

EL PALACIO DEL GOBERNADOR EN UXMAL (YUCATÁN, MÉXICO): LEVANTAMIENTO INTEGRADO DE LA SUBESTRUCTURA

THE PALACE OF THE GOVERNOR AT UXMAL (YUCATÁN, MEXICO): INTEGRATED SURVEY OF THE FORMER STRUCTURE

Riccardo Montuori; orcid: 0000-0001-5441-2033

UNIVERSIDAD DE ALICANTE

Gaspar Muñoz Cosme; orcid: 0000-0002-2285-3173

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

doi: 10.4995/ega.2025.24425

El Palacio del Gobernador (Siglo X d.C.) de Uxmal (Yucatán, México), sitio incluido en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, es una de las obras más representativas de la arquitectura maya. El hallazgo de una subestructura dentro de su gran basamento escalonado lo convierte también en un caso singular de edificio construido en varias fases, integrando en su interior al menos un edificio anterior. Esta práctica de construir sobre lo construido, característica de la arquitectura maya, ha permitido la conservación de arquitecturas de épocas precedentes ocultas bajo otras posteriores. Aunque estos edificios ofrecen una valiosa oportunidad para la investigación, su documentación exige metodologías específicas para registrar y referenciar con precisión elementos visibles solo parcialmente durante

una excavación. En este trabajo se presenta el levantamiento integrado de la Subestructura del Palacio del Gobernador (Siglo VIII d.C.) en su contexto arquitectónico y los primeros resultados derivados de su análisis.

PALABRAS CLAVE: PALACIO DEL GOBERNADOR; UXMAL; SUBESTRUCTURA; ARQUITECTURA MAYA; LEVANTAMIENTO DIGITAL

The Palace of the Governor (10th century AD) at Uxmal (Yucatán, Mexico), an archaeological site listed as a UNESCO World Heritage Site, is an outstanding example of Maya architecture. The discovery of a former structure within its large stepped platform also makes it a notable example of a building constructed in multiple phases,

incorporating at least one pre-existing structure into the final volume. This “building upon the built practice”, characteristic of Maya architecture, permitted many ancient structures to be preserved inside the volume of the superimposed ones. Although these previous structures offer valuable research opportunities, their documentation requires specific methodologies to accurately record and reference elements that are only partially visible during excavation. This paper presents the integrated survey of a former structure of the Palace of the Governor (8th century AD) within its architectural context, along with the preliminary results derived from its analysis.

KEYWORDS: PALACE OF THE GOVERNOR; UXMAL; FORMER STRUCTURE; MAYA ARCHITECTURE; DIGITAL SURVEY



Introducción

El Palacio del Gobernador (Figura 1) es el edificio quizás más refinado desde el punto de vista constructivo de Uxmal y está considerado como uno de los mejores ejemplos de arquitectura maya del Puuc. Este término, que significa “cerro” en maya, denomina a la única serranía de la Tierras Bajas Mayas del Norte en el sureste del actual estado de Yucatán (México). Uxmal¹ fue la más importante capital política y económica maya de esta área y alcanzó su apogeo entre 800 d.C. y 1000 d.C. (Sotelo Santos, 2010).

La arquitectura Puuc floreció entre el final del Clásico Temprano y el final del Clásico Terminal, entre los siglos VI y X d.C. (Pollock, 1980), y se caracteriza por sus fachadas tripartitas integradas por un zócalo, decorado con una moldura basal, un paramento inferior, generalmente liso, y un paramento superior, encuadrado entre una moldura media y una cornisa superior y decorado con motivos geométricos o escultóricos en mosaicos de piedra tallada, a veces, de gran complejidad.

El estudio de las técnicas constructivas y de los sistemas decorativos de estos edificios (Andrews, 1986; Gendrop, 1983; Pollock, 1980) ha permitido identificar cuatro estilos, atribuidos a intervalos temporales concretos, y tres sub-estilos: Oxkintok Temprano (550-610 d.C.), Proto-Puuc (610-670 d.C.), Puuc Temprano (670-770 d.C.) y Puuc Clásico (770-1050 d.C.), este último subdivididos en los sub-estilos Junquillo, Mosaico y Uxmal Tardío. El Palacio del Gobernador, que según Kowalski (1987) fue construido a principios del siglo X d.C., se adscribe a este último estilo, el más avanzado.

El Palacio del Gobernador, como es común en la arquitectura maya, llegó a su configuración final en varias fases. Los Mayas intervenían en los edificios preexistentes para adaptarlos a nuevas necesidades y, en muchas ocasiones, erigían nuevos edificios, más grandes, directamente sobre los anteriores, previamente rellenados y clausurados, incorporando completa o parcialmente la estructura anterior en el nuevo basamento superpuesto (Muñoz Cosme, 2006, p. 50), llegando así a construir edificios monumentales con una historia constructiva compleja.

Las estructuras clausuradas dentro de las nuevas, que han sido superpuestas, se conocen como subestructuras² y representan una gran oportunidad para la investigación. En ocasiones, estos edificios preexistentes se han conservado en perfecto estado, incluidos sus sistemas decorativos y escultóricos³. Esta práctica de construir sobre lo construido tenía una fuerte carga simbólica y estaba relacionada con el culto a los antepasados y con la representación y legitimación⁴ del poder de los gobernantes (Rivera Dorado, 1982, pp. 240–250). El recurso a esta práctica puede explicarse también en términos económicos, o bien de ahorro de materiales y esfuerzo, gracias al aprovechamiento del volumen existente. El relleno del edificio preexistente y la edificación del nuevo superpuesto fueron resueltos de manera singular, gracias al uso del “encajuelado”, una técnica constructiva propia de la arquitectura maya (Montuori, 2023; Muñoz Cosme, 2006, p. 92).

Investigar la evolución arquitectónica de estos edificios y documentar sus subestructuras es complejo, debido a la dificultad que supone explorar los grandes basamentos masivos, típicos de la arquitectura maya, para

Introduction

The Palace of the Governor (Figure 1) stands out as the most refined building in Uxmal from a constructional standpoint and is considered one of the finest examples of Puuc Maya architecture. The term *Puuc*, meaning “hill” in Mayan, designates the only highland range in the Northern Maya Lowlands, located in the southeastern part of present-day Yucatan (Mexico). Uxmal¹ was the most important political and economic Maya capital of this region and reached its zenith between AD 800 and 1000 (Sotelo Santos, 2010).

Puuc architecture flourished between the end of the Early Classic and the end of the Terminal Classic, spanning the 6th to 10th centuries AD (Pollock, 1980). This architectural style is defined by tripartite façades composed of a basement, decorated with a basal molding, a generally plain lower wall, and an upper wall framed between a medial molding and a cornice, and richly ornamented with complex mosaics of carved stone showing geometric or sculptural motifs.

The study of the construction techniques and decorative systems of these buildings (Andrews, 1986; Gendrop, 1983; Pollock, 1980) has made it possible to identify four major styles, each associated with specific chronological phases, along with three sub-styles: Early Oxkintok (AD 550–610), Proto-Puuc (AD 610–670), Early Puuc (AD 670–770), and Classic Puuc (AD 770–1050), the latter subdivided into the Junquillo, Mosaic, and Late Uxmal sub-styles. The Palace of the Governor, which Kowalski (1987) dates to the early 10th century AD, belongs to this last and most advanced stylistic phase.

As is common in Maya architecture, the Palace of the Governor reached its final configuration through a sequence of construction phases. The Maya were used to modify pre-existing buildings to adapt them to new requirements and, in numerous cases, they erected new, larger structures directly over earlier ones. These earlier buildings were first filled and sealed and were then partially or completely incorporated into a newly superimposed platform (Muñoz Cosme, 2006, p. 50). In this way, the Maya created monumental buildings with complex architectural histories.

The structures enclosed within later superposed constructions are referred to in Spanish as *subestructuras*² and they offer significant research opportunities. In some



1

cases, these pre-existing buildings have been preserved in excellent condition, including their decorative and sculptural³ elements. This practice of building on earlier structures carried a strong symbolic meaning, relating to ancestor veneration and the representation and legitimation⁴ of political authority (Rivera Dorado, 1982, pp. 240–250). It can also be explained in economic terms, as it allowed the reuse of existing volumes, reducing both material and labor costs. The filling of the former structures and the construction of the new superposed buildings were solved using the *encajuelado*, a distinctive construction technique characteristic of Maya architecture (Montuori, 2023; Muñoz Cosme, 2006, p. 92). Studying the architectural evolution of these buildings and documenting their former structures is challenging. The massive platforms typical of Maya architecture significantly hinder access and complicate the documentation of the remains hidden within them. It is therefore essential to establish methodological approaches capable of integrating all findings into a unified reference system. In this context, digitization plays a fundamental role, as it allows the capture of a large volume of data (Navarro Esteve et al,

acceder a los vestigios ocultos en su interior. Resulta, por tanto, esencial desarrollar métodos que permitan representar todos los hallazgos en un mismo sistema de referencia. Para ello, la digitalización es un recurso fundamental que permite registrar el más alto número de datos posibles (Navarro Esteve et al, 2011) y referenciar vestigios de diferentes subestructuras que, en muchas ocasiones, pueden observarse solo parcialmente (Garrison et al, 2016).

La aplicación de técnicas de levantamiento digital para la documentación, durante la excavación de la Subestructura 6J2-Sub2 de la Acrópolis de Blanca (en Petén, Guatemala), nos ha permitido desarrollar una metodología de toma y elaboración de los datos para documentar edificios con una historia constructiva compleja, relacionando correctamente entre sí las sucesivas subestructuras de un edificio (Montuori y Muñoz Cosme, 2023). La misma metodología se aplicó en la documentación de la Subestructura del Palacio del Gobernador, cuyos resultados se presentan en este trabajo.

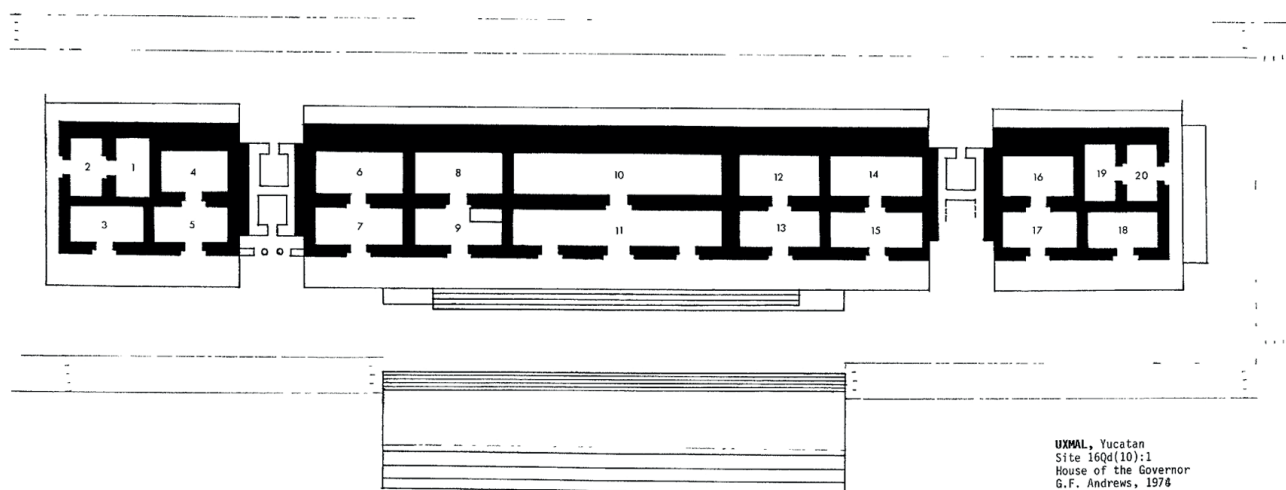
La Subestructura del Palacio del Gobernador

El Palacio del Gobernador está integrado por un gran basamento escalonado de cuatro cuerpos, con una escalinata monumental adosada en la fachada oriental que permite acceder al palacio superior (Figura 1). Este se compone de tres cuerpos, los edificios central, norte y sur, separados entre ellos por los que fueron dos grandes pasajes abovedados, retranqueados respecto a las fachadas principales este y oeste (Figura 2). Los cuartos que integran el edificio fueron cubiertos con bóvedas de aproximación de hiladas⁵ al igual que



1. El Palacio del Gobernador en Uxmal, 2018.
2. Planta del Palacio del Gobernador, tomada de Andrews (1993).

1. The Palace of the Governor at Uxmal, 2018.
2. Plan of the Palace of the Governor, after Andrews (1993).



UXMAL, Yucatan
Site 16Qd(10):1
House of the Governor
G.F. Andrews, 1974

2

los dos pasajes cubiertos que separan los tres edificios, cuyas bóvedas son las más altas registradas en el área maya (Andrews, 1993, p. 70).

En 2014 el Proyecto Uxmal, bajo la dirección de José Huchim Herrera, inició la exploración y restauración del gran basamento del Palacio que llevó al descubrimiento de una subestructura debajo del pasaje abovedado septentrional. Los vestigios hallados parecían formar parte de otro pasaje abovedado, de época anterior, flanqueado por cuatro cuerpos escalonados que formarían parte del basamento de un edificio previo, probablemente relleno, clausurado e incluido dentro del basamento final del Palacio del Gobernador (Huchim Herrera y Toscano Hernández, 2021). Esta porción de subestructura, clausurada de nuevo en el basamento tras ser estudiada, mostraba características del estilo Puuc Temprano⁶ que, según Andrews (1986), se desarrolló entre 670 y 770 d.C.: dos siglos antes de la construcción del Palacio actual (Huchim Herrera y Toscano Hernández, 2021, p. 35).

En 2019 la exploración del tramo sur del gran basamento permitió descubrir otro posible pasaje abovedado previo, clausurado e incluido completamente en el basamento final, debajo del gran pasaje abovedado meridional. Su composición y características arquitectónicas coinciden (Figura 3) con las del segmento de subestructura descubierto anteriormente, lo que indica que probablemente pertenecen a una misma fase constructiva previa del Palacio. Este nuevo tramo de la Subestructura fue documentado con técnicas digitales en el marco de una colaboración entre los Proyectos Uxmal y Mayatech⁷, durante dos campañas de levantamiento.

2011) and the spatial referencing of remains belonging to different former structures, which are often only partially visible (Garrison et al, 2016).

The application of digital survey techniques during the excavation of the 6J2-Sub2 Building, a former structure of the La Blanca Acropolis (in Petén, Guatemala), allowed us to develop a methodology for data collection and processing aimed at documenting buildings with complex construction histories, accurately relating the successive superposed structures of a single architectural complex (Montuori & Muñoz Cosme, 2023). The same methodological approach was applied to the documentation of the former structure of the Palace of the Governor, the results of which are presented in this paper.

The Former Structure of the Palace of the Governor

The Palace of the Governor consists of a large four-tiered stepped platform, with a monumental stairway attached to its eastern façade that provides access to the upper palace (Figure 1). The superstructure is composed of three buildings, the central, northern, and southern blocks, separated by what were



3. Subestructura del Palacio del Gobernador descubierta en 2019.

3. The former structure of the Palace of the Governor, revealed in 2019.

Documentación digital de la Subestructura en su contexto

3.1 Metodologías de levantamiento

Las metodologías empleadas en el levantamiento de la Subestructura del Palacio del Gobernador se han experimentado y afinado durante seis años de investigación en la Acrópolis de La Blanca y en su Subestructura 6J2-Sub2 (Montuori y Muñoz Cosme, 2023). En este caso, los edificios de la Acrópolis fueron documentados por medio de escaneo láser después de su excavación, mientras que la Subestructura fue documentada durante su excavación también por medio de fotogrametría digital. El modelo 3D *range-based* de la Acrópolis sirvió como base de datos para introducir y referenciar progresivamente toda la información tomada durante las distintas temporadas de documentación de la excavación de la subestructura. Se experimentó una metodología de documentación diaria de la excavación que, después, fue implementada año tras año, combinando el uso de bases de datos específicas de cada campaña con una base de datos general de la excavación en la, que al final de cada temporada, se integraban los datos arquitectónicos más relevantes tomados con el escáner láser y respecto a la que se referenciaban todos los datos fotogramétricos. Este procedimiento permite crear un repositorio 3D que integra, en un mismo sistema de referencia, los datos obtenidos en distintas campañas ya filtrados y procesados. El uso de una base de datos así construida permite generar planos y modelos 3D siempre actualizados, representar fases específicas de la excavación y realizar, a partir de ellos, análisis arquitectónicos y constructivos, además de emplearlos con fines divulgativos (Montuori, 2023; Montuori, Gilabert-Sansalvador y Rosado-Torres, 2020).

Este mismo enfoque fue aplicado también al levantamiento de la Subestructura del Palacio del Gobernador de Uxmal adaptándolo a las características del caso de estudio y a los objetivos del proyecto de investigación.

3.2 Levantamiento del Palacio del Gobernador y de su subestructura

El trabajo de documentación fue completado en dos temporadas de campo: la primera se centró en el levantamiento del Palacio del Gobernador; la segunda fue dedicada al registro de la subestructura tras su excavación, integrándola y referenciándola con los datos obtenidos en la campaña anterior.

El levantamiento integrado del Palacio del Gobernador fue realizado en 2018 (Muñoz Cosme y Vidal Lorenzo, 2020). El proceso de toma y elaboración de los datos⁸, con un escáner láser Faro Focus^{3D} S120, llevó a la obtención de un modelo 3D de nube de puntos que representa una copia virtual de alta precisión del Palacio del Gobernador (Figura 4, Tabla 1). Este modelo, contenido en un archivo *.imp* de 112 Gb, permitió extraer los planos necesarios para su documentación y sirvió como Base de Datos en la que, posteriormente, fueron integrados los datos del levantamiento de la subestructura.

originally two large, vaulted passageways set back from both the eastern and western main façades (Figure 2). All the rooms of the complex were roofed with corbelled vaults⁵, as were the two passageways dividing the three buildings, which vaults are the tallest recorded in the Maya area (Andrews, 1993, p. 70).

In 2014, the Uxmal Project, directed by José Huchim Herrera, began the exploration and restoration of the stepped platform of the Palace, leading to the discovery of a former structure beneath the northern vaulted passageway. The revealed remains appeared to belong to an earlier vaulted passageway, flanked by four tiers that formed the stepped platform of a previous building, which was subsequently filled, sealed, and included into the final platform of the Palace of the Governor (Huchim Herrera & Toscano Hernández, 2021). This section of the former structure, resealed after being documented, exhibited characteristics of the Early Puuc style⁶, which Andrews (1986) dates to AD 670-770, approximately two centuries earlier than the construction of the current Palace (Huchim Herrera & Toscano Hernández, 2021, p. 35).

In 2019, the exploration of the southern sector of the stepped platform revealed another possible earlier vaulted passageway, which had apparently been filled, sealed and incorporated into the final platform beneath the southern monumental passageway. The composition and architectural features of this newly uncovered segment closely correspond to those of the segment identified in 2014 (Figure 3), suggesting that both belong to the same earlier construction phase of the Palace. This section of the former structure was documented using digital surveying techniques as part of a collaborative effort between the Uxmal and Mayatech⁷ Projects over the course of two survey campaigns.

Digital Documentation of the Former Structure in Context

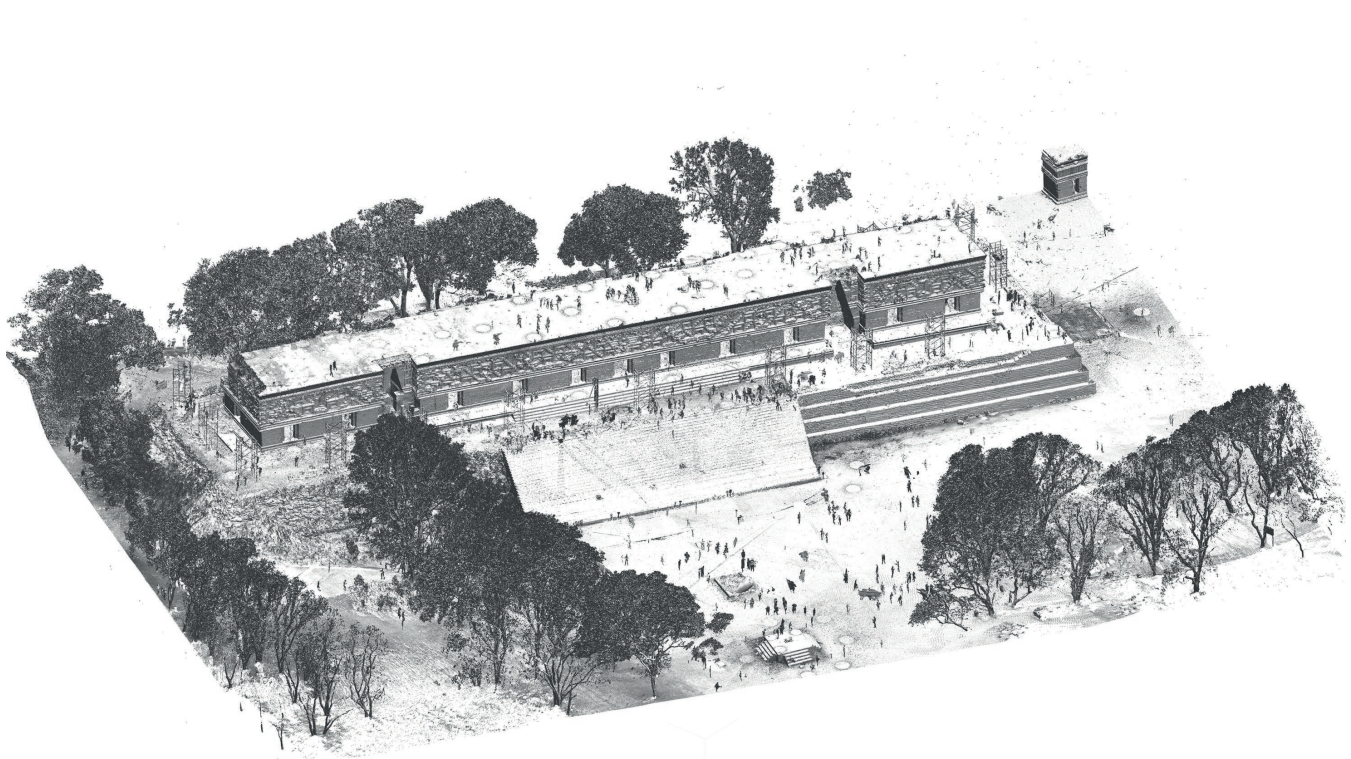
3.1 Survey Methodologies

The methodologies employed to document the former structure of the Palace of the Governor were tested and refined over six years of research at the Acropolis of La Blanca and its former structure, the building 6J2-Sub2 (Montuori & Muñoz Cosme, 2023). At La Blanca, the Acropolis buildings were



Tabla 1. Levantamiento con escáner láser y datos del modelo final del Palacio del Gobernador.

Table 1. Laser scanning survey and data of the final model of the Palace of the Governor.



4

documented with a laser scanner after excavation, whereas the former structure was recorded during excavation using also digital photogrammetry. The range-based 3D model of the Acropolis served as the core database into which all data collected during the following survey campaign of the former structure's excavation were progressively incorporated and referenced. A daily recording methodology for documenting the ongoing excavation was tested and then improved each year. This system combined the use of campaign specific databases with a general excavation database, into which the most relevant architectural data collected via laser scanning were integrated at the end of each field season, and to which all photogrammetric data collected were referenced. This procedure allows the creation of a 3D repository that integrates data obtained across multiple campaigns, filtered and processed within a single reference system. The use of such a database enables the generation of continuously updated plans and 3D models, the representation of specific excavation phases, the development of architectural and constructional analyses, and the production of dissemination materials (Montuori, 2023;

PALACIO DEL GOBERNADOR DE UXMAL	
Fecha de la toma de datos	Campaña 2018
Parámetros de adquisición	
Herramienta utilizada:	Faro Focus ^{3D} S120
Resolución:	1/4
Calidad:	3x
Distancia media entre el instrumento y el objeto:	5 m
Número de escaneos:	252
Tiempo empleado:	55 h 30m
Fotografías:	si
Maqueta de nubes de puntos	
Número total de puntos:	5448x10 ⁶ pt
Precisión global de la maqueta registrada:	5 mm
Tamaño del archivo .imp:	112 Gbyte

Tabla 1

El levantamiento con técnicas de fotogrametría digital⁹ fue realizado, adaptando la toma y la elaboración de los datos a las características del edificio. A partir de las 15.433 fotografías tomadas se obtuvieron una serie de modelos 3D *image-based* de alta calidad geométrica y cromática que, gracias a la identificación de puntos homólogos, fueron alineados en el sistema de referencia del modelo *range-based*.

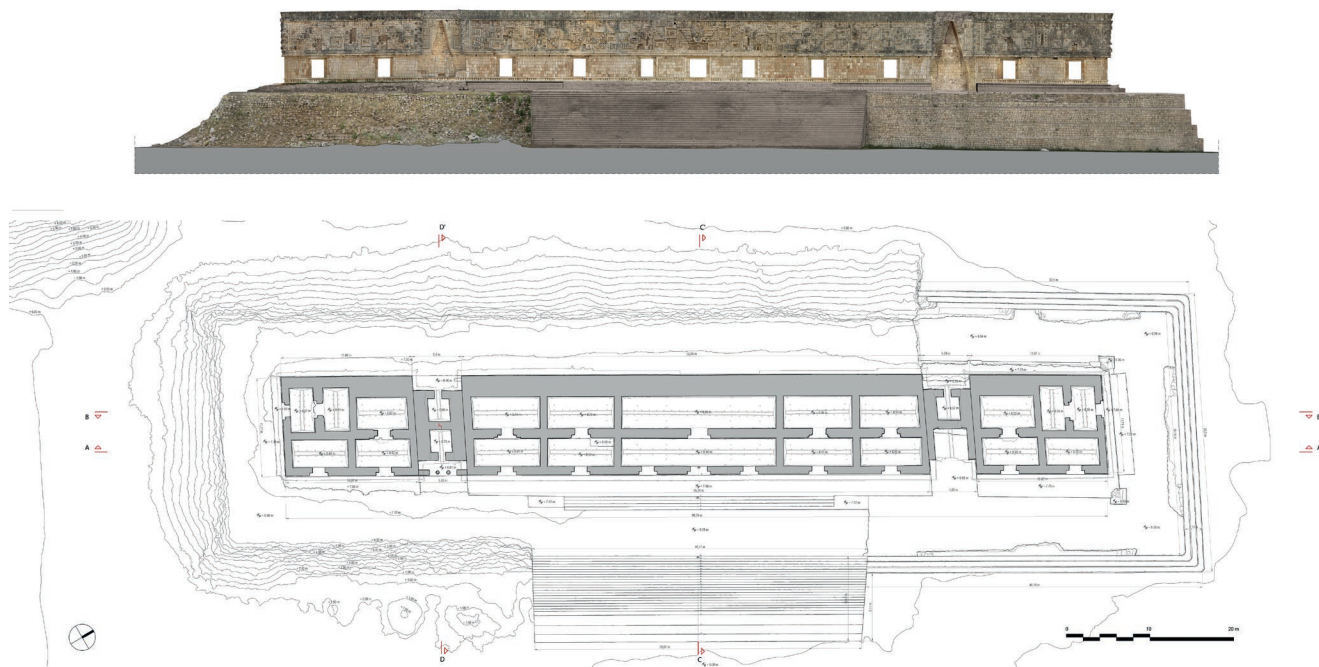


4. Modelo de nube de puntos del Palacio del Gobernador obtenido en 2018.

4. Point cloud model of the Palace of the Governor obtained in 2018.

5. Planta y alzado oriental del Palacio del Gobernador en 2018.

5. Plan and East Elevation of the Palace of the Governor, 2018.



5

La integración de ambas técnicas nos ha permitido documentar detalladamente y con gran precisión el Palacio del Gobernador (Figura 5). El conjunto de planos obtenidos representa una valiosa fuente de información para realizar análisis y estudios previos a cualquier intervención, en este caso fueron fundamentales para planificar la campaña de exploración del edificio realizada en 2019 por el *Proyecto Uxmal* y la toma de datos para el levantamiento del tramo de subestructura descubierto en esta ocasión.

El levantamiento integrado de los nuevos hallazgos arquitectónicos, ubicados en el interior del basamento escalonado del Palacio, fue llevado a cabo en el momento de máxima excavación de la subestructura. La toma de datos con escáner láser, planificada cuidadosamente para no interferir con los trabajos de restauración todavía en curso, fue organizada en tres fases dedicadas a la documentación de:

- El tramo de subestructura descubierto en la fachada este.

Los escaneos fueron tomados, primero, desde los niveles de la plaza y del piso de la subestructura en el interior del basamento (Figura 6). Después, aprovechando un andamio que había sido colocado en frente del basamento durante la excavación, el punto de vista fue elevado a tres alturas diferentes. Las últimas tomas fueron realizadas desde el nivel superior del gran basamento.

- El gran basamento escalonado del Palacio en proceso de restauración.

El escáner láser fue desplazado progresivamente desde la escalinata monumental hacia el sur, rodeando el edificio hasta llegar al pasaje abovedado septentrional. En el lado occidental se documentó también el área donde al

Montuori, Gilabert-Sansalvador & Rosado-Torres, 2020).

This approach was applied to the documentation of the former structure of the Palace Governor at Uxmal, with adaptations tailored to the characteristics of the case study and the objectives of the research project.

3.2 Survey of the Palace of the Governor and Its Former Structure

The digital documentation was completed over two field seasons: the first focused on surveying the Palace of the Governor, while the second was dedicated to recording the former structure after its excavation, integrating and referencing it with the data collected in the previous campaign.

The integrated survey of the Palace of the Governor was carried out in 2018 (Muñoz Cosme & Vidal Lorenzo, 2020). Data collection and processing, conducted with a Faro Focus^{3D} S120 laser scanner³, resulted in a high-precision 3D point cloud model, a virtual replica of the Palace of the Governor (Figure 4, Table 1). Stored in a 112 GB *.imp* file, this model enabled the extraction of all plans necessary to represent the Palace and served



6

as the database into which the data collected to document the former structure were subsequently integrated.

The survey using digital photogrammetry techniques⁹ was conducted adapting the data collection workflow to the characteristics of the building. From a total of 15,433 photographs, a series of high-resolution, image-based 3D models were generated and aligned to the reference system of the range-based model through the identification of homologous points.

The integration of both techniques enabled detailed and highly accurate documentation of the Palace of the Governor (Figure 5). The resulting set of plans constitutes a valuable resource for conducting analyses and pre-

final de la campaña apareció otra porción de subestructura bajo el pasaje abovedado meridional.

– Los restos de una escalinata precedente que apareció en el interior del basamento en la fachada sur.

Para documentar e incluir en la base de datos este elemento, descubierto y destapado durante la campaña de levantamiento, fue necesario realizar una toma de datos específica.

En 2019 se registraron 69 escaneos (Tabla 2) y cada bloque fue procesado, por separado, en la segunda fase de trabajo en laboratorio. La alineación de todas las nubes de puntos fue realizada por medio de dianas esféricas previamente colocadas en las escenas documentadas, manteniendo la desviación máxima de 3 mm entre las nubes (Tabla 2).



Tabla 2. Levantamiento con escáner láser y datos de los modelos de nubes de puntos obtenidos en 2019.

Table 2. Data of the laser scanning survey and point cloud models obtained in 2019.

SUBESTRUCTURA ESTE	
Fecha de la toma de datos	Campaña 2019
Parámetros de adquisición	
Herramienta utilizada:	Faro Focus ^{3D} S120
Resolución:	1/4
Calidad:	3x
Distancia media entre el instrumento y el objeto:	3 m
Número de escaneos:	31
Tiempo empleado:	3 h 45m
Fotografías:	si
Maqueta de nubes de puntos	
Número total de puntos:	821x10 ⁶ pt
Precisión global de la maqueta registrada:	3 mm
Tamaño del archivo .imp:	50,4 Gbyte
BASAMENTO ESCALONADO EN RESTAURACIÓN	
Fecha de la toma de datos	Campaña 2019
Parámetros de adquisición	
Herramienta utilizada:	Faro Focus ^{3D} S120
Resolución:	1/4
Calidad:	3x
Distancia media entre el instrumento y el objeto:	7,5 m
Número de escaneos:	33
Tiempo empleado:	4 h 00 m
Fotografías:	si
Maqueta de nubes de puntos	
Número total de puntos:	675 x10 ⁶ pt
Precisión global de la maqueta registrada:	3 mm
Tamaño del archivo .imp:	56,2 Gbyte
RESTOS ESCALINATA SUR	
Fecha de la toma de datos	Campaña 2019
Parámetros de adquisición	
Herramienta utilizada:	Faro Focus ^{3D} S120
Resolución:	1/4
Calidad:	3x
Distancia media entre el instrumento y el objeto:	2,5 m
Número de escaneos:	5
Tiempo empleado:	30 m
Fotografías:	no
Maqueta de nubes de puntos	
Número total de puntos:	77 x10 ⁶ pt
Precisión global de la maqueta registrada:	3 mm
Tamaño del archivo .imp:	6,64 Gbyte

Tabla 2

intervention studies. In this case, they were essential for planning the 2019 excavation campaign of the building carried out by the Uxmal Project, as well as for organizing the data collection required to survey the newly revealed section of the former structure.

The integrated survey of the architectural remains uncovered within the stepped platform of the Palace was conducted at the maximum excavation stage of the former structure. The laser scanning data collection was carefully planned to avoid interfering with ongoing restoration work and was organized in three phases to document:

- The segment of the former structure uncovered on the eastern façade.

Scans were initially collected from the level of the palace square and from the floor level of the former structure within the stepped platform (Figure 6). Subsequently, using scaffolding installed in front of the platform during excavation, the scanning positions were elevated to three different heights. The final scans were collected from the top of the stepped platform.

- The stepped platform of the Palace, undergoing restoration.

The laser scanner was progressively moved from the monumental stairway toward the south, surrounding the building until reaching the northern vaulted passageway. On the western side, we also documented the area where another segment of the former structure was uncovered at the end of the campaign, beneath the southern vaulted passageway.

- The remains of a previous stairway uncovered within the southern section of the platform.

A specific scanning session was conducted to document this element and incorporate it into the database after its exposure and subsequent reburial during the excavation season.

In 2019, a total of 69 scans were recorded (Table 2), and each block was processed separately during the second laboratory phase. Alignment of all point clouds was performed using spherical targets that were previously placed in the documented scenes, maintaining a maximum deviation of 3 mm between the point clouds (Table 2).

All the resulting models were imported into the .imp file of the Palace and aligned to it through the identification of homologous architectural points. The resulting database of the Palace of the Governor contains models from two survey campaigns (Figure 7), organized in layers that can be



7. Base de Datos 3D del Palacio del Gobernador.

8. Toma de datos fotogramétricos en el área de la Subestructura.

7. 3D database of the Palace of the Governor.

8. Photogrammetric data collection in the former structure area.



8

– Tramo occidental de la Subestructura:

Especial atención fue dedicada al nuevo tramo de Subestructura descubierto al final de la campaña en la fachada oeste del basamento cuando ya no se disponía del escanear láser en campo. La toma de datos fue realizada durante la mañana, incluyendo franjas del basamento escalonado adyacentes a la Subestructura, como áreas de superposición para la posterior alineación en laboratorio de este modelo con los otros.

En 2019 se tomaron 2068 fotografías (Tabla 3), todas en formato *.raw* que permitió operar sobre el balance de blancos para obtener una regulación cromática uniforme en la siguiente fase de trabajo en laboratorio. Estos datos fueron posteriormente importados en *Agisoft Metashape* y procesados para alinear las fotografías, generar las nubes de puntos densas, escalar los modelos mediante datos métricos obtenidos del escáner láser¹⁰, construir las mallas poligonales y aplicar las texturas correspondientes.

Con este procedimiento se construyeron cinco modelos 3D *image-based* de alta definición (Tabla 3) ya escalados y alineados respecto al modelo *range-based*, a partir de los cuales (Figura 9) se han extraído las ortofotos necesarias para actualizar los planos del Palacio del Gobernador con la Subestructura en su contexto.

no longer available in the field. Data were collected in the morning, and areas of the adjacent stepped platform were included as overlap zones for facilitate later alignment with the other models in laboratory.

The 2,068 photographs collected in 2019 (Table 3) were all recorded in *.raw* format, allowing for white balance adjustment during the subsequent laboratory processing to achieve uniform color calibration. These data were imported into *Agisoft Metashape* and processed to align the photographs, generate dense point clouds, scale the models using metric data collected by laser scanning¹⁰, construct polygonal meshes, and apply textures.

After data processing five high-definition image-based 3D models were obtained (Table 3), scaled and aligned to the range-based model. The orthophotos necessary to update the plans of the Palace of the Governor, incorporating the former structure in its



context, were extracted from these models (Figure 9).

Representation and Results of the Survey

The use of the database, built over two field seasons, allowed us to accurately represent the former structure in its context, updating the plans of the Palace of the Governor, that had been extracted in the previous campaign, integrating also the new orthophotos obtained. For this purpose, the same reference plans established in 2018 for extracting the plans, sections and elevations of the building were reused as cutting planes to extract, already referenced, the plans of the former structure as documented in 2019. To the general floor plan of the Palace of the Governor updated with the former structure, two additional plans were added: one sectioning the stepped platform at the level of the load-bearing walls of the former structure and the other sectioning at the level of the vault spring line (Figure 10).

The same procedure allowed us to update the sections and the elevations of the building. The case of the cross-section, which longitudinally cuts through the southern vaulted passageway of the Palace (the most relevant for representing the former structure), is particularly interesting, as the same cutting planes used to extract this stepped section were also employed to section the former structure, suggesting an alignment between the lower and upper vaulted passages (Figure 11).

All the plans were completed through the incorporation of orthophotos extracted from the photogrammetric models obtained in 2019. These models were aligned with the projection planes used to extract floor plans, sections, and elevations from the laser-scanning database of the Palace, using the same homologous points previously employed for scaling, rotating and translating them into the reference system of this range-based model.

This rigorous survey allowed us to document and cross reference two segments of a former structure, uncovered on opposite sides of the stepped platform, and to reconstruct their metric and geometric characteristics. The analysis of the spatial and compositive relationships between these two segments of the former structure and the upper buildings of the Palace of the Governor has confirmed that they are part of the same vaulted passage

LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO DE LA SUBESTRUCTURA DEL PALACIO DEL GOBERNADOR, UXMAL	
Características de la cámara utilizada	
Cámara	Canon EOS 5D Mark III
Objetivo	EF 24-105 mm f/3.5-5.6 IS STM
Sensor	CMOS Full Frame de 22.3 Mpx
SUBESTRUCTURA ESTE	
Parámetros de adquisición	
Temporada toma de datos	2019
Resolución imágenes	6000 x 4000 px
Formato de adquisición	RAW (Canon CR2)
Número de fotografías	940
Distancia focal	24 mm
Superposición	60% horizontal - 60% vertical
Modelo de nube de puntos	
Número de puntos	97x10 ⁶ pt
Modelo poligonal	
Numero de polígonos	5080x10 ³ pl
Tamaño del archivo <i>.obj</i>	575 MB
Textura	
Dimensión de la textura	16384 x 16384 px
Tamaño del archivo <i>.jpeg</i>	51,9 MB
BASAMENTO ESCALONADO EN RESTAURACIÓN - LADO ESTE	
Parámetros de adquisición	
Temporada toma de datos	2019
Resolución imágenes	6000 x 4000 px
Formato de adquisición	RAW (Canon CR2)
Número de fotografías	170
Distancia focal	24 mm
Superposición	60% horizontal - 60% vertical
Modelo de nube de puntos	
Número de puntos	41x10 ⁶ pt
Modelo poligonal	
Numero de polígonos	6762x10 ³ pl
Tamaño del archivo <i>.obj</i>	562 MB
Textura	
Dimensión de la textura	16384 x 16384 px
Tamaño del archivo <i>.jpeg</i>	48,4 MB
BASAMENTO ESCALONADO EN RESTAURACIÓN - LADO SUR	
Parámetros de adquisición	
Temporada toma de datos	2019
Resolución imágenes	6000 x 4000 px
Formato de adquisición	RAW (Canon CR2)

Tabla 3

Tabla 3. Datos de los modelos fotogramétricos obtenidos en 2019.

Table 3. Data from the photogrammetric models obtained in 2019.

Número de fotografías	160
Distancia focal	24 mm
Superposición	60% horizontal - 60% vertical
Modelo de nube de puntos	
Número de puntos	31x10 ⁶ pt
Modelo poligonal	
Numero de polígonos	4474x10 ³ pl
Tamaño del archivo .obj	383 MB
Textura	
Dimensión de la textura	8192 x 8192 px
Tamaño del archivo .jpeg	15,3 MB
BASAMENTO ESCALONADO EN RESTAURACIÓN - LADO OESTE	
Parámetros de adquisición	
Temporada toma de datos	2019
Resolución imágenes	6000 x 4000 px
Formato de adquisición	RAW (Canon CR2)
Número de fotografías	461
Distancia focal	24 mm
Superposición	60% horizontal - 60% vertical
Modelo de nube de puntos	
Número de puntos	138x10 ⁶ pt
Modelo poligonal	
Numero de polígonos	10000x10 ³ pl
Tamaño del archivo .obj	875 MB
Textura	
Dimensión de la textura	16384 x 16384 px
Tamaño del archivo .jpeg	54,2 MB
SUBESTRUCTURA LADO OESTE	
Parámetros de adquisición	
Temporada toma de datos	2019
Resolución imágenes	6000 x 4000 px
Formato de adquisición	RAW (Canon CR2)
Número de fotografías	337
Distancia focal	24 mm
Superposición	60% horizontal - 60% vertical
Modelo de nube de puntos	
Número de puntos	49x10 ⁶ pt
Modelo poligonal	
Numero de polígonos	3650x10 ³ pl
Tamaño del archivo .obj	265 MB
Textura	
Dimensión de la textura	16384 x 16384 px
Tamaño del archivo .jpeg	49,2 MB

constructed in a previous phase. It is evident that, when extending the direction marked by the edges of the vault keystones visible on the eastern segment of the former structure, these perfectly align with the edges of the vault keystones exposed on the western segment (Figures 10 and 13).

Furthermore, it is evident that this preexisting vault preserves the same orientation as the upper vault and that they are almost perfectly aligned, with a minor offset of only 7 cm of the longitudinal axis. This alignment is further confirmed by the fact that the directions marked by the walls supporting the vault of the former structure, when extended into the platform, coincide with the projection of the walls delimiting the upper buildings and framing the upper vaulted passageway (Figure 10). Therefore, the preexisting lower vaulted passage exhibits a clear alignment with the upper passageway of the Palace, which cannot be coincidental. This demonstrates that the Maya builders intentionally replicated the composition and orientation of the preexisting vaulted passageway in the upper structure.

Conclusions

Widely regarded as one of the most significant buildings of the Puuc architectural style, after the discovery of the former structure, the Palace of the Governor at Uxmal, can also be considered an emblematic example of Maya building that reached its final configuration through the superposition of several construction phases, including at least one preexisting structure into the new volume.

Studying such buildings, often hidden and sometimes intact beneath later superposed structures, and normally only partially visible, poses a significant challenge. It requires the development of methodologies capable of correctly relating all findings to each other and to the upper building, without interfering with excavation work or compromising the conservation of the structure.

The documentation methodology developed and applied to the case of the palace of the Governor has enabled the obtention of a detailed digital survey in which two segments of a former structure, uncovered in opposite areas of the stepped platform, are accurately referenced and represented in their architectural context. Importing and referencing the models obtained in the second campaign into the general .imp file of



Subestructura - fachada este



Subestructura - fachada oeste



9. Modelos Fotogramétricos de la Subestructura obtenidos en 2019.

10. Plantas del Palacio del Gobernador con la Subestructura en su contexto, 2019.

9. Image-based 3D models of the former structure obtained in 2019.

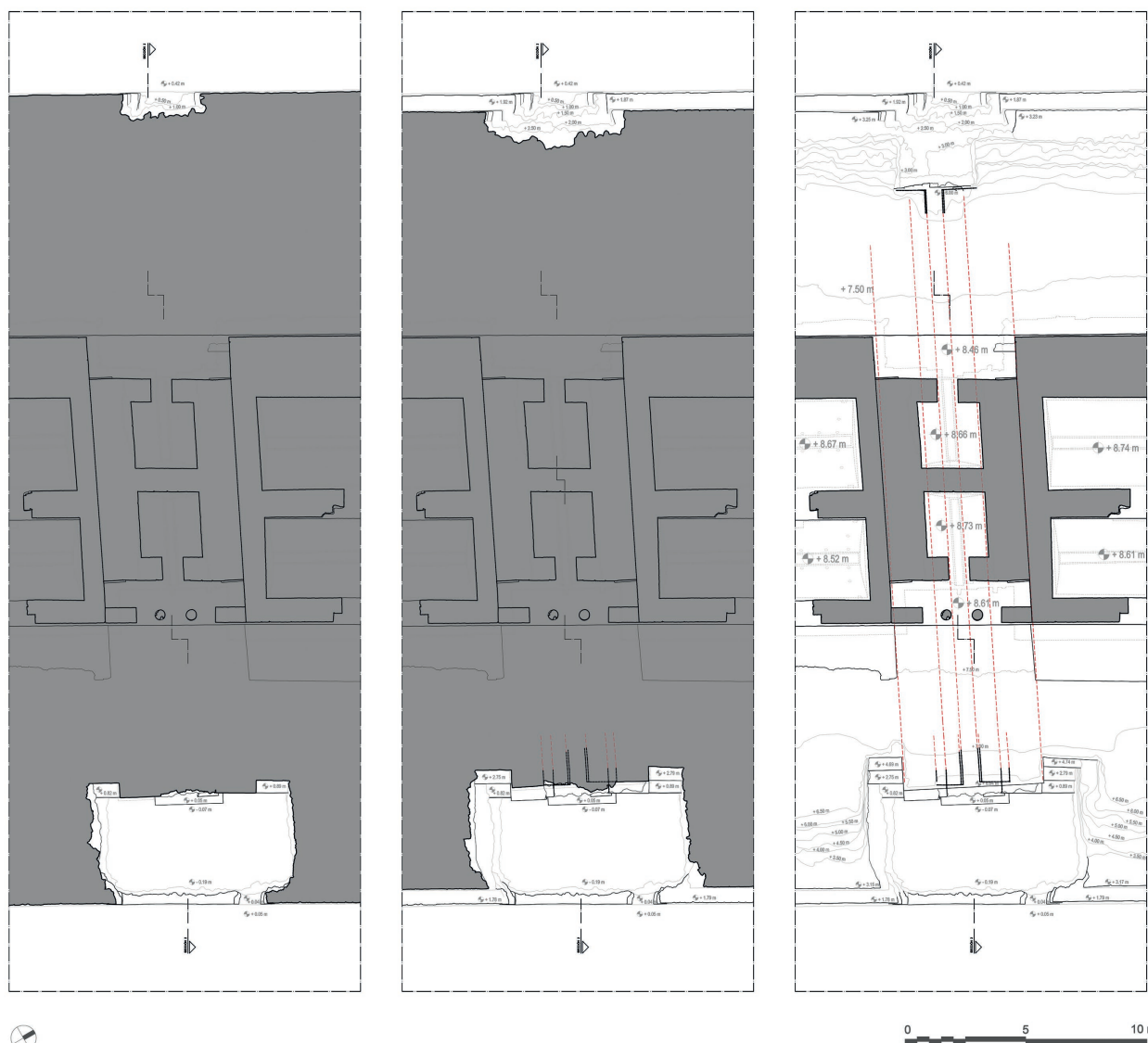
10. Plans of the Palace of the Governor with the former structure in context, 2019.

Restitución y resultados del levantamiento.

El manejo de la Base de Datos construida en dos temporadas ha permitido restituir el levantamiento de la Subestructura en su contexto, actualizando los planos del Palacio del Gobernador extraídos en la campaña anterior, integrado también las nuevas ortofotos obtenidas.

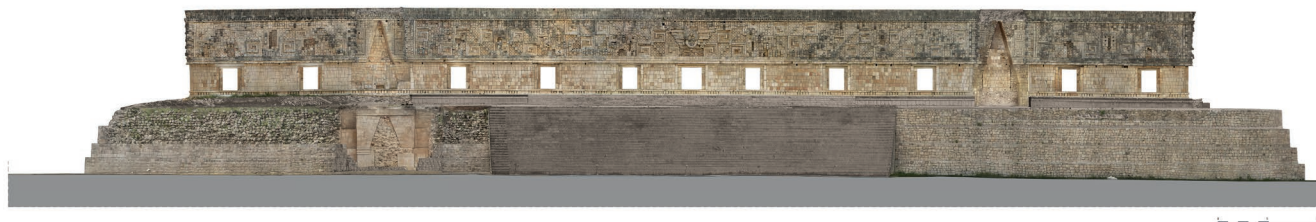
Para ello, los mismos planos de referencia ya configurados en 2018 para extraer plantas, secciones y alzados del edificio se reaprovecharon como planos de corte para extraer, ya referenciados, los planos de la Subestructura documentada en 2019. A la planta general del Palacio del Gobernador, actualizada con la Subestructura, se añadieron otras dos plantas que seccionan el gran basamento escalonado al nivel de los muros de carga de la Subestructura y del plano de arranque de su bóveda (Figura 10).

the Palace of the Governor, generated after the first field season, enabled the creation of a digital database containing data from both survey campaigns. This database can be updated in case of future excavation and documentation efforts. The survey of the Palace of the Governor and its former structure constitutes a valuable resource and serves as the starting point for any architectural analysis, enabling the correct interpretation of the spatial relationships between buildings, or parts of buildings, from different periods. Finally, we have verified that the two segments of the former structure are perfectly aligned





11



12

with each other, confirming that they belong to the same vaulted passageway predating the current Palace of the Governor. Moreover, this preexisting vaulted passageway is perfectly aligned with the upper passage of the Palace. These conclusions have been reached in the framework of a partial excavation, which did not fully penetrate the platform, allowing only partial exposure and documentation of the former structure. Further research and excavations will clarify the number and sequence of previous construction phases are present within the Palace of the Governor. The support of digital survey methodologies allows researchers to accurately relate between them and correctly interpret elements that are only partially visible, thereby reducing the impact of any excavation.

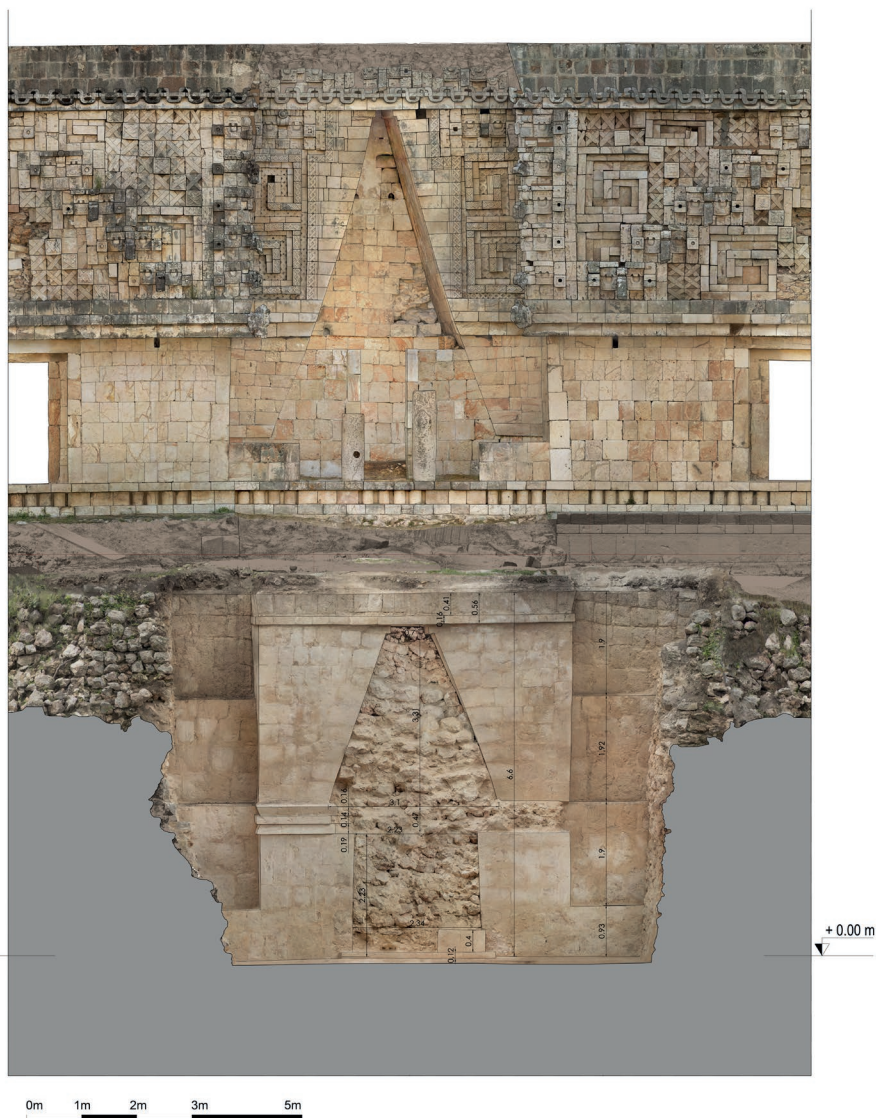
Notes

1 / Uxmal was inscribed on the UNESCO World Heritage List in 1996.

Con el mismo procedimiento fueron actualizadas las secciones y los alzados. En el caso de la sección transversal, que corta el pasaje abovedado meridional del Palacio, la más importante para la descripción de la Subestructura, los mismos planos de corte usados para extraer esta sección desviada sirvieron también para seccionar la Subestructura, lo que sugiere una alineación del pasaje abovedado inferior con el superior (Figura 11).

Todos los planos fueron integrados con las ortofotos extraídas tras rotar y trasladar los modelos fotogramétricos, usando los mismos puntos homólogos que habían servido para escalarlos, para alinearlos con los mismos planos de proyección usados para la extracción de plantas, secciones y alzados a partir del modelo *range-based* (Figuras 11, 12 y 13).

Este levantamiento minucioso nos ha permitido documentar y referenciar entre ellas dos porciones de Subestructura descubiertas en dos áreas opuestas del gran basamento escalonado, reconstruyendo sus características métricas y geométricas¹¹. El análisis de las relaciones espaciales y compositivas entre estos dos tramos de Subestructura y con el edificio superior del Palacio del Gobernador nos ha permitido confirmar que formaban parte un mismo pasaje abovedado edificado en una fase constructiva precedente. Pues, prolongando la dirección marcada por las aristas de la tapa de la bóveda visible en el lado oriental, estas se conectan perfectamente con las aristas de la tapa de la bóveda expuesta en el lado occidental (Figuras 10 y 13). Además, se observa claramente que esta



11. Sección Transversal del Palacio del Gobernador, 2018 y 2019.

12. Alzado oriental del Palacio del Gobernador, 2019.

13. Alzado este de la subestructura en su contexto, 2019.

11. Cross section of the Palace of the Governor, 2018 and 2019.

12. East Elevation of the Palace of the Governor, 2019.

13. East Elevation of the former structure in context, 2019.

13

bóveda preexistente tiene la misma orientación que la bóveda superior y que están casi perfectamente alineadas, con un leve desplazamiento de solo 7 cm del eje longitudinal. Este alineamiento queda confirmado también al observar que, prolongando hacia el interior del basamento los muros que sostienen la bóveda de la Subestructura, se observa que coinciden con los muros que delimitan los edificios superiores y que enmarcan el pasaje abovedado superior (Figura 10). Por tanto, el pasaje abovedado inferior preexistente presenta una clara alineación con el pasaje superior del Palacio que no puede ser casual. Esto demuestra la voluntad de los constructores mayas de replicar la misma composición y orientación del pasaje abovedado preexistente en el superior.

Conclusiones

Con el descubrimiento de la Subestructura, el Palacio del Gobernador de Uxmal además de representar uno de los edificios más importantes en estilo Puuc, puede ser considerado también como un ejemplo emblemático de edificio maya que ha llegado a su configuración final tras la superposición de fases constructivas con la inclusión de, por lo menos, un edificio preexistente en el nuevo volumen.

El reto que supone investigar estos edificios, que se conservan ocultos, y en ocasiones completos, debajo de otros posteriores superpuestos y que pue-

2 / Check Gendrop (1997, pp. 188-190) and Loten & Pendergast (1984, p.14) on the use of this term in Spanish and English.

3 / As in the case of Structure 35-sub which was incorporated into the Acropolis of Ek Balam, in Yucatán (Vargas de la Peña & Castillo Borges, 2005).

4 / Temple 10L-16 in Copán, Honduras, is an emblematic example (Agurcia Fasquelle y Fash, 2005).

5 / Check Gilabert-Sansalvador (2021) for more information on the maya vault.

6 / Tripartite façade consisting of a basement, a plain lower wall, and an upper plain wall framed by a simple middle molding and an upper cornice (Andrews, 1986).

7 / Mayatech (<http://mayatech.artemaya.es/>) is a research project led by Cristina Vidal Lorenzo (University of Valencia) and Gaspar Muñoz Cosme (Polytechnic University of Valencia).

8 / Which can be integrally consulted in Montuori (2022, pp. 515-521).

9 / The procedure used is described in detail in Montuori (2022, pp. 521-533).

10 / The coordinates (x,y,z) of a series of homologous points identified in the range-based model were imported in the *image-based* models.

Acknowledgements

This research was funded by the Polytechnic University of Valencia through the "Research and Development Support Program for Training of Researchers" (PAID-01-17).



Additional support from the Generalitat Valenciana through the project "Mayatech" (led by Cristina Vidal Lorenzo), and from the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities through the project "Maya Architecture: Construction Systems, Formal Aesthetics, Symbolism, and New Technologies" (PGC2018-098904-B-C21-AR; led by Gaspar Muñoz Cosme), is also gratefully acknowledged. This work would not have been possible without the collaboration of the National Institute of Anthropology and History of Mexico and of José Huchim Herrera, director of the Uxmal archaeological site.

Bibliography

- Agurcia Fasquelle, R. & Fash, B.W., 2005. "The Evolution of Structure 10L-16: Heart of the Copán Acropolis", in Andrews V, E.W. y Fash, W.L. (eds.) *The Rise and Fall of a Classic Maya Kingdom*. Santa Fé, New Mexico: School of American Research, pp. 201–238.
- Andrews, G.F., 1993. *Architectural survey at Uxmal*. (Vol. 3). George F. and Geraldine D. Andrews papers. Austin, Texas: Alexander Architectural Archive, University of Texas.
- Andrews, G.F., 1986. *Los estilos arquitectónicos del Puuc. Una nueva apreciación*. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Garrison, T.G., Richmond, D., Naughton, P., Lo, E., Trinh, S., Barnes, Z., Lin, A., Schurgers, C., Kastner, R. & Newman S.E. (2016). Tunnel Vision. Documenting Excavations in Three Dimensions with Lidar Technology. *Advances in Archaeological Practice*, vol. 4, no. 2, pp. 192–204. <https://doi.org/10.7183/2326-3768.4.2.192>.
- Gendrop, P., 1997. *Diccionario de Arquitectura Mesoamericana*. México, D.F.: Editorial Trillas.
- Gendrop, P., 1983. *Los estilos Río Bec, Chenes y Puuc*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gilabert-Sansalvador, L., 2021. *La bóveda en la arquitectura maya*. Wiesbaden: Harrassowitz Verlag. <https://doi.org/10.34780/2z2o-f062>.
- Huchim Herrera, J.G. & Toscano Hernández, L., 2021. El proceso de restauración en Uxmal: el caso del Palacio del Gobernador. *Gremium*, vol. 8, no. 15, pp. 23–36.
- Kowalski, J.K., 1987. *The house of the Governor*. Norman, Oklahoma: University of Oklahoma Press.
- Loten, S.H. & Pendergast, D.M., 1984. *A lexicon for maya architecture*. Toronto, Canada: Royal Ontario Museum.
- Montuori, R., 2023. Técnicas constructivas de relleno en la subestructura de la Acrópolis de La Blanca, in Martínez Aguilar, G. & Zacarías Capistrán, P. (eds.), *Historia de La Construcción. Edificaciones Mesoamericanas y Obras de Arquitectura Del Siglo XVI al XIX*. Xalapa, Veracruz (México): Universidad Veracruzana, pp. 17–40. <https://doi.org/10.25009/uv.2903.1729>.
- Montuori, R., 2022. *La práctica de construir sobre lo construido en la arquitectura maya*. PhD Thesis. Universitat Politècnica de València. Unpublished document. <https://doi.org/10.4995/>

den ser observados solo parcialmente, exige el desarrollo de metodologías de trabajo y de documentación que permitan relacionar correctamente todos los hallazgos entre ellos y con el edificio superior, sin interferir con los trabajos de excavación y sin afectar a la conservación del edificio.

La metodología de documentación que hemos desarrollado y aplicado al caso del Palacio del Gobernador nos ha permitido obtener un levantamiento digital minucioso en el que dos tramos de subestructura, descubiertos en dos áreas opuestas del gran basamento, están perfectamente referenciadas entre ellas y aparecen representadas en su contexto arquitectónico. La importación y referenciación en el archivo *.imp* general del Palacio del Gobernador, resultado de la primera campaña de levantamiento, de los modelos obtenidos en la segunda temporada, permitió construir una Base de Datos digital del Palacio del Gobernador con datos procedentes de las dos campañas de levantamiento diferentes, que puede ser actualizada en futuras campañas de excavación y documentación. El levantamiento del Palacio del Gobernador y de su subestructura representa una valiosa fuente de información a partir de la cual realizar cualquier tipo de análisis arquitectónico relacionando entre sí edificios, o partes de edificios, de épocas diferentes.

Hemos comprobado que estos dos tramos de Subestructura están perfectamente alineados entre ellos y verificado, por tanto, que pertenecen a un mismo pasaje abovedado anterior al Palacio del Gobernador actual. Además, hemos observado que este pasaje abovedado preexistente está perfectamente alineado con el pasaje superior del Palacio actual. Todo esto en el marco de una excavación parcial que no ha atravesado completamente el basamento del Palacio, permitiendo destapar solo parcialmente la subestructura. Ulteriores investigaciones y excavaciones podrán confirmar cuales, y cuantas fases constructivas previas están presentes en el interior del Palacio del Gobernador, pero, gracias al apoyo las metodologías digitales, es posible relacionar entre ellos e interpretar correctamente elementos que pueden observarse solo parcialmente, reduciendo así también el impacto de cualquier excavación.

Notes

- 1 / Inscrita en 1996 en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO.
- 2 / Véanse Gendrop (1997, pp. 188-190) y Loten y Pendergast (1984, p.14) sobre el uso de este término en español e inglés.
- 3 / Como en el caso de la Estructura 35-sub incluida la Acrópolis de Ek Balam, en Yucatán (Vargas de la Peña y Castillo Borges, 2005).
- 4 / El ejemplo del Templo 10L-16 de Copán, Honduras, es emblemático (Agurcia Fasquelle y Fash, 2005).
- 5 / Véase Gilabert-Sansalvador (2021) para más información sobre la bóveda maya.
- 6 / Fachada tripartita integrada por un zócalo, un muro de fachada inferior liso y un friso liso enmarcado por una moldura media y una cornisa superior sencillas (Andrews, 1986).
- 7 / Mayatech (<http://mayatech.artemaya.es/>) es un proyecto de investigación dirigido por Cristina Vidal Lorenzo (Universitat de València) y Gaspar Muñoz Cosme (Universitat Politècnica de València).
- 8 / Que puede ser consultado integralmente en Montuori (2022, pp. 515-521).
- 9 / Cuyo procedimiento puede ser consultado en Montuori (2022, pp. 521-533).
- 10 / Importando en los modelos *image-based* las coordenadas (x,y,z) de una serie de puntos homólogos identificados en el modelo *range-based*.
- 11 / El análisis y la descripción completa puede consultarse en Montuori (2022, pp. 546-550).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Universitat Politècnica de València a través del Programa de Ayudas de Investigación y Desarrollo para la Formación de Personal Investigador (PAID-01-17). Se agradece también el apoyo de la Generalitat Valenciana a través de la financiación del proyecto "Mayatech" (IP: Cristina Vidal Lorenzo), y del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través de la financiación del proyecto "Arquitectura Maya: Sistemas Constructivos, Estética Formal,



Simbolismo y Nuevas Tecnologías” (PGC2018-098904-B-C21-AR; IP: Gaspar Muñoz Cosme). Este trabajo no habría sido posible sin la colaboración del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México y del director del sitio arqueológico de Uxmal, José Huchim Herrera.

Referencias

- Agurcia Fasquelle, R. y Fash, B.W., 2005. “The Evolution of Structure 10L-16: Heart of the Copán Acropolis”, en Andrews V, E.W. y Fash, W.L. (eds.) *The Rise and Fall of a Classic Maya Kingdom*. Santa Fé, Nuevo México: School of American Research, pp. 201–238.
- Andrews, G.F., 1993. *Architectural survey at Uxmal*. (Vol. 3). George F. and Geraldine D. Andrews papers. Austin, Texas: Alexander Architectural Archive, University of Texas.
- Andrews, G.F., 1986. *Los estilos arquitectónicos el Puuc. Una nueva apreciación*. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Garrison, T.G., Richmond, D., Naughton, P., Lo, E., Trinh, S., Barnes, Z., Lin, A., Schurgers, C., Kastner, R. y Newman S.E. (2016). Tunnel Vision. Documenting Excavations in Three Dimensions with Lidar Technology. *Advances in Archaeological Practice.*, vol. 4, no. 2, pp. 192-204. <https://doi.org/10.7183/2326-3768.4.2.192>.
- Gendrop, P., 1997. *Diccionario de Arquitectura Mesoamericana*. México, D.F.: Editorial Trillas.
- Gendrop, P., 1983. *Los estilos Río Bec, Chenes y Puuc*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gilabert-Sansalvador, L., 2021. *La bóveda en la arquitectura maya*. Wiesbaden: Harrassowitz Verlag. <https://doi.org/10.34780/2z2o-f062>.
- Huchim Herrera, J.G. y Toscano Hernández, L., 2021. El proceso de restauración en Uxmal: el caso del Palacio del Gobernador. *Gremium*, vol. 8, no. 15, pp. 23–36.
- Kowalski, J.K., 1987. *The house of the Governor*. Norman, Oklahoma: Univerty of Oklahoma Press.
- Loten, S.H. y Pendergast, D.M., 1984. *A lexicon for maya architecture*. Toronto, Canada: Royal Ontario Museum.
- Montuori, R., 2023. Técnicas constructivas de relleno en la subestructura de la Acrópolis de La Blanca, en Martínez Aguilar, G. y Zacarías Capistrán, P. (eds.), *Historia de La Construcción. Edificaciones Mesoamericanas y Obras de Arquitectura Del Siglo XVI al XIX*. Xalapa, Veracruz (México): Universidad Veracruzana, pp. 17–40. <https://doi.org/10.25009/uv.2903.1729>.
- Montuori, R., 2022. *La práctica de construir sobre lo construido en la arquitectura maya*. Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València. Documento inédito. <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/190816>.
- Montuori, R., Gilabert-Sansalvador y L., Rosado-Torres, A.L., 2020. 3D Printing for Dissemination of Maya Architectural Heritage: The Acropolis of La Blanca (Guatemala). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLIV-M-1–2, pp. 481–488. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xliv-m-1-2020-481-2020>.
- Montuori, R. y Muñoz Cosme, G., 2023. Documentation of the 6J2-Sub2 Building in the Acropolis of La Blanca (Guatemala): methodologies, workflow and results. *DISEGNARECON*, vol. 16, no. 30, pp. 18.1-18.13. <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.30.2023.18>.
- Muñoz Cosme, G., 2006. *Introducción a la arquitectura maya*. València: General de Ediciones de Arquitectura.
- Muñoz Cosme, G. & Vidal Lorenzo, C., 2020. New technologies for the documentation and preservation of the maya cultural heritage. The Palace of the Governor at Uxmal (Yucatan, Mexico). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLIV-M-1–2, pp. 397–403. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-397-2020>.
- Navarro Esteve, P., Herráez Boquera, J., Mora Flores, Á., Barros da Rocha e Costa, H. y Denia Ríos, J. L. (2011). Aplicaciones de la tecnología de digitalización tridimensional por la coordinación de monumentos históricos del Instituto Nacional de Arqueología e Historia (INAH) en México DF. (2009 y 2010). *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 16, no. 17, pp. 42–53. <https://doi.org/10.4995/ega.2011.882>.
- Pollock, H.E.D., 1980. *The Puuc. An architectural survey of the hill country of Yucatan and Northern Campeche, Mexico*. Cambridge, Massachusetts: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University.
- Rivera Dorado, M., 1982. *Los Mayas, una sociedad oriental*. Madrid: Editorial de la Universidad Complutense.
- Sotelo Santos, L.E., 2010. Uxmal, in *MAYAS: Guía de Arquitectura y Paisaje*, pp. 356–363. Sevilla, Ciudad de México: Junta de Andalucía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vargas de la Peña, L. & Castillo Borges, V.R., 2005. Hallazgos recientes en Ek’ Balam. *Arqueología Mexicana*, vol. XIII, no.76, pp. 56–63.
- Thesis/10251/190816.
- Montuori, R., Gilabert-Sansalvador & L., Rosado-Torres, A.L., 2020. 3D Printing for Dissemination of Maya Architectural Heritage: The Acropolis of La Blanca (Guatemala). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLIV-M-1–2, pp. 481–488. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xliv-m-1-2020-481-2020>.
- Montuori, R. & Muñoz Cosme, G., 2023. Documentation of the 6J2-Sub2 Building in the Acropolis of La Blanca (Guatemala): methodologies, workflow and results. *DISEGNARECON*, vol. 16, no. 30, pp. 18.1-18.13. <https://doi.org/10.20365/disegnarecon.30.2023.18>.
- Muñoz Cosme, G., 2006. *Introducción a la arquitectura maya*. València: General de Ediciones de Arquitectura.
- Muñoz Cosme, G. & Vidal Lorenzo, C., 2020. New technologies for the documentation and preservation of the maya cultural heritage. The Palace of the Governor at Uxmal (Yucatan, Mexico). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XLIV-M-1–2, pp. 397–403. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-M-1-2020-397-2020>.
- Navarro Esteve, P., Herráez Boquera, J., Mora Flores, Á., Barros da Rocha e Costa, H. y Denia Ríos, J. L. (2011). Aplicaciones de la tecnología de digitalización tridimensional por la coordinación de monumentos históricos del Instituto Nacional de Arqueología e Historia (INAH) en México DF. (2009 y 2010). *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 16, no. 17, pp. 42–53. <https://doi.org/10.4995/ega.2011.882>.
- Pollock, H.E.D., 1980. *The Puuc. An architectural survey of the hill country of Yucatan and Northern Campeche, Mexico*. Cambridge, Massachusetts: Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, Harvard University.
- Rivera Dorado, M., 1982. *Los Mayas, una sociedad oriental*. Madrid: Editorial de la Universidad Complutense.
- Sotelo Santos, L.E., 2010. Uxmal, in *MAYAS: Guía de Arquitectura y Paisaje*, pp. 356–363. Sevilla, Ciudad de México: Junta de Andalucía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Vargas de la Peña, L. & Castillo Borges, V.R., 2005. Hallazgos recientes en Ek’ Balam. *Arqueología Mexicana*, vol. XIII, no.76, pp. 56–63.