



Universidades Lusíada

Olivero, Lucas Fabian

Araújo, António

Rossi, Adriana

Aplicaciones de la perspectiva cúbica en la arquitectura, la ingeniería y el diseño de productos

<http://hdl.handle.net/11067/5736>

<https://doi.org/10.34628/pzqj-p639>

Metadados

Data de Publicação

2020

Resumo

Cubical perspective is maybe the youngest alternative among the options for immersive drawing. Its theoretical definition, as every immersive perspective, has its pros and cons. Furthermore, its utility has not been fully explored, e.g. for early conceptual design. In fact, while its theory is on its way to being solved with different methods, there is still a doubtful judgement about the practice: is cubical perspective a way to think? A tool? Can we do something different with it, or are we ju...

Tipo

bookPart

Esta página foi gerada automaticamente em 2024-12-25T19:54:18Z com informação proveniente do Repositório



LUCAS FABIAN OLIVERO

Architect and Engineer, is presently at work on a double PhD program in Design and Innovation and in Digital Media Arts, with a thesis is about advanced techniques for handmade VR artworks.



ANTÓNIO BANDEIRA ARAÚJO

BSc in Physics and PhD in Mathematics, specializing in applications of geometry to the visual arts, having published new methods for drawing spherical perspectives and immersive anamorphoses. His research in geometry is informed by his work as an illustrator.



ADRIANA ROSSI

Architect, PhD, currently Full Professor in 'Advanced Representation Techniques' at the Engineering Department of University of Campania. Member Professor of the PhD international program in Design for Innovation Unicompania.

APPLICATIONS OF CUBICAL PERSPECTIVE IN ARCHITECTURE, ENGINEERING AND PRODUCT DESIGN

Lucas Fabian Olivero*

Università degli Studi della Campania 'Luigi Vanvitelli',
Aversa, Italy
Universidade Aberta, Lisbon, Portugal

António Bandeira Araújo*

Universidade Aberta, Lisboa, Portugal

Adriana Rossi*

Università degli Studi della Campania 'Luigi Vanvitelli',
Aversa, Italy
Universidade Aberta, Lisbon, Portugal

Abstract: Cubical perspective is maybe the youngest alternative among the options for immersive drawing. Its theoretical definition, as every immersive perspective, has its pros and cons. Furthermore, its utility has not been fully explored, e.g. for early conceptual design. In fact, while its theory is on its way to being solved with different methods, there is still a doubtful judgement about the practice: is cubical perspective a way to think? A tool? Can we do something different with it, or are we just playing with technology? Let us try to give some answers to these questions by presenting some experiences held in university classrooms. We are presenting the experience of architecture, engineering and product design students that have applied cubical perspective to the creation of immersive panoramas subsequently assembled into a virtual tour. This article, more than closing a discussion, aims at opening the debate about the real applications and utility of cubical perspective and push for experimentation.

Keywords: Cubical perspective; Spherical perspective; Thinking architecture; Design; Planning process.

Aplicaciones de la perspectiva cúbica en la arquitectura, la ingeniería y el diseño de productos

El siguiente artículo tiene por objeto promover el uso y aplicación práctica de modelos híbridos inmersivos (o HIM: *'Hybrid Immersive Models'*) realizados con perspectiva cúbica. Estas representaciones responden a la inmersividad como resultado de un proceso cognitivo y emocional (navegación en pantalla), como así también a la inmersividad con interactividad física (navegación con tecnología VR) lo que implica en este último caso una influencia sobre los tres sistemas perceptivos: el visual, el vestibular y la propiocepción (Rossi 2019, p. 979).

Un HIM tiene, además de las potencialidades comunes de los modelos gráficos (Migliari 2004, pp. 8-9), la particularidad de definir en una única operación un modelo gráfico (explícito) y uno informático (implícito, legible informáticamente). Ayuda además a fusionar técnicas analógicas y digitales, entretejiendo un lazo de común acuerdo en un instrumento que explora y define el espacio y la arquitectura o el objeto en su contexto (y no ya como órgano aislado). Por otra parte, un HIM logra aprovechar las ventajas de los modelos inmersivos, por ejemplo, en las aplicaciones para valorización remota del Patrimonio Cultural (Rossi et al. 2016). En particular, el uso de la tecnología digital promueve la conservación y promoción de los Bienes Culturales en su contexto histórico, poniendo a disposición, gracias al uso de internet, una doble apertura para su lectura ya sea a sujetos especializados como a simples aficionados a la cultura general (Rossi 2017b, pp. 254-256).

Estructuraremos el trabajo en: perspectiva cúbica, con algunas reflexiones entorno a su definición; prototipo experimental, con una serie de lecciones de complejidad creciente, y consideraciones finales.

1. Reflexiones sobre la perspectiva cúbica

Entre las modalidades de representación fijas pero interactivas, la perspectiva cúbica es un método relativamente reciente que se basa en los criterios de las proyecciones centrales y los principios de la perspectiva lineal. Tangencialmente utilizada en video juegos, entra entre las tipologías navegables con técnicas dinámicas e interactivas, accesible incluso a quien posee pocas habilidades informáticas (Rossi 2017a, pp. 7-19).

Entender esta perspectiva puede resultar una cuestión (aparentemente) simple, ya que se parte de la perspectiva cónica tradicional. Para poder entenderla partiremos de analogías que la abundante literatura con los conceptos de base de la perspectiva clásica nos trae a colación (Sgrosso 1969; Migliari 2004). Ambas perspectivas, coinciden en el uso de proyecciones cónicas centradas en un observador O . Difieren en que la perspectiva clásica considera (normalmente)

las proyecciones inscritas en un cono visual de 90° , mientras que la cúbica las considera desde todos los objetos y/o edificios alrededor del observador. Para poder capturar dicha información será necesario alterar uno de los elementos fundamentales de la perspectiva clásica: la superficie de proyección (S). En efecto, el conocido plano de cuadro 2D utilizado como S , se sustituye por una superficie 3D, de forma cúbica y centrada en O .

Esta ilusoria simplicidad detrás de la sustitución de S podría llevarnos a creer equívocamente que también lo es su resolución teórica. Dicha creencia se esfumará en el momento en que el medio digital entra en juego, que utilizamos para el montaje y navegación final. En efecto, la máxima¹ fruición del resultado se realiza exclusivamente con medios digitales. Allí, la mínima incoherencia en el dibujo de base se evidencia de forma perceptible, anulando el efecto de inmersividad.

Gracias a que S es un cubo², se conserva el principio de linealidad de la perspectiva clásica, característica que ayudará a suavizar el salto hasta la perspectiva cúbica ya que podríamos ‘reciclar’ métodos existentes. Por ejemplo, si consideráramos cada cara del cubo como un plano de dibujo diferente, podríamos pensar la perspectiva cúbica como una composición de seis perspectivas centrales. En esta óptica, si el caso más simple de perspectiva cónica clásica es con un punto de fuga central, el caso más simple de perspectiva cúbica sería con seis puntos de fuga. Podría conjeturarse entonces que la perspectiva cúbica no tiene razón de existencia por sí misma, sin embargo, una diferencia clave que tiene respecto a la perspectiva clásica es que un fragmento lineal no siempre proyecta en un solo fragmento, sino que proyecta como una serie de fragmentos lineales interconectados. Esta característica genera una serie de problemas no resueltos por la perspectiva clásica, siendo necesario reinterpretar sus métodos: como señalado en (Araújo et al. 2019b, pp. 33–34), los métodos conocidos para la perspectiva clásica pueden resolver parcialmente la cúbica, pero fallarán en la eficiencia de la construcción y en su visualización digital. Todo esto abre un campo científico autónomo para métodos que garanticen la coherencia contenido / visualización y la compactación del contenido, es decir, un método de dibujo codificado en el que todos los puntos de fuga de la escena estén dentro de la representación.

¹ Hablamos de ‘máxima’ puesto que la fruición puede realizarse también con otros medios no necesariamente digitales (Araújo et al. 2019a).

² Otras perspectivas que permiten la reconstrucción inmersiva de un ambiente son las perspectivas esféricas que utilizan como superficie de proyección, tal como su nombre lo indica, una esfera. En ese caso el principio de linealidad no siempre se conserva. Por ejemplo, en la perspectiva equirrectangular solamente las líneas verticales espaciales o la proyección de la línea del horizonte proyectan como líneas rectas en el plano, cualquier otra línea proyectará como una curva (Araújo 2018a). En el caso de la perspectiva azimutal equidistante serán solamente las líneas contenidas en los planos con eje en el radio a través del punto central de proyección (Araújo 2018b).

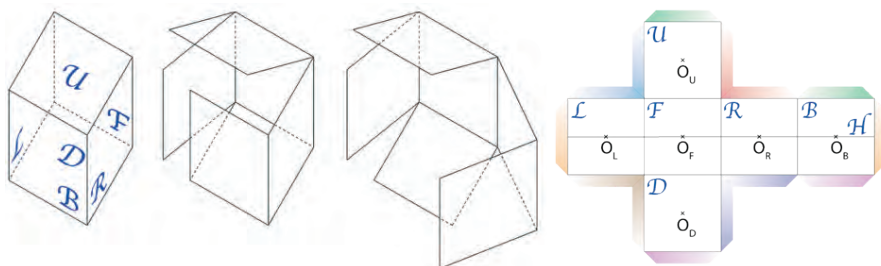


Figura 1. Mapa cúbico abierto en el plano. Definición completa de perspectiva cúbica en (Araújo et al. 2019b, p. 33).

1.1. Acerca de la dialéctica entre teoría y práctica

En un sano y equilibrado enfoque, definir un sistema de representación debería conllevar una exhaustiva resolución conceptual espacial (teoría) y una larga casuística aplicativa (práctica). Si así no fuere, el sistema arriesgaría a quedar como modelo ideal no verificado en la práctica, o como mera acumulación de experiencias empíricas sin desarrollo teórico de definición matemática.

De un análisis histórico (Olivero, Sucurado 2019; Barba et al. 2018) emerge que la perspectiva cúbica como sistema matemático presenta hoy en día un corto desarrollo ya sea en la teoría como en la práctica. Un desbalance ‘favorece’ la parte teórica con dos métodos en desarrollo: con plantas y secciones (Olivero et al. 2019, pp. 59–61) y considerándola como caso particular de perspectiva esférica (Araújo et al. 2019b, pp. 34–40). Para la práctica, las referencias son aún mucho menores (Olivero, Sucurado 2019, p. 16), con lo que se resalta que la necesaria dialéctica entre teoría y práctica todavía cuenta con un vasto terreno por allanar y experimentar, sea en el campo de las perspectivas inmersivas como en particular de la perspectiva cúbica.

Incluso si se consideraran algunas versiones de las *Perspective Box* (Spencer 2018; Verweij 2010; Gay, Cazzaro 2018) o las *peeping karakuri* japonesas (Spencer 2018, p. 14; Fukuoka 2005) del Siglo XVII, como precursores de la perspectiva cúbica, no es sino hasta hoy que contamos con los recursos para superar las limitaciones de los sistemas inmersivos predecesores (Gay, Cazzaro 2018, p. 2), gracias a la presencia y desarrollo actual de los medios digitales. Nótese, por ejemplo, que aquellos artilugios buscaban recrear la inmersividad presentando desafíos a la geometría, la anamorfosis, la iluminación, la óptica, ‘*un pensiero scientifico rigoroso che indagava i temi più complessi dell’ottica geometrica (...), le scienze che spiavano i fenomeni visivi (...)*’ (Mazzoccoli 2010, p. 46). Tal era el motivo por lo que su elaboración se limitaba a unos pocos virtuosos (Cabezas Bernal et al. 2014, p. 149). Los desarrollos teóricos y prácticos aquí presentados buscarán señalar como esta exclusividad se quebranta, promocionando un conocimiento abierto

y compartido.

Por otra parte, enfatizamos además el importante rol que cumple la publicación y debate de las teorías, y las prácticas para propagar el conocimiento y la creatividad. La carencia de comunicación sobre la importancia del uso de las perspectivas inmersivas inicia quizás en la academia misma, donde su enseñanza es prácticamente inexistente: *'However, the spherical perspective (as the curvilinear perspective par excellence) has not been widely introduced into design education; literature on applied perspective construction is often confined to straight linear perspective'* (Kulcke 2019, p. 3). A este fin, además de los ejercicios prácticos que se presentan, los estudiantes recibieron lecciones y seminarios sobre perspectiva inmersiva cúbica³ y esférica⁴.

Exponemos entonces algunas aplicaciones prácticas realizadas en el aula y los principales desafíos enfrentados a la hora de transferir la teoría, en la visión que la experimentación práctica de estos primeros albores teóricos pueda enriquecer sectores disciplinares tales como la geometría descriptiva, la arquitectura, el arte, la ingeniería y el diseño. Nuestro objetivo será compensar el presente desbalance, estimular a la creación de nuevos métodos teóricos y exponer la potencialidad de la herramienta.

2. El prototipo experimental

Presentamos a continuación un posible workflow como método para la enseñanza y transmisión de los HIM realizados con perspectiva cúbica, estructurado en las siguientes unidades: anamorfosis y anamorfosis inmersiva, el principio básico de la perspectiva cúbica y ejercicios de aplicación.

2.1. Principio básico de la perspectiva cúbica

Entender la perspectiva cúbica en la práctica requiere sobretodo asimilar que la imagen l' de una línea recta en el espacio l no siempre estará compuesta de un solo segmento continuo, sino que puede resultar en varios segmentos interconectados.

Esto sucede porque las seis caras del cubo se diferencian en su orientación espacial, por lo que la línea misma cambia su condición respecto al plano de

³ Presentadas por Lucas Fabian Olivero.

⁴ Presentadas por Bruno Sucurado para el a.a. 2016-17 (Università di Salerno) y por António Araújo para el a.a. 2018-19 (Università degli Studi della Campania) durante la conferencia *'Immersive and interactive architectural representation'* de los seminarios *'I Giovedì del Dottorato'* del programa de doctorado en Design, Ambiente e Innovación).

dibujo que cada cara representa. Por ejemplo, si l resulta paralela a una cara, supongamos $l \parallel F, B$, al mismo tiempo resulta que l puede intersectar L, R, U, D .

Para comprender mejor la segmentación realicemos una representación básica siguiendo una proyección cónica clásica (Figura 2): sean A y B dos puntos pertenecientes a la línea l . Entre l y el observador O está el plano β como superficie de proyección S . Sea $A'B'$ la imagen del segmento AB en S . Para construir $A'B'$ unimos O con A y B , los rayos \overline{OA} y \overline{OB} intersectan a S en dos puntos $A', B' \in \beta$ tales que, uniéndolos, determinan $A'B'$.

Decíamos previamente que para elaborar la perspectiva cúbica hemos de sustituir la superficie de dibujo S cambiando el plano β por una superficie cúbica *Cubo*. Supongamos ahora que: $l \parallel H, F$ (lo que implica que $l \perp R, L$), que l pertenece al semiespacio enfrente del observador cuando éste observa hacia F , y que tiene una elevación $\varphi = \pm 45^\circ \wedge \varphi \neq 0^\circ$ (o sea, $l \notin H$). Sean A', B' las proyecciones en S de A, B respectivamente.

Existen dos posibilidades: que $A'B' \in F$, o bien que uno de los dos puntos pertenezca a R o L . En el primer caso, la resolución se limita al caso clásico resolución se reduce al caso clásico.

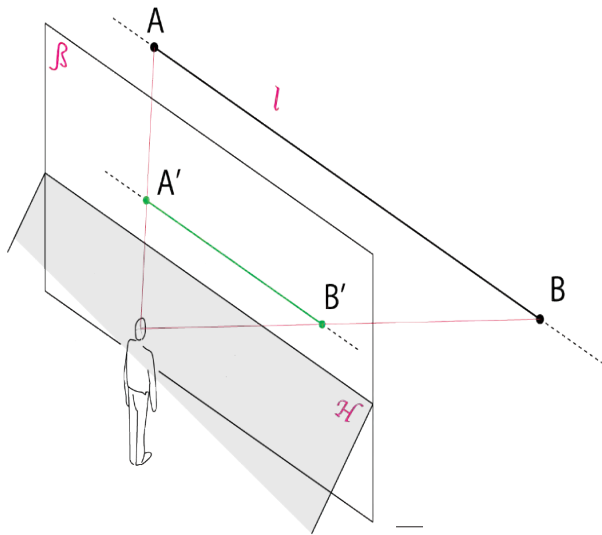


Figura 2. Representación de un segmento AB con $S = \text{plano } \beta$.

En el segundo caso (Figura 3), $\overline{A'B'}$ proyecta en más de una cara. Esto implica que existe un punto C entre A y B , tal que C' proyecta sobre alguno de los bordes verticales de F . Supongamos sin pérdida de generalidad que $B' \in R$ y que $C' \in FR$. La imagen de AB estará entonces compuesta por los segmentos $A'C' \in F$ y $C'B' \in R$. Encontramos $A'C'$ como en el caso clásico. Para $C'B'$ en cambio,

debemos considerar que el cuadro de dibujo R tiene una rotación de 90° respecto al primer cuadro utilizado F . Sea l_0 la recta paralela a l pasante por O . Vemos que l_0 interseca a S en $O_{R'}$, O_L , dichos puntos serán los dos puntos de fuga de l en R, L respectivamente (Araújo 2018a, p. 20). Por lo tanto, $\overline{C'B'}$ será un segmento que continúa $\overline{A'C'}$ pero que fuga hacia O_R ⁵.

Como corolario, si la representación $\overline{A'B'}$ resulta en diferentes caras, cada uno de los segmentos que la componen seguirá una fuga diferente.

Si analizamos la situación espacial, todos los puntos en cuestión (O, A, B, C, A', B', C') pertenecen a un mismo plano π que pasa por el origen. Si la superficie de proyección S fuera una esfera igualmente centrada en O , entonces π la interseca en una geodésica. Este principio está a la base de los métodos para perspectivas esféricas publicados en (Araújo 2018a; 2018b), y es además utilizado por el método que considera la perspectiva cúbica como caso especial de la perspectiva esférica (Araújo et al. 2019b, p. 36). En la sección siguiente estudiaremos dicho plano y algunos ejemplos prácticos de su utilidad. Comprender el principio apenas expuesto se basa en comprender el desarrollo de π en el mapa cúbico.

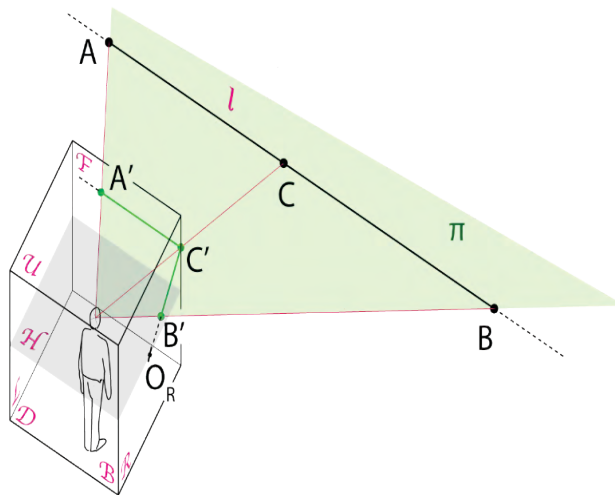


Figura 3. Representación del segmento \overline{AB} con $S = \text{Cubo}$.

⁵ Esta fragmentación puede llegar hasta cuatro segmentos y si procediéramos como en los métodos clásicos, necesitaríamos cinco puntos para encontrar \overline{AB} (A, B y los tres puntos coincidentes con los bordes). Dicho método no resulta eficiente para la perspectiva cúbica (Araújo et al. 2019b, p. 34). Eventuales nuevos métodos, deberían plantear una construcción lógica para encontrar las intersecciones a partir de dos puntos dados: si dos puntos definen una línea en el espacio, dos puntos deberían ser suficientes para encontrar su proyección.

Además de este principio básico, deberán tenerse en cuenta otras condiciones como la posición del plano del horizonte H y las discontinuidades en los bordes (Olivero, Sucurado 2019, p. 52).

2.2. Ejercicios de aplicación

La aplicación de la teoría hasta aquí desarrollada fue puesta práctica en los cursos: *'Rilievo dell'Architettura'* de la Università di Salerno para estudiantes de arquitectura e ingeniería edilicia-arquitectónica del año académico 2016-17⁶, coordinado por el profesor Salvatore Barba, tutores Lucas Fabian Olivero y Bruno Sucurado; *'Tecniche Avanzate della Rappresentazione'* de la Università degli Studi della Campania para estudiantes de diseño de productos, diseño de moda y diseño de comunicación del a.a. 2017-18, curso coordinado por la profesora Adriana Rossi, tutores Fausta Fiorillo y Lucas Fabian Olivero; y para estudiantes de diseño de productos durante el a.a. 2018-19, coordinado por la profesora Adriana Rossi, *visiting professor* António Araújo y tutor Lucas Fabian Olivero. Los ejemplos presentados son de la última experiencia.

El trabajo se focalizó en composiciones hechas solamente de líneas horizontales y verticales. En este caso, si alguna línea resulta segmentada, entonces el principio básico se reduce a: si un segmento no fuga en una cara, al cambiar de cara, el segmento sucesivo si lo hace y, por cuanto demostrado, el punto de fuga coincide con el centro geométrico de la cara a la que pertenece.

Fundamentamos la elección de este tipo de composición en diferentes razones: primero, si bien podría haberse presentado un método completo⁷, hubiese resultado demasiado complejo de asimilar⁸ en las pocas horas disponibles, y más aún quizás por estudiantes sin formación de base en perspectiva clásica (diseño de moda y comunicación). Segundo, que ya contamos con literatura publicada y un algoritmo de referencia para este caso (Olivero et al. 2019; Barba et al. 2018; Olivero, Sucurado 2019). Tercero, que detrás de cualquier composición compleja en perspectiva clásica existe una grilla de líneas horizontales y verticales. En efecto, no es casualidad que de allí tome nombre la *"corriente pictórica destinada a representar arquitecturas fingidas (...) denominada quadraturismo (...) en alusión a la cuadrícula tomada de referencia para transferir las perspectivas"* (Cabezos Bernal et al. 2014, p. 149). Además de esto se suman las múltiples posibilidades que brinda

⁶ Algunos resultados de esta experiencia pueden consultarse en (Olivero, Sucurado 2019).

⁷ Sobre todo en el curso 2018-19 ya que anteriormente la teoría estaba en desarrollo (2017-18) o apenas descubierta (2016-17). La teoría completa fue apenas publicada en el número 6 de la revista *disegno* (2020).

⁸ Ambos cursos son exámenes a elección de duración cuatrimestral y no son enteramente dedicados a perspectivas inmersivas, sino que compartieron horas con otros contenidos de programa.

una matriz cuadrada, útil para la elaboración teórica de la forma a través de composiciones estáticas, dinámicas e interactivas con reglas que, basándose sobre el saber y la lógica, resaltan el rol descriptivo y proyectual de dicha matriz (Rossi 1991).

2.2.1. Introducción a la anamorfosis

Luego de un compendio de definiciones (Olivero et al. 2019, p. 55; Cabezos Bernal et al. 2014, p. 149; Araújo 2018b, p. 148; Oxford 2019; RAE 2019), resumimos que para producir (y leer) ‘correctamente’ el contenido ‘deformado’ de una anamorfosis es necesario conocer la forma de la superficie de proyección S y el punto específico de observación. Esta operación gráfica que representa un entorno 3D en una superficie 2D es una reducción $\mathbf{R}^3 \rightarrow \mathbf{R}^2$.

Una anamorfosis inmersiva será entonces una representación plana, compacta⁹ y normalizada¹⁰ del entero ambiente alrededor del observador, donde S es un cubo o una esfera. Cuando conocemos S , podemos reconstruirla digitalmente ($\mathbf{R}^2 \rightarrow \mathbf{R}^3$), proyectar la representación como textura y tener la ilusión¹¹ de estar viendo el ambiente original. Los HIM son entonces anamorfosis inmersivas convertidas en modelos informáticos que permiten navegar un ambiente en toda su extensión a los 360 grados desde el punto de vista del observador O . Dicho punto es el único que da sentido a la visualización mimética del contenido y coincide con el centro espacial de la superficie utilizada.

2.2.2. Anamorfosis de líneas fragmentadas

Para asimilar estos conceptos de forma práctica, se representan líneas fragmentadas en dos caras siguiendo el principio fundamental y se utiliza un dispositivo físico para la ‘visualización inmersiva’ y verificación de la coherencia del dibujo (Figura 4).

⁹ Lo que implica que todos los puntos de fuga resultan dentro de la representación (Araújo 2018b, p. 148).

¹⁰ La normalización dependerá de la perspectiva inmersiva elegida.

¹¹ El término ilusión se entiende en los términos definidos para la perspectiva cónica tradicional: ‘an accessible way of understanding how to successfully render the illusion of a three-dimensional space on a two-dimensional surface’ (Da Vinci et al. 2008, p. XV Introduction), ‘It is, in its broadest aspect, an illusion, employing any subtlety of artifice that may be available to obtain the effect desired’ (Macnair 1957, p. 763).

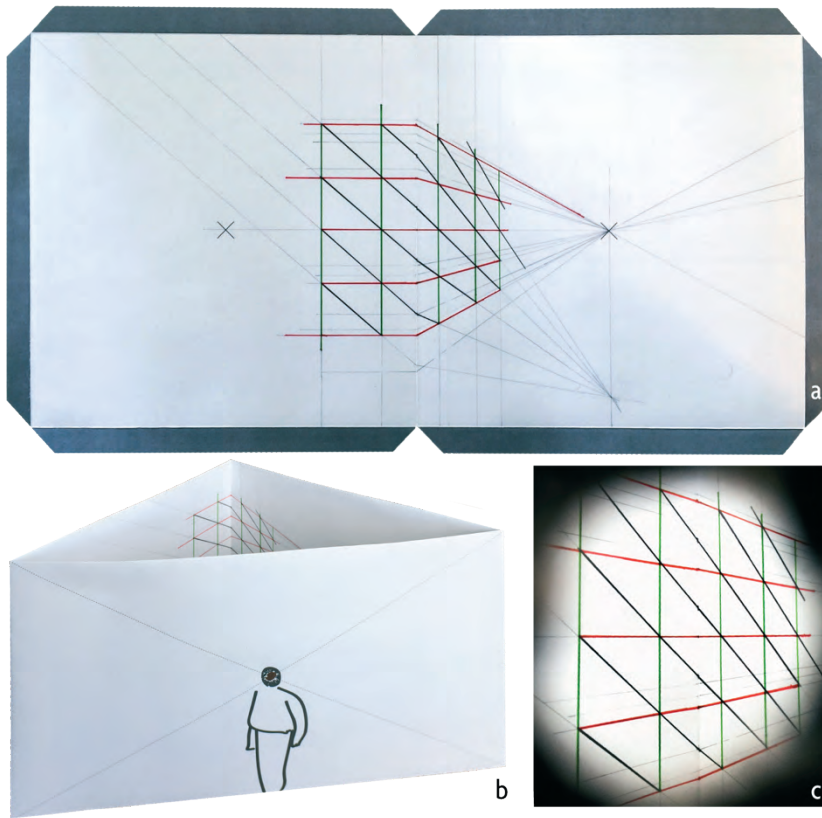


Figura 4. Anamorfofis de líneas fragmentadas (a). Dispositivo físico (b).
Visión inmersiva (c). T.A.R. Unicompania a.a. 2018-19

2.2.3. Ambiente cúbico con dos aberturas

Se representan dos ejemplos: en el primero las proyecciones de las aberturas resultan enteramente en R y L (Figura 5); en el segundo las proyecciones superan R y L , por lo que una resulta definida entre R y U mientras la otra entre L y U (Figura 6). Se introducen los conceptos de planos pasantes por el origen (o geodésicas) y, en el segundo caso, el método de los fragmentos (2.2.5) para encontrar el segmento faltante en U .

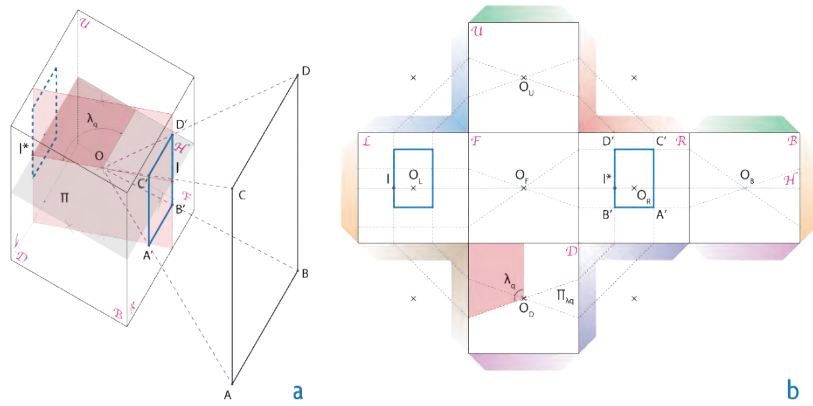


Figura 5. Situación espacial del ejercicio (a). Vista en el mapa cúbico incluidos los cuatro planos que pasan por $\bar{A}'B'$, $B'D'$, $D'C'$, $C'A'$ (b). T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

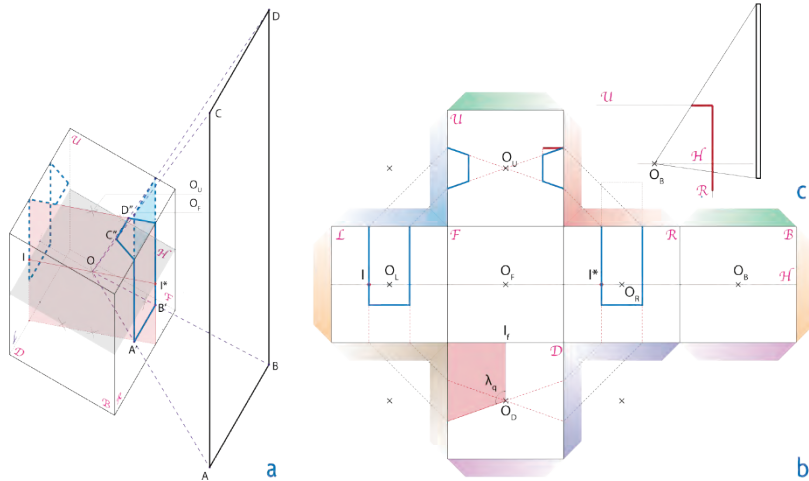


Figura 6. Situación espacial del ejercicio (a), vista en el mapa cúbico (b) e introducción al método de los fragmentos (c). T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

2.2.4. Diferencia ambiente / cubo

El ejercicio busca aclarar la diferencia entre la forma de S (cubo) y la del ambiente ya que la situación tiende a generar confusión (Olivero, Sucurado 2019, p. 55). En el primer caso se representa un ambiente paralelepípedo de base cuadrada y altura menor que el cubo (Figura 7). En el segundo un ambiente paralelepípedo de base rectangular y altura mayor que el cubo (Figura 8). En ambos casos se inician a utilizar, para la construcción en (b), fragmentos a colores que evidencian la intersección con S (a).

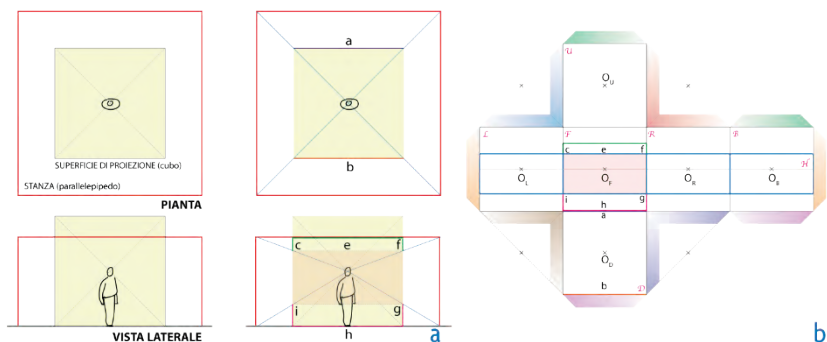


Figura 7. Planta y vista lateral (a). Vista en el mapa cúbico (b). T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

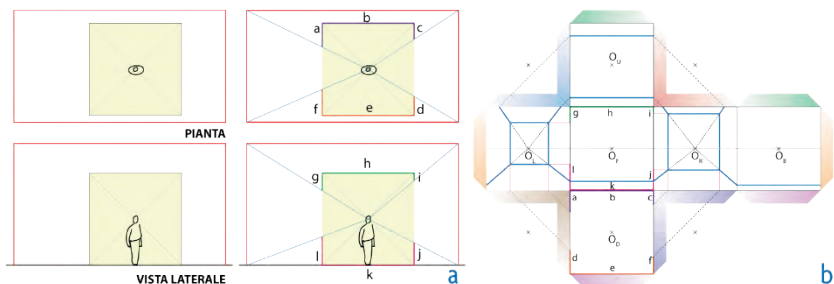


Figura 8. Planta y vista lateral (a). Vista en el mapa cúbico (b). T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

2.2.5. Columna proyectada en cuatro caras: el método de los fragmentos

Durante el curso los estudiantes experimentaron proponiendo diferentes configuraciones espaciales. De allí surgieron problemáticas de representación tales como: columnas con proyecciones en varias caras; columnas de sección variable, escaleras; líneas no horizontales o verticales. Ilustraremos solamente el primer problema, pero la solución nos dejará un corolario para resolver los restantes.

Tenemos un ambiente con ocho columnas dispuestas en cuatro pares, con el observador en el centro de ellas y con el cubo en contacto con las aristas internas de las columnas según Figura 9 y Figura 10. Debido a su geometría y a posición, las cuatro columnas centrales resultan tener proyecciones en cuatro caras diferentes del cubo.

Para poder reconstruir las columnas, proyectamos los vértices de cada arista en planta y en vista lateral, determinando una serie de intersecciones en S que podemos marcar con colores alternados para facilitar la lectura. Así como

dispuestos, trasladamos los fragmentos¹² desde la vista en planta hacia *D*; y desde la vista lateral a las aristas correspondientes (en el ejemplo de Figura 11, *FR*, *UR*, *DR*) teniendo en cuenta la disposición de las vistas superior e inferior en el mapa cúbico. Con los segmentos ubicados, se unen las dos coordenadas de un mismo punto reconstruyendo cada arista y con ello la forma geométrica (Figura 11).

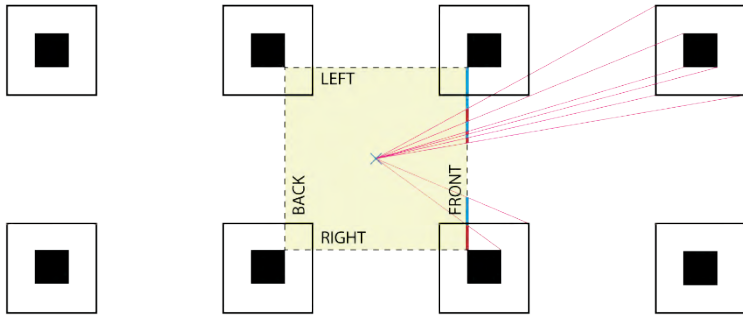


Figura 9. Vista en planta. T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

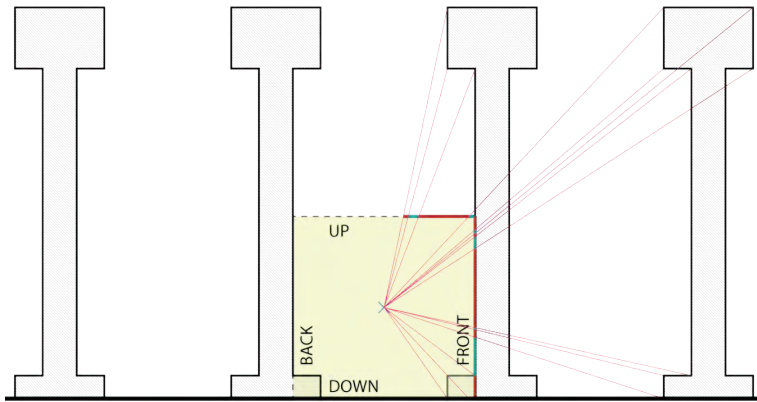


Figura 10. Vista lateral. T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

¹²Si el mapa cúbico no fuere de la misma medida que la planta y la vista lateral, la transferencia de los segmentos tendría que ser sujeta al respectivo factor de escala, ver ejemplo de Figura 16.

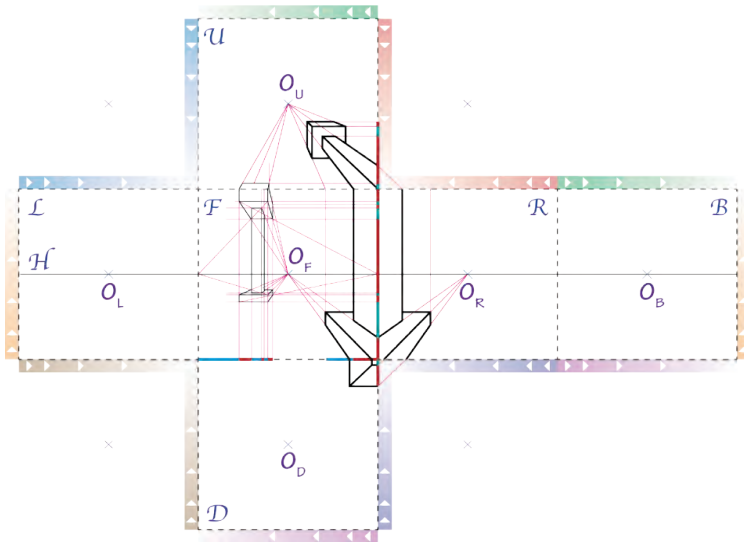


Figura 11. Anamorfosis de las columnas en proyección cúbica. Nótese que las columnas centrales proyectan en cuatro caras mientras que las más distantes en dos. T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

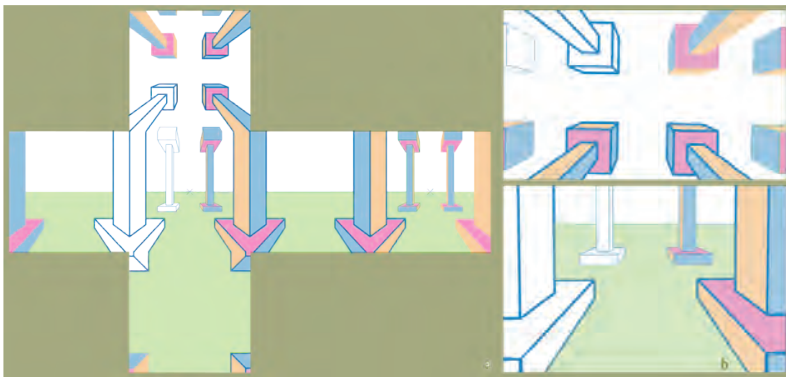


Figura 12. Composición completa de la escena (a) y visualización inmersiva (b).
T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

En el caso de las columnas más alejadas, es posible reconstruirlas repitiendo la operación, aunque con menos referencias, por ejemplo, utilizando la geometría de la primera y los puntos de fuga de las líneas a 45° ¹³. Como la composición es simétrica, dibujando los planos por el origen de cada arista se encuentran las restantes columnas (Figura 12).

¹³Las líneas a 45° y sus respectivos puntos de fuga están a la base del método presentado en (Olivero et al. 2019, p. 55).

2.2.6. Estudio vectorial de un ambiente urbano existente

Partimos de una fotografía equirectangular y realizamos una lectura personal de los elementos conformantes del espacio utilizando el formato cúbico. Para ello, utilizando aplicaciones *free-source*, tomamos una fotografía panorámica en formato equirectangular de un espacio urbano y que luego se convirtió a un *cubemap*¹⁴. Siguiendo este mapa cúbico, se recalcó el contenido en programas de dibujo vectorial, resaltando aspectos estructurales de la geometría del espacio y la relación arquitectura-objeto / representación cúbica.



Figura 13. Fotografía panorámica de Piazza San Domenico en Aversa, Italia. Serena Saggese. T.A.R. Unicompania a.a. 2018-19

¹⁴No debe confundirse perspectiva cúbica con el uso del cubo como superficie de proyección para el desarrollo del llamado '*environmental mapping*'. Este concepto fue introducido en el año 1986 por Ned Greene y propone la utilización de un cubo para reflejar el contenido original de una esfera. La alternativa brinda notables mejoras en la calidad y performance de la renderización (Greene 1986). Un poco más adelante, proyectos como CAVE (Cruz-Neira et al. 1992) o '*Sketching in Space*' (Israel et al. 2009; 2010; Boddien et al. 2017) harán uso del cubo para la exploración creativa en el diseño conceptual. En ninguno de estos casos se habla de una perspectiva entendida como clasificación de líneas, usos de puntos de fuga o construcciones geométricas, sino que se trata de una operación netamente informática de reflejos entre superficies.

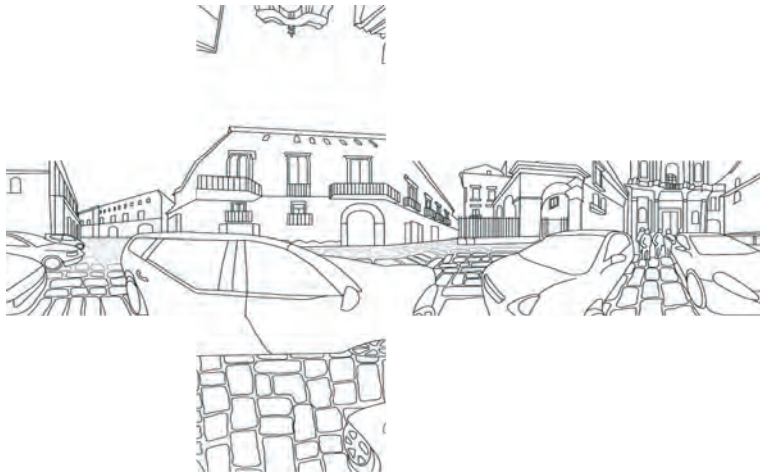


Figura 14. Delineación vectorial. Giuseppina Rao. T.A.R. Unicompania a.a. 2018-19

2.2.7. Exploración proyectual

Las siguientes composiciones son el modelo híbrido inmersivo en su máxima expresión: se parte de una búsqueda proyectual con bocetos exploratorios a mano alzada y realizados con instrumentos simples (regla). El objetivo es poner en práctica lo aprendido durante las primeras lecciones, es decir, el funcionamiento del principio de fuga/no-fuga de los segmentos y los planos pasantes por el origen.

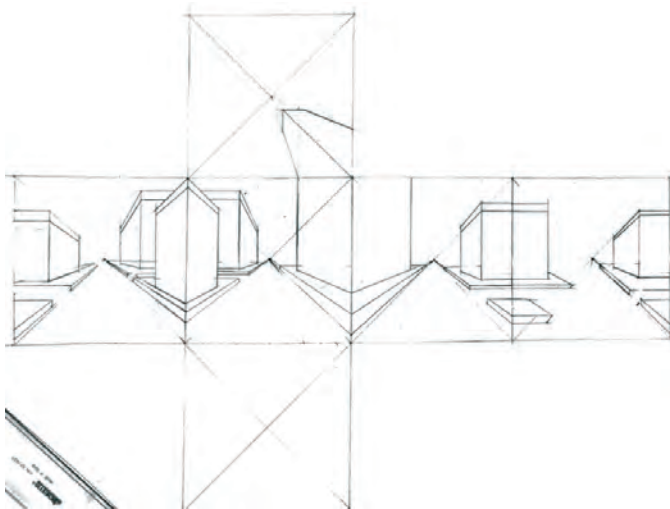


Figura 15. Dibujo a mano en perspectiva cúbica del Ambiente 1. Serena Saggese. T.A.R. Unicompania a.a. 2018-19

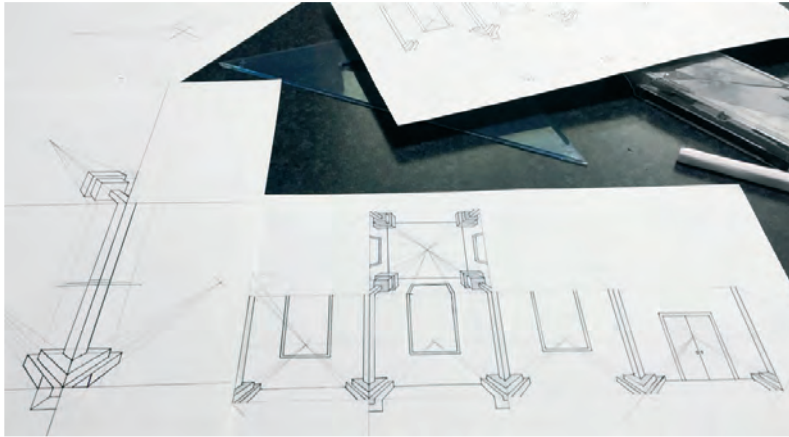


Figura 16. Bocetos exploratorios para la columna y la 'Sala Escher'. Giuseppina Rao. T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

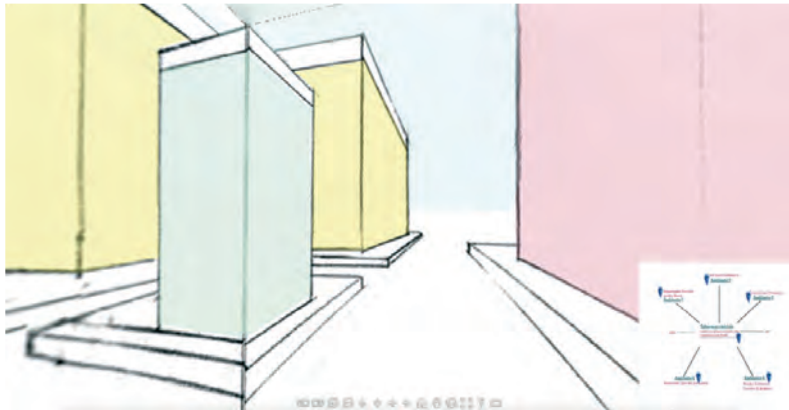


Figura 17. Navegación inmersiva del ambiente en Figura 15. T.A.R. Unicampania a.a. 2018-19

Una vez definido un ambiente, se trabaja en posproducción sobre el medio digital enriqueciendo el lenguaje híbrido de presentación. El paso final es la reconstrucción del panorama equirectangular¹⁵.

En el ejemplo de Figura 18, el lenguaje formal debía responder a una orientación específica, reflejando las inspiraciones de los estudiantes durante la visita a la muestra dedicada a M.C. Escher hospedada en el museo PAN de Nápoles¹⁶.

¹⁵Puede seguirse a tal fin la sección '*Setting the immersive model*' de (Barba et al. 2018, p. 34).

¹⁶PAN, Palazzo delle Arti Di Napoli, 2019. Exhibition in Naples, Italy extended till 22nd of April 2019. M.C. Escher - The Official Website [online]. 2019. [Accessed 10 November 2019]. Available from: <https://mcescher.com/exhibition-in-naples/>

En Figura 18 y Figura 19 la estudiante utilizó las columnas y las escaleras previamente mencionadas en 2.2.5, les agregó texturas y sombras y creó una visita virtual con tres cuadros de su elección.

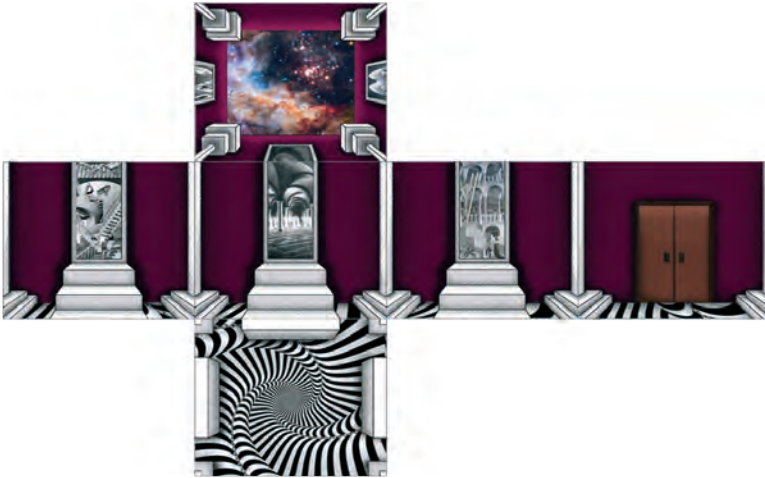


Figura 18. 'Sala Escher' final con texturas. Nótese que fue también necesario el estudio de la anamorfosis de las texturas en el suelo. Giuseppina Rao. T.A.R. Unicompania a.a. 2018-19

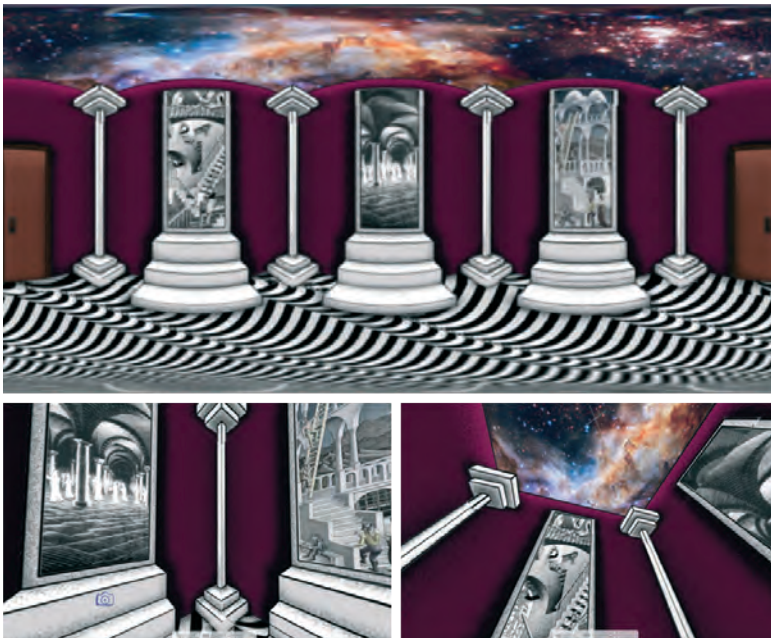


Figura 19. 'Sala Escher' en formato equirectangular (arriba). Vistas inmersivas (abajo). Giuseppina Rao. T.A.R. Unicompania a.a. 2018-19

3. Consideraciones finales

El uso de sistemas inmersivos permite más que una simple forma de ver la arquitectura ampliada, ya que la representación no se focaliza en el simple edificio ignorando el contexto, sino en su relación y definición mutua con otros edificios y/o con el paisaje (uso externo); como así también del propio edificio en relación con los objetos de equipamiento (uso interno). El modelo inmersivo, por lo tanto, extiende el conocimiento de la arquitectura sobrepasando el concepto de encuadre o enfoque del edificio de la perspectiva clásica al convertirlo en un posicionamiento espacial respecto al edificio y su entorno.

La representación centrada en el observador permite una evaluación de las proporciones de la arquitectura y la percepción del conjunto que la rodea desde el punto de vista del usuario. Esta forma de percepción, promocionada por la actual tecnología, se va convirtiendo poco a poco en la normalidad. Precisamente por ello es menester que todo lo que está detrás de dicha representación (la geometría, la matemática, la arquitectura, el arte...), se adapten a los nuevos tiempos, pero sin dejar de promover los valores ya verificados en la historia, sabiendo además, como ya ampliamente desarrollado (Rossi 2017c), que el método no es indiferente del medio:

“Percezione e rappresentazione sono quindi strettamente legate nello stesso processo espressivo; ma la ricerca di una rappresentazione spaziale coincide con la ricerca dei mezzi per realizzarla. Questi, offerti in maniera rigorosa, o talvolta empirica, dalla geometria, costituiscono delle scelte operate in una determinata direzione secondo le tendenze dominanti di ogni epoca storica.”
(Sgrosso 1969)

El uso de la perspectiva cúbica representa una ventaja instrumental y teórica ya que con los mismos métodos e instrumentos con los cuales definimos ‘de forma cotidiana’ la arquitectura u objetos, podemos crear una visualización inmersiva definida científicamente y, gracias al principio de linealidad, la perspectiva es exacta, cuantitativa y medible. Las experiencias demuestran una distribución más equitativa y accesible a la inmersividad, y ya no al solo virtuoso como antaño.

Resaltamos la importancia que la enseñanza de los HIM debería tener en la currícula formativa de las carreras de diseño, incluyéndolos como las perspectivas que son y no como ‘rarezas’ *‘if spherical perspective is mentioned, then it is usually presented as an “outside the box” model (...) rather than as what it should be viewed as: A meta-class model of perspective representation’* (Kulcke 2019, p. 345). Alentamos además la continuidad de los métodos clásicos y analógicos, ya que, como se parte de un dibujo autógrafa, el resultado del proceso de diseño es personal e

irrepetible, favoreciendo a la diversidad creativa y la identidad proyectual.

Gracias al uso de los HIM con perspectiva cúbica, el diseñador queda en contacto con una potente herramienta que le permite cambiar de escala desde los primeros bocetos, dando la posibilidad al comitente y a él mismo de previsualizar y navegar el proyecto a nivel observador. Su uso promulga una apertura multidisciplinar, permitiendo entender el espacio a quienes tienen una visión del objeto (como los estudiantes de diseño de productos) y entender como los objetos / equipamiento / edificios se relacionan en el espacio a quienes sólo tienen la visión del edificio aislado.

Bibliography

Cuadro teórico y actualidad del método de la perspectiva

- Migliari, Riccardo (ed.), (2004). *Disegno come Modello. Riflessioni sul disegno nell'era informatica*. Rome, Italy: Edizioni Kappa. ISBN 978-88-7890-605-1
- Rossi, Adriana (1991). *Il costruito "ad quadratum" tra memoria e ragione*. PhD Thesis in "Rilievo e rappresentazione del costruito". Advisor: Rosa Penta. Coadvisor: Emma Mandelli. Palermo, Italy: Università degli Studi di Palermo.
- Rossi, Adriana (2017a). *Immersive high resolution photographs for cultural heritage*. Id. pp. 4-21. Padova, Italy: libreriauniversitaria.edizioni.it. ISBN 978-88-6292-855-7. Vol. n.2 | *Drawing/Disegno Book Series*, ISSN 2611-4291
- Rossi, Adriana (2017b). "Prospettive architettoniche. Conservazione digitale, divulgazione e studio". In: *Abitare la prospettiva: aspirazione e traguardo della ricerca artistica*. Università La Sapienza. Rome, Italy: Università La Sapienza. pp. 251-276. ISBN 978-88-9377-013-2
- Rossi, Adriana et al.(ed). (2017c). "Territori e Frontiere della Rappresentazione. Territories and Frontiers of Representation". Gangemi. Rome, Italy. *Proceedings of the 39th International Conference of Teachers of the disciplines of the Representation*, Naples, Italy. ISBN 978-88-492-3507-4
- Rossi, Adriana; Carbone, Emilia and Fiorillo, Fausta (2016). "Remote fruition of material and non material goods". *ScieConf*. June 2016. No. 1. DOI: <https://www.doi.org/10.18638/scieconf.2016.4.1.388>
- Rossi, Daniele (2019). "First Person Shot: la prospettiva dinamica interattiva negli ambienti virtuali immersive". In: *Reflections the art of drawing | the drawing of art*. Rome, Italy: Gangemi Editore International. 19 September 2019. pp. 977-984. ISBN 978-88-492-3762-7
- Sgrosso, Anna (1969). *Il problema della rappresentazione e dello spazio attraverso i tempi*. Stabilimento poligrafico IEM. Casoria, Naples, Italy.
- Perspectiva cúbica - métodos teóricos y aplicaciones prácticas.
- Araújo, António Bandeira; Olivero, Lucas Fabian and Antinozzi, Sara (2019). "HIMmaterial: exploring new hybrid media for immersive drawing and collage", In: *Proceedings of ACM ARTECH conference (ARTECH2019)*. Braga, Portugal: ACM Press. 2019. pp. 247-251. ISBN 978-1-4503-7250-3. DOI: <https://www.doi.org/10.1145/3359852.3359950>
- Araújo, António Bandeira; Olivero, Lucas Fabian and Rossi, Adriana (2019b). "Boxing the Visual Sphere: towards a systematic solution of the cubical perspective", In: *Reflections the art of drawing | the drawing of art*. Rome, Italy: Gangemi Editore International. 19 September 2019. p. 33-40. ISBN 978-88-492-3762-7. DOI: <https://www.doi.org/10.36165/1004>
- Barba, Salvatore; Rossi, Adriana and Olivero, Lucas Fabian, (2018). "CubeME,

- a variation for an immaterial rebuilding”, In: Rappresentazione / Materiale / Immateriale. Drawing as (in)tangible representation [online]. Rome, Italy: Gangemi Editore International. 2018. pp. 31–36. ISBN 978-88-492-3651-4. Available from: <http://hdl.handle.net/11591/392282>
- Olivero, Lucas Fabian and Sucurado, Bruno (2019). “Analogical immersion: discovering spherical sketches between subjectivity and objectivity”, In: ESTOA. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca. July 2019. Vol. 8, no. 16, p. 47–59. DOI: <https://www.doi.org/10.18537/est.v008.n016.a04>
- Olivero, Lucas Fabian, Rossi, Adriana and Barba, Salvatore (2019). “A codification of cubical projection for the generation of immersive models”. In: Disegno. 20 June 2019. No. 4, pp. 53–63. DOI: <https://www.doi.org/10.26375/disegno.4.2019.07>

Perspectivas esféricas y proyección de geodésicas sobre un cubo

- Araújo, António Bandeira (2018a). “Drawing Equirectangular VR Panoramas with Ruler, Compass, and Protractor”, In: Journal of Science and Technology of the Arts. 3 April 2018. Vol. 10, no. 1, pp. 15–27. DOI: <https://www.doi.org/10.7559/citarj.v10i1.471>
- Araújo, António Bandeira (2018b). “Ruler, compass, and nail: constructing a total spherical perspective”, In: Journal of Mathematics and the Arts. 2018. Vol. 12, no. 2–3, pp. 144–169. DOI: <https://www.doi.org/10.1080/17513472.2018.1469378>
- Falanga, Maddalena and Battaia, Luciano (2000). “Geodetiche. Batmath. Sito per amanti della matematica e della fisica” [online]. 2020 2000. [Accessed 13 March 2020]. Available from: <http://www.batmath.it/matematica/ageo/capn/geodetiche.htm>
- Kulcke, Matthias (2019). “Spherical perspective in design education”. FME Transactions. 1 January 2019. Vol. 47, pp. 343–348. DOI: <https://www.doi.org/10.5937/fmet1902343K>
- Lazzarini, Paolo (2017). “Geometria sulla sfera. Un approccio elementare alla geometria non euclidea”. Home Page di Paolo Lazzarini [online]. 2017 1997. [Accessed 13 March 2020]. Available from: http://www.paololazzarini.it/geometria_sulla_sfera/geo.htm
- Macnair, J.L.P. (1957). “Spherical Perspective”, In: Journal of the Royal Society of Arts. 1957. Vol. 105, no. 5010, p. 762–780

Inmersividad, anamorfosis, “Perspective box”, CAVE

- Boddien, Charlotte; Heitmann, Jill; Hermuth, Florian; Lokiec, Dawid; Tan, Carlos; Wölbeling, Laura; Jung, Thomas and Israel, Johann Habakuk (2017). “SketchTab3D: A Hybrid Sketch Library Using Tablets and Immersive 3D Environments”. In: Pro-

- ceedings of the 2017 ACM Symposium on Document Engineering [online]. New York, NY, USA: ACM. 2017. pp. 101–104. DocEng '17. ISBN 978-1-4503-4689-4. DOI: <http://doi.acm.org/10.1145/3103010.3121029>
- Cabezos Bernal, Pedro Manuel, Cisneros Vivó, Juan and Soler Sanz, Felipe (2014). “Anamorfosis, su historia y evolución”, In: EGA Expresión Gráfica Arquitectónica. 2014. Vol. Núm. 23 (2014): Conversando con... Juan Navarro Baldeweg. DOI: <https://www.doi.org/10.4995/ega.2014.2184>
- Cruz-Neira, Carolina; Sandin, Daniel J.; Defanti, Thomas A.; Kenyon, Robert V. and Hart, John C., (1992). “The CAVE: Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment”. In: Commun. ACM. June 1992. Vol. 35, no. 6, pp. 64–72. DOI: <https://www.doi.org/10.1145/129888.129892>
- Fukuoka, Maki (2005). “Contextualising the peep-box in Tokugawa Japan”, In: Early Popular Visual Culture. 1 May 2005. Vol. 3, no. 1, pp. 17–42. DOI: <https://www.doi.org/10.1080/17460650500056998>
- Gay, Fabrizio and Cazzaro, Irene (2018). “Venetian perspective boxes: when the images become environments. Low-tech high-knowledge media to teach the historical heritage of the (interior/exterior) environments”, In: Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage, Brixen, 5-6 July 2018, Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-12240-9_11
- Greene, Ned (1986). “Environment Mapping and Other Applications of World Projections”. In: IEEE Computer Graphics and Applications. November 1986. Vol. 6, no. 11, pp. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.1109/MCG.1986.276658>
- Israel, Johan Habakuk, Wiese, Elena, Magdalena, Mateescu, Rainer Georg, Stark and Christian, Zöllner (2009). “Investigating three-dimensional sketching for early conceptual design – Results from expert discussions and user studies”, In: Computers & Graphics. 1 August 2009. Vol. 33, no. 4, pp. 462–473. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.cag.2009.05.005>
- Israel, Johan Habakuk, Zöllner, Christian and Müller, Alexander (2010). “Sketching in space”, In: The constitute [online]. 2010. [Accessed 25 April 2018]. Available from: http://theconstitute.org/sketching_in_space/
- Mazzoccoli, Franco (ed.) (2010). “L’arte della prospettiva e i mirabili disinganni di Andrea Pozzo”, In: Fondazione Geometri Italiani. May 2010. Vol. 9, no. II. 05-06/2010, pp. 86
- Spencer, Justina (2018). “Illusion as ingenuity. Dutch perspective boxes in the Royal Danish Kunstkammer’s ‘Perspective Chamber.’”, In: Journal of the History of Collections. 19 July 2018. Vol. 30, no. 2, pp. 187–201. DOI: <https://www.doi.org/10.1093/jhc/fhx024>
- Verweij, Agnes (2010). “Perspective in a box”, In: Nexus Network Journal. 1 April 2010. Vol. 12, no. 1, pp. 47–62. DOI: <https://www.doi.org/10.1007/s00004-010-0023-7>

Otras

- Da Vinci, Leonardo; Richter, Irma A.; Wells, Thereza and Kemp, Martin (edit.) (2008). Notebooks. New Edition. Oxford, New York: Oxford University Press. Oxford World's Classics. ISBN 978-0-19-929902-7
- Oxford, Lexico (2019). "Anamorfosis", In: Lexico Dictionaries | Spanish [online]. [Accessed 9 November 2019]. Available from: <https://www.lexico.com/es/definicion/anamorfosis>
- Rae (2019). Diccionario de la lengua española. "Anamorfosis". Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario [online]. [Accessed 9 November 2019]. Available from: <https://dle.rae.es/anamorfosis>

Authors

* **Lucas Fabian Olivero**. Architect (University of Cordoba, Argentina) and Engineer (University of Salerno, Italy) is presently at work on a double PhD program in Design and Innovation (University of Campania, Italy) and in Digital Media Arts (Universidade Aberta, Portugal). His thesis is about advanced techniques for handmade VR artworks, such as immersive drawings composed in cubical perspective. He has lectured on the topic, and presented immersive art exhibitions in Italy, Portugal and Belgium. Homepages: <https://iris.unicampania.it/browse?type=author&authority=rp10724> and <https://www.lufo.art/>

* **António Bandeira Araújo** has a BSc. in Physics and a PhD in Mathematics and specializes in the applications of geometry to the visual arts, having published new methods for drawing spherical perspectives and immersive anamorphoses, that connect traditional drawing with VR visualization. His research in geometry is informed by his work as an illustrator. He lectures at Universidade Aberta, where he teaches immersive perspectives at Aberta's doctorate in digital media arts, pushing for technology that enhances rather than replaces traditional drawing. He is a member of the Centre for Research in Arts and Communication. Homepage: <http://univ-ab.pt/~aaraújo>

* **Adriana Rossi**. Summa cum laude degree in Architecture (1984), PhD, currently Full Professor in 'Advanced Representation Techniques' at the Engineering Department of University of Campania. Formerly Associate Professor at the Faculty of Architecture at University of Rome La Sapienza. Member Professor of the PhD international program in Design for Innovation Unicampania. Selected by the Chancellor to set up the photogrammetry laboratory. During the last five years she was visiting Professor at Universitat Politècnica de Valencia and Visiting Researcher at Nanyang University in Singapore (School of Art, Design and Media). Homepage: <https://iris.unicampania.it/browse?type=author&authority=rp00886>