

# Dieste Ex Machina. Tecnología y patrimonio

*Dieste Ex Machina. Technology and heritage*

**Marcelo Payssé Álvarez**

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo  
Universidad de la República  
paysse@fadu.edu.uy

**Fernando García Amen**

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo  
Universidad de la República  
efe@fadu.edu.uy

Please maintain alignments along the paper –

## Abstract

This paper aims to reflect, from an analytic point of view, on the nature of Eladio Dieste's work. It focuses on the case study of Capilla Cristo Obrero, located in the surroundings of Atlántida, Uruguay. The main goal is to propose a 1:20 scaled model to arrange a workshop and exhibition in the framework of the nomination for the Getty Foundation prize.

**Keywords:** Dieste; cerámica armada; patrimonio; documentación geométrica; impresión 3D

## 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 propone 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. *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.

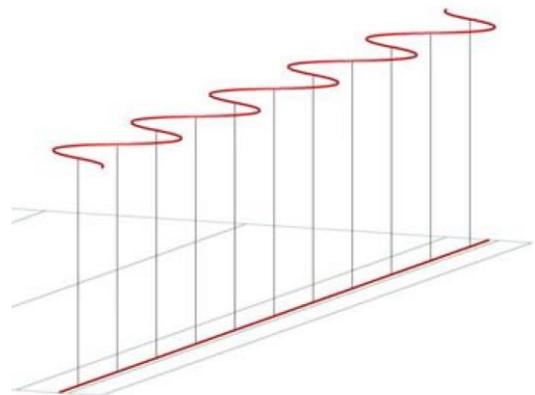
El objetivo central será el estudio conceptual de la Iglesia Cristo Obrero de la ciudad de Atlántida, proyectada por Eladio Dieste en 1952, desde la perspectiva de las nuevas tecnologías de documentación geométrica y fabricación

digital, en el marco del programa *Keeping it modern* de The Getty Foundation.

Los objetivos particulares serán: el relevamiento parcial del edificio, la comprensión de la lógica que supone su replanteo en el espacio, y la materialización de ese estudio a través de la fabricación digital. Se pondrá en evidencia la complejidad constructiva, 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, que tendrá lugar en los meses de Octubre y Noviembre de este año.

## Metodología

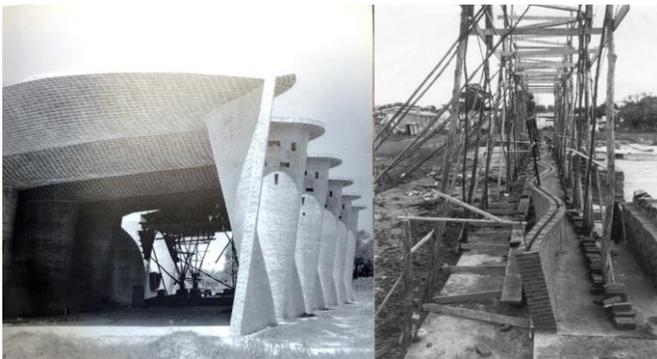
El primer acercamiento al edificio fue estudiar profundamente la geometría base que subyace en la propuesta volumétrica del conjunto edilicio. Se individualizaron cuatro sectores que suponen problemas diferentes de replanteo de la forma: muros, cubierta, frente y campanario. El bautisterio que se encuentra en el subsuelo, fue obviado en esta instancia por razones operativas.



**Figura 1:** Geometría de los muros laterales.

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 repiten cada 6 metros.

Cabe aclarar que en el modelo se debió realizar una necesaria simplificación en 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. Esto responde a una utilización racional del material, que siempre trabaja a compresión, evitando 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, para mantener la cantidad de hiladas. En el modelo propuesto, las hiladas son horizontales en cuanto a su eje, y siempre verticales, simplificando la conformación del muro a partir de planos siempre horizontales.



**Figura 2:** Métodos de replanteo utilizados por Dieste durante la construcción de la obra.

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, cuya curvatura máxima en la clave de la bóveda, va tendiendo al arranque horizontal definido por esos mismos muros. Para indicar esta particular geometría se optó por una estructura encastrada de curvas en los ejes principales x e y, que generan la superficie manifestando su definición a partir de elementos rectangulares (ladrillos).

La viga de borde es la encargada de soportar los esfuerzos de empuje de la bóveda, siendo su distancia horizontal variable, una perfecta correspondencia con el esfuerzo,

transformándose en la materialización del diagrama de carga de la viga.

El caso de la fachada 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 catorce "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 encastrado de las superficies 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.



**Figura 3:** Métodos de replanteo utilizados para la construcción del modelo escala 1:20.

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 3mm de espesor, que se corresponde aproximadamente a una hilada de ladrillo a escala 1:20.

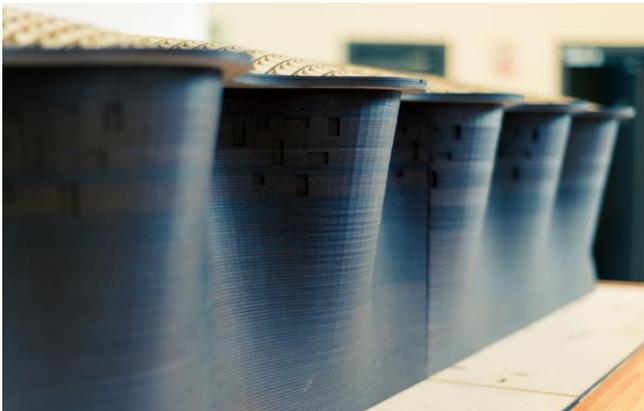
Si consideramos al ladrillo como el átomo de este material, la hilada es la molécula que ordena la secuencia en vertical, el patrón rectangular de la cubierta y el ritmo del cilindro.

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 encastrado tridimensional para la cubierta.

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 6mms de diámetro.

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 (50x25 cms). Se entiende que la proporción es representativa del andamio real de la superficie, que sabiamente fue definida por Dieste mediante las proporciones del ladrillo 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.

Para la maqueta se definió un sistema que permitiera la precisa ubicación de las piezas (hiladas, plegados y curvas encastradas), evitando la necesidad de pegado y fijación de elementos. Todo se asegura mediante encastres y replanteo de bordes, recurriendo 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, grabando el código en el mismo momento del corte. Se utilizó como tamaño máximo de plancha la de 120x83, de forma de poder llegar al tamaño final de la maqueta, mediante cuatro secciones principales.



**Figura 4:** Muro lateral por hiladas.



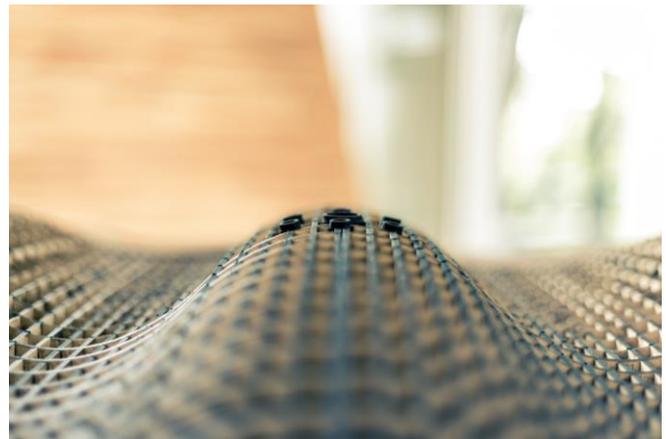
**Figura 5:** Cubierta por encastre (detalle).

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

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 interpretación no resultó literal. Se descartó la tentación por la representación directa, optando por una lectura conceptual de lo utilizado, que redescubre y vuelve a poner en relieve la grandeza de la obra del Ing. Dieste.

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 con interesante expresión por sí mismas.



**Figura 6:** Lucernarios de la cubierta.



**Figura 7:** Detalle de muro lateral y campanario.

Así como el cálculo estructural informatizado terminó por verificar y validar algunas premisas que Dieste imaginó con cierto grado de intuición, la fabricación digital pone de relieve

el esfuerzo casi artesanal del puñado de operarios que levantó, literalmente, esa volumetría.

## Resultados esperados

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 de escala importante (1:20) será el “objeto del deseo” del grupo, pero también de discusión y 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, etc.

La definición precisa de la geometría será completada con escaneo láser 3D, y registro desde el aire con drones. Con este último recurso se implementará una plataforma interactiva que permita orbitar el edificio desde puntos de vista aéreos.

El resultado anexo al modelo desde el perfil técnico será una aplicación digital que administrará la geometría general del conjunto, incluyendo el mapa de daños y los procedimientos para su reparación.

Para el público en general se espera tener un sitio web que muestre los avances del trabajo, permita bajar modelos para impresión 3D e incluya el material disperso relativo al sitio patrimonial<sup>1</sup>.

En el mismo sitio web, actualmente en construcción, estará disponible también el documental audiovisual homónimo a este trabajo, donde se expondrán los testimonios de los participantes en el desarrollo del proyecto (calculistas, constructores, etc.), así como también la explicación formal de todo el trabajo realizado.

## 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, utilizando los recursos que ofrecen las nuevas tecnologías.

La utilización de modelado y fabricación digitales no implica necesariamente 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.

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 explicando al público los artilugios del maestro detrás de lo obvio, es decir *Dieste Ex Machina*.



Figura 8: Vista lateral.

## Agradecimientos

El desarrollo de la investigación se apoyó especialmente en el relato oral y gráfico que nos fue facilitado, y por lo tanto, se agradece al Arq. Esteban Dieste, al Ing. Gonzalo Larrambebere y al Ing. Marcelo Sasson su cordial disposición e invaluable experiencia que enriqueció este trabajo. Se agradece también a la Arq. Gabriela Barber por el registro fotográfico del producto terminado.

## Referencias

Carta Internacional sobre la Conservación y la Restauración de Monumentos y de Conjuntos Histórico-Artísticos. ICOMOS; 1964.

Crespo Cabillo, Isabel; Control gráfico de formas y superficies de transición. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Expressió Gràfica Arquitectònica I. ISBN 8468917451.

Curso de Formación “Arqueología de la Arquitectura”, organizado por el Programa de Desarrollo Local ART Uruguay (abril de 2010).

Lodeiro Pérez, J. M. (2011); Jornadas de Documentación Geométrica del Patrimonio. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno de España. NIPO: 551-11-006-4.

Valle Melón, J. M. (2007). “Documentación geométrica del patrimonio; propuesta conceptual y metodológica”. Tesis. La Rioja. Universidad de La Rioja.

Anderson, S.. (2004). Eladio Dieste: Innovation in Structural Art. New Jersey: Princeton Architectural Press.

Pedreschi, R.. (2007). The double-curvature masonry vaults of Eladio Dieste. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings, 160, 3-11.

Erdelyi, L.; Silvestri, G.. (2011). Escritos sobre arquitectura: Eladio Dieste. Montevideo: Irrupciones Grupo Editor.

Anderson, S.. (2007). Relazioni. Eladio Dieste un architettura rivoluzionaria in Uruguay, 1, 17-18.

<sup>1</sup> <http://www.patrimoniodieste.com/>

*Please delete this line after your work is complete. It is just a reference to maintain the graphic balance of the two columns.*