un único conjunto, que engloba desde los orígenes de este arte y sus diferencias con la proyección tradicional, hasta los tipos de software más utilizados para crear las escenas, los fundamentos matemáticos en los que se basan, el funcionamiento de los proyectores que se utilizan y la recreación tridimensional de los modelos sobre los que se trabaja.

No es posible acceder a ningún documento ahora mismo que dé acceso a una recopilación tan completa como esta, mucho menos en castellano, por lo que este trabajo puede tener cierta relevancia. Por otra parte, esta investigación gana valor en relación a los análisis gráficos realizados.

Después de un intenso estudio de diferentes videomapping arquitectónicos se han recopilado las tipologías más utilizadas y se han buscado los patrones en los que éstas se inspiran. A continuación, se ha realizado un análisis de los proyectos más relevantes y en cada uno de ellos, se ha explicado la cronología de la obra mediante una línea de tiempo y se ha mostrado cómo actúan las diferentes tipologías en ella. Se muestra su duración, su impacto y la combinación de sus partes.

Se ha comprobado como imprescindible llevar a cabo el análisis gráfico de la arquitectura de soporte, ya que sus formas influyen totalmente sobre la concepción y desarrollo de todo videomapping. Relevante ha sido el hecho de presentar una propuesta mediante esquemas y textos de cómo podría realizarse cada proyecto de videomapping para cada una de las diferentes fachadas con el fin de conseguir un mismo nivel de brillo y definición con unas condiciones lumínicas y ambientales iguales para todos ellos y utilizando el mismo dispositivo de proyección. Estos análisis pueden apoyar el estudio en futuras investigaciones que se realicen sobre esta técnica.

5. REFERENCIAS

Filmografía.

À CONQUISTA DO CASTELO DE ÓBIDOS (2014), Castillo de Óbidos, Óbidos, Portugal, Hipnose. <https://youtu.be/upQPfXnTzHw>

ANOTHER NATURE (2019), Debrecen University, Debrecen, Hungría, Limelight. <https://limelightart.net/Rescape-Another-Nature-Mapping>

AXIOMA (2016), Palau del Lloctinent, Barcelona, España, OnionLab. <https://www.onionlab.com/es/work/mapping-3d/axioma-mapping-en-3d-estereoscopico/>

BEAUTIFUL BANGKOK (2017), Magnolias Ratchadamri Bangkok, Tailandia, MQDC. <https://limelightart.net/Beautiful-Bangkok>

LA CATEDRAL DE LOS LADRONES (2018), Escultura de Gabriel Schama, Los Ángeles, EEUU, Limelight. <https://limelightart.net/Cathedral-of-Thieves-with-Gabriel-Schama>

COEXISTENCE (2019), Chatswood Arts Centre, Sydney, Australia, Limelight. <https://limelightart.net/Coexistence>

CONTRASTS (2016), Debrecen University, Debrecen, Hungría, Maxin10sity. <https://www.maxin10sity.net/copy-of-spotlight>

COSMIC FLOW (2017), Collegium Maximum, Torun, Polonia, Limelight. <https://limelightart.net/Cosmic-Flow>

DIPLOPIA (2018), Basílica di Santa María, Roma, Italia, Onionlab. <https://www.onionlab.com/es/work/mapping-3d/diplopiya-mapping-anaglifo-estereoscopico/>

DUAL (2019), Teatro Bolshoi, Moscú, Rusia, Re:sorb. <https://resorb.tv/bolshoi-theater-moscow-2018/>

EVERGREEN (2018), ArtScience Museum, Marina Bay, Singapur, Limelight. <https://limelightart.net/Evergreen>

EXPONENT (2019), Museo de la Victoria, Moscú, Rusia, SKGMedia. <http://www.skgmedia.cn/VM046>

LA FÊTE NATIONALE (2013), Burj Al Arab, Abu Dhabi, Emiratos Árabes, Ruggieri. <https://youtu.be/D-D2UTau0-c>

HELIOS (2011), Collegium Maximum, Torun, Polonia, Limelight. <https://limelightart.net/Helios>

HYAKKI YAGYO (2015), History Museum, Niigata, Japón, Neba Studio. <http://minatopika.com/>

INCUNABULA (2019), Denver Clock Tower, Denver, Estados Unidos, Limelight. <https://limelightart.net/Incunabula>

INTERCONNECTION (2016), Palacio del Parlamento, Bucarest, Rumanía, Limelight. <https://limelightart.net/Interconnection>

EL PRADO (2018), Museo del Prado, Madrid, España, Onionlab. <https://www.onionlab.com/es/work/mapping-3d/el-prado/>

QUARTZ (2017), Al Noor Mosque, Sharjah, Emiratos Árabes, Nomada. <https://youtu.be/8CCWOJpozUg>

SONGLINES (2016), Opera House, Sydney, Australia, Rhoda Roberts & Eddy Herrington. <https://youtu.be/eCeK8NBddlQ>

SOULDUST (2013), Escenario principal Ozora Festival, Ozora, Hungría, Viktor Vicsek. <https://youtu.be/Kkfse4EekHE>

URBAN HISTORY (2012), Urban Tower, Kosice, Eslovaquia, Limelight. <https://limelightart.net/Urban-History>

VERSUS (2018), Limelight Academy, Slemmestad, Noruega, Csaba Vilagosi. <https://youtu.be/UGOvJxG6H3U>

WATERFALL (2014), Plac Wolności, Lodz, Polonia, Feel Desain. <https://youtu.be/UGhauFXPzaU>

WHAT IF (2018), Royal Exhibition Building, Melbourne, Australia, Limelight. <https://limelightart.net/What-if>

Webgrafía.

ARQUIPA. *El mapping como herramienta de difusión del patrimonio*. <https://arquipa.wordpress.com/2014/10/21/el-mapping-como-herramienta-de-difusion-del-patrimonio/> (Consultada el 18 de abril de 2020)

CHARMEX. *Proyector Christie Boxer*. <https://charmex.net/es/casos-de-exito/christie-boxer-el-proyector-perfecto-para-proyecciones-mapping> (Consultada el 15 de agosto de 2020)

CHICAGO PROJECTION MAPPING. *What is 3D Projection Mapping?* <https://www.chicagoprojectionmapping.com/what-is-3dprojection-mapping/> (Consultada el 20 de abril de 2020)

IMAPP. *The international videomapping competition winners league*. <https://www.imapp.ro/imapp-bucharest-2019-becomes-the-international-video-mapping-competition-winners-league-8-teams-compete-in-the-6th-edition> (Consultada el 2 de julio de 2020)

INSTRUCTABLES. *Projection Mapping*. <https://www.instructables.com/id/Projection-mapping/> (Consultada el 25 de mayo de 2020)

LIGHTFEST. *Art Vision*. <http://lightfest.ru/en/art-vision/> (Consultada el 18 de junio de 2020)

LIGHTFORM. *Design tools for projection*. <https://lightform.com/lfc> (Consultada el 19 de agosto de 2020)

LIMEART GROUP. *Best projection mapping festivals in the world*. <https://limeartgroup.com/best-projection-mapping-festivals-in-the-world/> (Consultada el 13 de agosto de 2020)

LIMELIGHT. *Works*. <https://limelightart.net/> (Consultada el 17 de julio de 2020)

LUMITRIX. *Urban projection system*. <https://lumitrix.eu/urban-projection-system/> (Consultada el 26 de agosto de 2020)

LUZ Y VANGUARDIAS. *Edición 2018*. <https://luzyvan-guardias.com/ediciones-antiguas/edicion-2018> (Consultada el 2 de julio de 2020)

MEDIUM. *Cómo elegir el mejor proyector para videomapping*. <https://medium.com/@hargoga/c%C3%B3mo-elegir-el-mejor-proyector-para-video-mapping-4fed5292898> (Consultada el 16 de julio de 2020)

ONIONLAB. *Mapping 3D*. <https://www.onionlab.com/es/work/mapping-3d/> (Consultada el 12 de abril de 2020)

ONSERVICES. *3D vs 2D Projection Mapping*. <https://onservices.com/resources/guides/projection-mapping/3d-vs-2d-projection-mapping> (Consultada el 19 de junio de 2020)

PLATAFORMA ARQUITECTURA. *14º festival de luces en Lyon*. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-225393/14o-festival-de-las-luces-en-lyon-francia> (Consultada el 13 de julio de 2020)

PLATAFORMA ARQUITECTURA. *Videomapping sobre el teatro nacional de Weimar*. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/626158/video-mapeo-de-proyeccion-sobre-el-teatro-nacional-de-weimar-klang3> (Consultada el 13 de julio de 2020)

PLATAFORMA ARQUITECTURA. *Una nueva luz sobre antiguos volúmenes*. <https://www.plataformaarquitect>

[tura.cl/cl/777554/video-mapping-en-mexico-una-nueva-luz-sobre-antiguos-volumenes](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/777554/video-mapping-en-mexico-una-nueva-luz-sobre-antiguos-volumenes) (Consultada el 14 julio de febrero de 2020)

PLATAFORMA ARQUITECTURA. *Cinco intervenciones de luz, video y espacio*. <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/770764/video-mapping-5-intervenciones-de-luz-video-y-espacio-por-delight-lab> (Consultada el 14 de julio de 2020)

PROJECTION MAPPING. *What is projection mapping*. <http://projection-mapping.org/what-is-projection-mapping/> (Consultada el 15 de marzo de 2020)

PROJECTION MAPPING. *The illustrated history of projection mapping*. <http://projection-mapping.org/the-history-of-projection-mapping/> (Consultada el 23 de abril de 2020)

PROJECTION MAPPING. *Projection mapping raise awareness of climate change*. <http://projection-mapping.org/planet-triage-leverages-projection-mapping-raise-awareness-climate-change/> (Consultada el 15 de agosto de 2020)

PROJECTOR REVIEWS. *Advantages of laser projectors vs lamp projectors*. <https://www.projectorreviews.com/articles-guides/affordable-laser-projectors-target-business-education-applications/advantages-laser-projectors-vs-lamp-projectors/> (Consultada el 26 de julio de 2020)

RE:SORB. *The 3D projection mapping experts*. <https://resorb.tv/> (Consultada el 14 de julio de 2020)

ROMERA INFOGRAFÍA. *Trabajos*. <http://www.romera-infografia.com/es/trabajos> (Consultada el 12 de mayo)

SKGMEDIA. *Works*. <http://www.skgmedia.cn/work> (Consultada el 19 de junio de 2020)

SKULL MAPPING. *Gallery Invasion*. <https://skullmapping.com/project/gallery-invasion/> (Consultada el 20 de junio de 2020)

TIFFANY CARBONNEAU. *Projection Mapping Process*. <https://tiffanycarbonneau.com/projection-mapping-outdoor-video-installation/> (Consultada el 23 de mayo de 2020)

UNIVERSO FÓRMULAS. *Teorema de Tales*. <https://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/teorema-tales/> (Consultada el 24 de julio de 2020)

VIDEOMAPPING FESTIVAL. *Development of the sector*. <https://www.videomappingfestival.com/development-of-the-sector-2020> (Consultada el 12 de junio de 2020)

VIDEOMAPPING CENTER. *Productions*. <https://videomappingcenter.com/production> (Consultada el 18 de julio de 2020)

VIDEOMAPPING SOTRE. *3D mapping VJ loops*. <https://videomapping.store/id/3d-mapping-vj-loops/> (Consultada el 11 de abril de 2020)

Bibliografía

ESTEVE TEPEDINO, M. (2014) *El videomapping: definición, características y desarrollo*. Segovia. Universidad de Valladolid. Trabajo Fin de Grado en Publicidad y Relaciones Públicas.

MATSUYAMA, T; NOBUHARA, S; TAKAI, T. (2012) *3D Video and its applications*. Japón. Editorial Springer.

PEREZ DEL CERRO, N. (2016) *El mapping aplicado a la presentación de objetos de diseño industrial*. Palermo. Universidad de Palermo. Trabajo de Grado en Diseño y Comunicación.

PIRENNE, M, H, (1970): *Optics, Painting and Photography*. Cambridge. Universidad de Cambridge.

SÁNCHEZ RAMOS, I. (2015) *Trampantojo: el diseño de espacios anamórficos*. Valladolid. Universidad de Valladolid. Trabajo Fin de Grado en Fundamentos de la Arquitectura.

SÁNCHEZ SALINAS, D. (2019) *Matte Painting: La geometría oculta del cine*. Valladolid. Universidad de Valladolid. Trabajo Fin de Grado en Fundamentos de la Arquitectura.