

01

Dieste Ex Machina.

Interpretación del patrimonio a través de la fabricación digital.

El caso «Capilla Cristo Obrero»



El cometido esencial de esta publicación es proponer una reflexión acerca de la obra del Ing. Eladio Dieste desde la óptica de la fabricación digital. Esto es, interpretar el patrimonio a través de una lectura crítica de los modos de producción empleados por el autor tomando como base la fabricación digital de un modelo a escala 1:20 de la Capilla Cristo Obrero, con el propósito de promover la generación de nuevas lecturas de una obra emblemática e innovadora para su época, que pervive hasta hoy.

Dieste Ex Machina. An interpretation of heritage through digital fabrication. The "Capilla Cristo Obrero" case.

The main goal of this publication is to propose a reflection on Eladio Dieste's work from the point of view of digital fabrication. That means, an interpretation of heritage through a critical reading of the means of production employed by the author, based on the digital manufacture of a 1:20 scale model of Capilla Cristo Obrero, with the purpose of promoting the generation of new visions of an emblematic and innovative work, that survives until today.



Autores

Arq. Marcelo Payssé Álvarez

Mg. Arq. Fernando García Amen

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo,
Universidad de la República.
Uruguay

Palabras claves

Eladio Dieste

Capilla

Cristo Obrero

Cerámica armada

Fabricación digital

Key words

Eladio Dieste

Chapel

Cristo Obrero

Reinforced brick

Digital manufacturing

Artículo recibido | *Artigo recebido:*

31 / 03 / 2017

Artículo aceptado | *Artigo aceito:*

10 / 07 / 2017

Email: paysse@farq.edu.uy

efe@fadu.edu.uy

INTRODUCCIÓN

La obra del Ing. Eladio Dieste conforma, sin lugar a dudas, un objeto de estudio ineludible dentro de la técnica constructiva moderna, tanto en su aporte formal arquitectónico como por su innovación estructural. Su legado es también valioso desde un punto de vista académico, pues aborda el estudio del ladrillo como elemento portante en una década dominada por el hormigón armado, retomando así la tradición de la bóveda, presente desde los inicios de la técnica, a través de la práctica romana, mudéjar y catalana. Dieste desarrolla su técnica particular principalmente en la década de los '40, utilizando el legado de Cullman–Ritter, para luego verificar sus cálculos con el método numérico de Leonhard–Torroja–Löser. Este procedimiento, le permitió además la posibilidad de utilizar los materiales existentes a bajo coste en el lugar de implantación; en el caso de Uruguay, el ladrillo cocido de máquina.

La técnica constructiva con mampuestos empleada por Dieste implica, pues, además del uso del ladrillo como elemento central, el diseño y construcción de elementos estructurales anexos, que fungen a manera de cimbras, soportes y estructuras auxiliares. De este modo, se vislumbra un sistema de procedimientos no tradicionales e invisibles, adaptados a un diseño estructural innovador.

Este trabajo se propuso abordar un paralelismo entre la técnica constructiva auxiliar empleada por Dieste y la necesaria para afrontar la construcción mediante técnicas de fabricación digital de una de sus obras. (Fig. 1)

Dieste Ex Machina es una figura retórica que alude al ardid tecnológico empleado por el teatro griego antiguo para introducir nuevos elementos explicativos en escena, pero también es una alegoría del trabajo realizado en pos de la ejecución de la obra a través de dispositivos especialmente diseñados para tal función.

OBJETIVOS

El objetivo central fue el estudio conceptual de la Iglesia Cristo Obrero de la Estación Atlántida, proyectada por Eladio Dieste en 1952, desde la perspectiva de las nuevas tecnologías de documentación geométrica y fabricación digital, en el marco del programa «Keeping it Modern» de The Getty Foundation.

Los objetivos particulares fueron:

- El relevamiento total del edificio mediante escaneo láser.
- La comprensión de la lógica que supone su replanteo en el espacio.
- La materialización de ese estudio a través de la fabricación digital.

Se buscó asimismo poner en evidencia la complejidad constructiva y los arduos empleados para replantear la geometría, derivando el producto final como soporte de una intervención de *videomapping* en el marco de un ciclo de exposición y conferencias homónimo a este trabajo. Dicho evento tuvo lugar en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de la República (UdelaR) a fines del año 2016.

METODOLOGÍA Y DESARROLLO

El primer acercamiento al edificio fue estudiar la geometría base que subyace en la propuesta volumétrica del conjunto edilicio. Este estudio se llevó a cabo mediante relevamiento fotográfico en primera instancia, a dos niveles: aéreo (drones) y terrestre. En una segunda instancia se procedió a realizar el escaneo láser de todo el conjunto y se obtuvo la geometría digital más exacta posible con los recursos tecnológicos actuales. (Fig. 2–5)

Con estos insumos, contrastados con la documentación original (plantas, fachadas y cortes elaborados por Dieste), se individualizaron cinco sectores que suponen problemas diferentes de replanteo de la forma: muros, cubierta, frente/fondo, campanario y bautisterio.

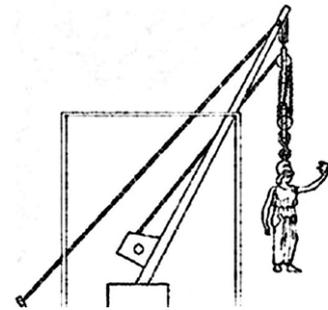


FIGURA 1 | Deus Ex Machina – Representación en el teatro griego. Fuente: Wikipedia.



FIGURA 2-5 | Construcción de los muros. Fotos: Marcelo Sasson.

FIGURA 6-9 | Cimbra para la construcción del techo.
Fotos: Marcelo Sassón.

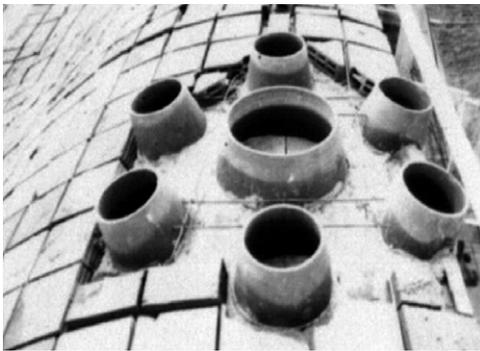
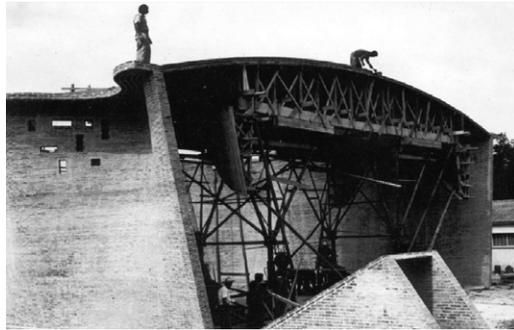
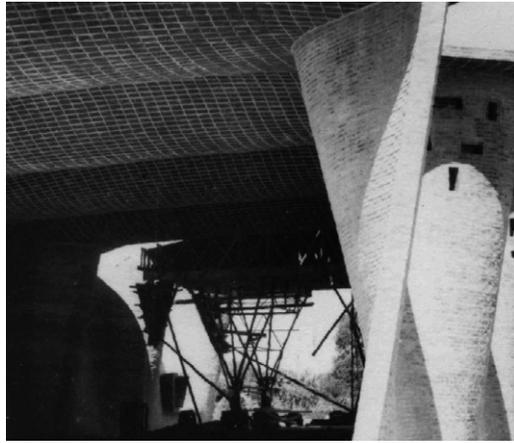


FIGURA 10 | Lucernario. *Foto: Marcelo Sassón*

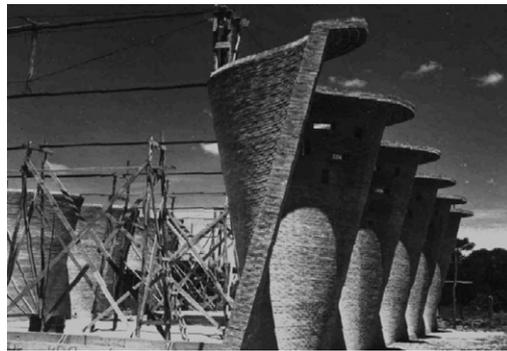


FIGURA 11 | Construcción del techo. *Foto: Marcelo Sassón.*

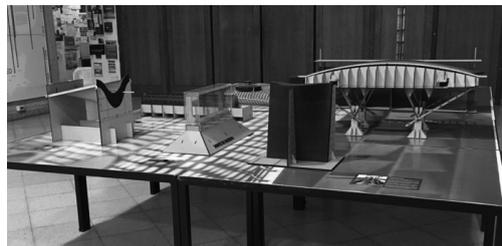
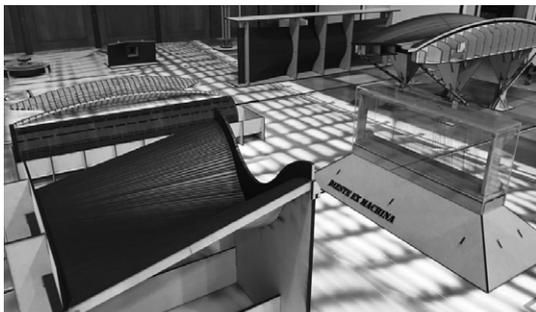


FIGURA 12-13 | Exposición de piezas constructivas en fabricación digital. *Foto: Fernando García Amén.*

En el caso de los muros laterales, se trata de una superficie reglada cuyas dos directrices de borde tienen el siguiente andamiaje. La directriz inferior es una recta y la superior es una secuencia de parábolas en el plano horizontal. En los puntos de inflexión de la serie la generatriz es vertical. Para manifestar esta situación se optó por elegir dos elementos que definen la ubicación de las piezas: la generatriz de máxima pendiente y la directriz vertical. La sucesión de parábolas da lugar a una secuencia de inclinada positiva/vertical/inclinada negativa que se repite cada 6 metros.

Cabe aclarar que en el modelo se debió realizar una necesaria simplificación con relación a las hiladas de los muros laterales. El eje de las hiladas en obra es horizontal, pero los ladrillos se posicionan siempre perpendiculares a la generatriz del muro. Esto hace que la hilada vaya torneando su plano a lo largo del eje horizontal, adaptándose a la inclinación variable del muro. Responde a una utilización racional del material, que siempre trabaja a compresión, y evita de esa manera los esfuerzos de deslizamiento. Siendo la distancia inclinada del muro mayor que la altura vertical, se debió variar el espesor de las hiladas, y en algunos casos agregar hiladas parciales en el nacimiento del muro, para mantener la cantidad de hiladas. En el modelo propuesto, las hiladas son siempre horizontales en cuanto a su eje, lo que simplifica la conformación del muro a partir de planos horizontales. (Fig. 6–9)

La cubierta es una superficie de doble curvatura generada por dos familias de generatrices curvas. Las transversales (perpendiculares al eje de la nave) son catenarias de altura variable, que descansan en el mismo plano horizontal donde rematan los muros laterales. Las longitudinales son secuencias de parábolas, similares a los muros laterales. Para indicar esta particular geometría se optó por una estructura encastrada de curvas en los ejes principales x e y , que generan la superficie y manifiestan su definición a partir de elementos rectangulares (ladrillos). (Fig. 10 y 11)

La viga de borde es la encargada de soportar los esfuerzos de empuje de la bóveda, en tanto que su distancia horizontal es variable, una perfecta correspondencia con el esfuerzo, transformándose en la materialización del diagrama de carga de la viga.

El caso de la fachada principal es un problema combinado entre superficies de extrusión vertical con sección constante hasta el dintel de acceso, y luego un mosaico de elementos verticales dentro de un patrón de tipo celosía. La parte inferior se define únicamente por la directriz curva horizontal que se desplaza según generatrices verticales, de las cuales fueron seleccionadas las cuatro más representativas. La parte superior no admite mayor abstracción que lo visible a primera vista, mostrando sus ritmos y secuencias principales.

El campanario es básicamente un cilindro de eje vertical, con la particularidad que se define por 14 «pilares» rectangulares en una matriz polar, unidos por secuencias de nexos sincronizadas con los escalones volados en espiral. Para este problema aparentemente sencillo se optó por un plegado de las superficies cilíndricas exterior e interior, descartando la obvia combinación de secciones circulares y eje vertical.

Una vez definidas las mínimas formulaciones geométricas subyacentes en la ley de generación del conjunto, el paso siguiente fue la elección de los materiales que la representarían a escala, mostrando la volumetría del conjunto.

Teniendo en cuenta la omnipresencia del ladrillo y su generalizada utilización en la obra, fue necesario recurrir a un material que aludiera a esta circunstancia. Se optó por el MDF de 3 mm de espesor, que se corresponde aproximadamente a una hilada de ladrillo a escala 1:20.

Si se considera al ladrillo como el átomo de este material, la hilada es la molécula que ordena la secuencia en vertical, el patrón rectangular de la cubierta y el ritmo del cilindro.

El modelado digital del conjunto, continuo y de definición geométrica precisa, dio lugar a la representación discreta a partir de la hilada (MDF) para muros y fachada, plegado para el campanario, y encastre tridimensional para la cubierta. (Fig. 12 y 13)

Los muros laterales fueron definidos mediante la sucesión de hiladas, perfectamente replanteadas por las generatrices de borde inclinado materializadas por planos verticales y las generatrices verticales que enhebran las hiladas mediante conectores cilíndricos de 6 mm de diámetro. (Fig. 14–16)

La cubierta se representa con las dos familias de curvas encastradas a media madera manteniendo el patrón rectangular del ladrillo, pero al doble de tamaño (50 x 25 cm). Se entiende que la proporción es representativa del andamio real de la superficie, que sabiamente fue definida por Dieste mediante las proporciones del revestimiento de tejuela en el sentido de la curvatura: a mayor curvatura mayor dimensión, y viceversa. Es así que la dimensión mayor del ladrillo sigue la curva «larga», transversal a la nave, y la menor dimensión del ladrillo define la sucesión de parábolas paralelas al eje de la nave. (Fig. 17 y 18)

Para la maqueta se definió un sistema que permitiera la precisa ubicación de las piezas (hiladas, plegados y curvas encastradas), de modo de evitar la necesidad de pegado y fijación permanente de elementos. Todo se asegura mediante encastres y replanteo de bordes y se recurre exclusivamente a la gravedad para mantener las piezas en su lugar. No se requiere una pericia especial para el armado, más allá de la mínima interpretación del código de las piezas, que refieren a los cuatro sectores («f» por frente, «c» por cubierta, «cam» por campanario y «m» por muros) junto con el índice numérico que indica el orden de posicionado, comenzando por la base. Las piezas fueron cortadas con láser, se grabó el código en el mismo momento del corte. Se utilizó como tamaño máximo de plancha la de 120 x 83, de forma de poder llegar al tamaño final de la maqueta, mediante cuatro secciones principales. Se requiere unos 40 minutos para armar todo el conjunto con el trabajo de dos operadores. (Fig. 19 y 20)

Se realizaron registros de todas las etapas de modelado, corte y armado, como recurso para su análisis, validación y comunicación.

Los procedimientos de replanteo que se utilizaron en obra (plantillas, hilos, plomadas, cimbras, costillas) devienen en el modelo a escala en sugerentes estructuras encastradas precisamente en el lugar que explican los mecanismos utilizados y expresivos por sí mismas. (Fig. 21 y 22)

RESULTADOS OBTENIDOS

La oportunidad de materializar un estudio complejo y extenso en el tiempo, puede significar un momento de condensación de esfuerzos dentro de un equipo multidisciplinario que converge en este caso con un objetivo común: «mantener moderna» la Iglesia de Atlántida del Ing. Dieste.

Este modelo a escala obtenido (1:20) conforma un objeto de discusión y un nexo de varias disciplinas: la documentación geométrica que le dio origen, los ingenieros especialistas en mantenimiento de estructuras, los arquitectos con perfil de obra, los gestores del patrimonio, los funcionarios municipales, los operadores turísticos, los investigadores en historia y crítica, etcétera.

La propuesta general está relacionada directamente con los dispositivos reales que se debieron utilizar durante la obra para replantear la forma gracias a documentos que se pudieron consultar, entrevistas a los actores de aquella época y material fotográfico y maquetas que aún se conservan.

La definición precisa de la geometría, que fuera completada con escaneo láser 3D, y registro desde el aire con drones, sirvió como insumo para la generación de una plataforma web interactiva que permite orbitar el edificio desde puntos de vista aéreos. La misma puede visualizarse en la web <http://www.diesteexmachina.com>. Asimismo, el público en general puede acceder y visualizar los avances del trabajo, bajar modelos para impresión 3D y apreciar todo el material anteriormente disperso relativo al sitio patrimonial.

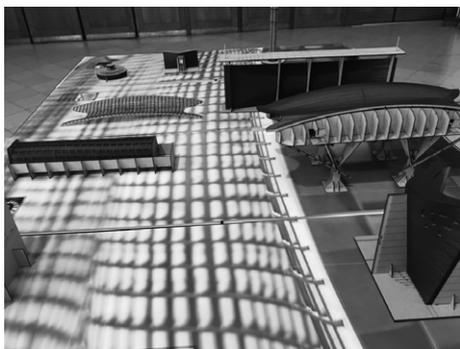


FIGURA 14 | Detalles constructivos. *Foto:* Fernando García Amen.



FIGURA 15 | Detalle de maqueta histórica, realizada por Eladio Dieste. *Foto:* Marcelo Sassón.



FIGURA 16 | Detalle constructivo mediante fabricación digital. *Foto:* Marcelo Paysé Álvarez.



FIGURA 17 Y 18 | Maqueta escala 1.20 de la Capilla Cristo Obrero realizada enteramente mediante fabricación digital. *Foto:* Fernando García Amen.



FIGURA 19 | Detalle del muro lateral. *Foto:* Fernando García Amen.



FIGURA 20 | Vittorio Vergalitto, capataz de la obra, apreciando la maqueta terminada. *Foto:* Luis Flores.



FIGURA 21 Y 22 | Videomapping sobre la maqueta. *Fotos:* Gabriela Barber.



FIGURA 23 | Videomapping sobre la maqueta. Fotos: Gabriela Barber.

El resultado final de toda la acción en el modelo desde el perfil técnico es una aplicación digital que administra la geometría general del conjunto, incluyendo el mapa de daños y los procedimientos para su reparación. Su aplicación puede visualizarse en el canal <https://vimeo.com/user35732657>

Asimismo, la instancia de realización de *videomapping* contribuyó a generar desde la mixtura entre arte y tecnología una vinculación con el público general capaz de acercar una obra patrimonial a su comprensión por parte de la sociedad en su conjunto. (Fig. 23)

DEBATE

La propuesta a The Getty Foundation, dentro del programa «Keeping it Modern», y la futura aspiración a integrar la lista del Patrimonio Mundial de UNESCO, fueron la excusa perfecta para echar a andar esta nueva mirada a la obra de Dieste empleando los recursos que ofrecen las nuevas tecnologías.

La utilización de modelado y fabricación digitales no implicó en este estudio la repetición de procedimientos tradicionales sino la oportunidad de reformular las prácticas de análisis, producción y comunicación de investigaciones morfológicas, destinadas tanto al trabajo técnico como al de sensibilización y difusión. Por lo tanto, la interpretación no resultó literal. Se descartó la tentación por la representación naturalista y se optó por una lectura conceptual de lo utilizado, que redescubre y vuelve a poner en relieve la grandeza de la obra.

Las formas de Dieste, elocuentes en su manifestación física pero profundamente racionales en cuanto a su comportamiento estructural, aprovechamiento de los recursos y compromiso con el objetivo místico, nos convierten en privilegiados actores para explicar al público los artilugios del maestro detrás de lo obvio, es decir, *Dieste Ex Machina*. ❖



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, S. (2004):** *Eladio Dieste: Innovation in Structural Art*. New Jersey: Princeton Architectural Press.
- (2007): Relazioni. *Eladio Dieste un architettura rivoluzionaria in Uruguay*, 1, 17–18.
- CRESPO CABILLO, I.:** *Control gráfico de formas y superficies de transición*. Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica.
- ERDELYI, L.; SILVESTRI, G. (2011):** *Escritos sobre arquitectura: Eladio Dieste*. Montevideo: Irrupciones Grupo Editor.
- ICOMOS (1964):** Carta Internacional sobre la Conservación y la Restauración de Monumentos y de Conjuntos Histórico-Artísticos.
- LODEIRO PÉREZ, J.M. (2011):** *Jornadas de Documentación Geométrica del Patrimonio*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España.
- PEDRESCHI, R. (2007):** «The double-curvature masonry vaults of Eladio Dieste. Proceedings of the Institution of Civil Engineers.» *Structures and Buildings*, (160), 3–11.
- PROGRAMA DE DESARROLLO LOCAL ART URUGUAY (abril 2010):** Curso de Formación «Arqueología de la Arquitectura».
- VALLE MELÓN, J.M. (2007):** *Documentación geométrica del patrimonio; propuesta conceptual y metodológica*. Tesis. La Rioja. Universidad de La Rioja.