



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
MAESTRIA EN ARQUITECTURA  
RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS

**CONSERVACIÓN, RESTAURACIÓN E INVESTIGACIÓN ARQUITECTÓNICA,  
ZONAS ARQUEOLÓGICAS DE TULUM, TANCAH, MUYIL Y XELHÁ**

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
**MAESTRO EN ARQUITECTURA**

PRESENTA:  
**ROBERTO MAGDALENO OLMOS**

TUTOR:  
**DR. CARLOS DARÍO CEJUDO CRESPO**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM

SINODALES:  
**DRA. MÓNICA CEJUDO COLLERA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM

**M. EN ARQ. RAÚL CÁNDIDO NIETO GARCÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM

**DRA. GEMMA L. S. VERDUZCO CHIRINO**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM

**M. EN ARQ. ALEJANDRO CABEZA PÉREZ**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



INSTITUTO  
DE INVESTIGACIONES  
HISTÓRICAS

# Proyecto de Conservación, Restauración e Investigación Arquitectónica; Zonas Arqueológicas de Tulum, Tancah, Muyil y Xelha, Quintana Roo.

## Tabla de contenido

Introducción .....	5
Objetivo del proyecto.....	14
Hipótesis de trabajo .....	15
Problemática de conservación .....	16
Ejecución del Proyecto de Conservación, Restauración e Investigación, estudios de caso: .....	17
Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Z.A. Tulum. ....	19
Antecedentes Generales .....	19
Historia de las Intervenciones.....	22
Diagnóstico de conservación.....	25
Registro arquitectónico.....	28
Monitoreo mecánico-estructural.....	45
Trabajos de conservación preventivos.....	49
Estudios geofísicos .....	69
Edificio 1 o El Castillo, Z.A. Tulum .....	80
Diagnóstico de conservación.....	81
Estudios geofísicos y propuesta de prospección.....	87
Edificio 5 o Templo del Dios Descendente, Z.A. Tulum.....	95
Antecedentes y diagnóstico de conservación.....	95
Registro arquitectónico.....	98
Trabajos de conservación preventivos.....	99
Edificio 25 o Casa del Halach Uinic, Z. A. Tulum.....	104
La arquitectura del edificio.....	104
Registro arquitectónico.....	107
Proyecto de sustitución de cubierta .....	112
Estructura 12, Z. A. Tancah .....	116
Antecedentes .....	116



Diagnóstico de conservación.....	117
Registro arquitectónico.....	119
Monitoreo mecánico-estructural.....	120
Estudios geofísicos.....	122
Resultados Preliminares.....	123
Templo del Jaguar, Z. A. Xelhá.....	126
Antecedentes y diagnóstico de conservación.....	126
Registro arquitectónico.....	129
Estructura 7H-3, Z. A. Muyil.....	139
La arquitectura del edificio.....	139
Diagnóstico de conservación.....	141
Registro arquitectónico.....	142
Propuesta de intervención.....	144
Estructura 8I-13 o El Castillo, Z. A. Muyil.....	148
Antecedentes generales.....	148
Historia de su hallazgo e intervenciones.....	150
Proyecto de restauración, conservación y re-enterramiento.....	151
Proceso constructivo de la réplica y caja del re-enterramiento.....	153
Conclusiones del proyecto de re-enterramiento.....	157
Conclusiones.....	160
Fuentes bibliográficas.....	162

## Introducción

Dentro de la súper área cultural conocida como Mesoamérica, históricamente el área Maya ha tenido la atención, concentración y recursos para su investigación. Con aproximadamente cien años de investigación científica en el área aún se siguen realizando hallazgos que nos cambian la manera de ver el pasado cultural de la región.

Para su investigación arqueológico-arquitectónica, el territorio del área maya se subdivide en regiones culturales, también llamadas regiones estilísticas, que hacen evidente la diversidad de cómo el hombre maya, inmerso en los rasgos de su sociedad, en determinado tiempo histórico generó una respuesta de adaptación al medio ambiente en relación directa con el espacio geográfico.

Evidentemente las respuestas espaciales generadas por los mayas no solo están definidas por su contexto físico y geográfico, todos los elementos culturales de la sociedad inciden en las respuestas de adaptación al medio, desde la organización social y política, la economía, la ideología y religión, la cosmovisión y los caracteres simbólicos y por supuesto las técnicas y tecnologías constructivas disponibles, las materias primas y los materiales de construcción, entre otros factores, fueron determinando una identidad regional de la arquitectura para cada espacio geográfico en cada momento histórico, de ahí la importancia y la necesidad de estudiar a los mayas como un todo y segmentado en regiones arquitectónico-arqueológicas.

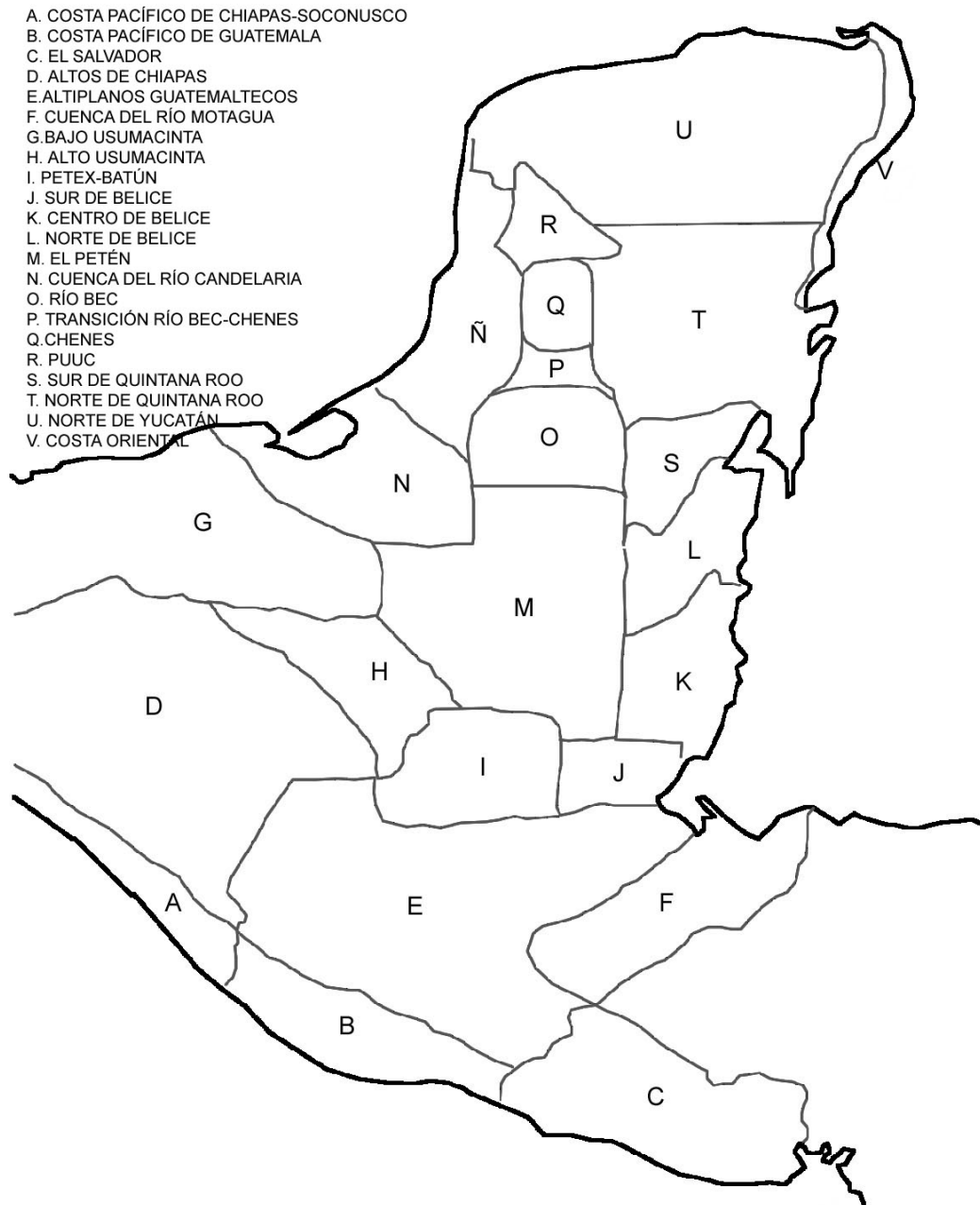
La complejidad de estudio del área maya es tan diversa como los autores que las proponen, en mi caso propongo 23 regiones arquitectónico-arqueológicas (**figura 1**) con diferencias marcadas y concretas basadas tanto en la arqueología, la iconografía, la epigrafía y desde luego la arquitectura y urbanismo, aunque en este último rubro aún la mayor parte de las ciudades arqueológicas no cuentan con mapeos completos de sus urbes.

Hoy en día la mayoría de los mapas del área maya son ilustrativos, y principalmente atemporales, muchos de ellos nos presentan la localización de una gran número de sitios que nos permiten entender su distribución en la división política moderna del área maya (**figura 2**) pero que no proporcionan diferencias regionales o temporales, es decir, la lectura de los mapas de manera superficial para el que lo consulta le hace ver todo el panorama como un abanico de sitios todos coexistiendo al mismo tiempo, y mucho menos muestran la diferenciación arquitectónico-arqueológica que presenta el territorio.

Las divisiones arquitectónico-arqueológicas son únicamente límites de referencia que permiten acotar las regiones para su estudio (**figura 3**), pero hasta el momento no hemos encontrado ningún elemento que nos permita confirmar la existencia de fronteras culturales o fronteras políticas rígidas; los elementos materiales hoy en día nos permiten hablar de fronteras culturales y/o políticas flexibles y dinámicas que se extienden y contraen en diferentes periodos temporales.

Para el periodo Posclásico (del 900 d.C.-al contacto europeo) existe una marcada movilidad y reacomodo en toda el área maya, se puede observar una concentración poblacional en la región del Altiplano guatemalteco así como en la región Norte de Yucatán y la Costa Oriental. Algunas de las ciudades de este periodo tienen su origen en épocas más tempranas – como Izamal o Cobá– pero estas ciudades presentan para este momento histórico una gran densidad poblacional y un gran

desarrollo cultural (**figura 4**). Algunas ciudades colapsarán a mitad del periodo Posclásico abandonándose sus urbes completamente y algunas otras encontrarán su máximo desarrollo en los siglos previos al contacto europeo en el llamado Posclásico Tardío (1200 d.C.- al contacto).



**Figura 1.** Mapa división arquitectónica-arqueológica del área maya. R. Magdaleno, 2007.



Figura 2. Mapa del área maya con la localización de las ciudades mayas más importantes. Tomado de Grube, 2001.





Figura 3. Mapa con la localización de las principales ciudades mayas y la división arquitectónico-arqueológica. Mapa de Grube, 2001, división arquitectónico-arqueológica de R. Magdaleno, 2007.

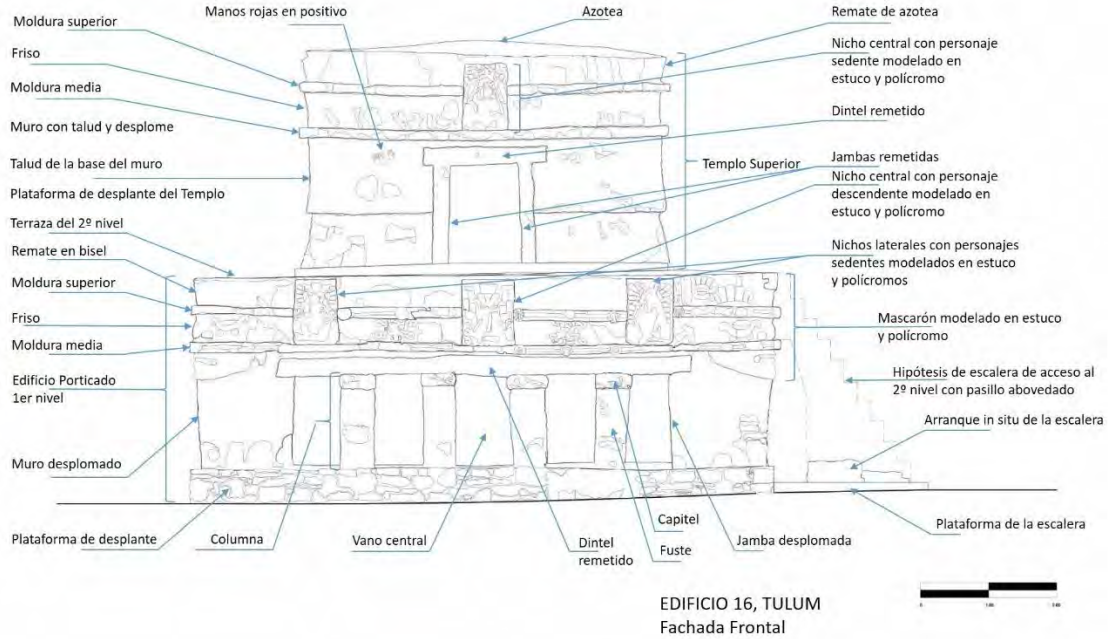


**Figura 4.** Mapa de las tierras bajas mayas del norte o septentrionales con división arquitectónico-arqueológica y la localización de las ciudades del periodo Posclásico (900 – al contacto). R. Magdaleno, 2007.

Ciudades como Muyil, Xelhá o incluso Cobá, de claro origen Clásico, se transformaran o integrarán a sus estándares arquitectónicos nuevos elementos y tradiciones constructivas y arquitectónicas que generarán una identidad regional posclásica que se fusionara con las tradiciones previas y a su vez se incorporarán los cánones panmesoamericanos introducidos por la cultura Itzá. Así encontraremos como características arquitectónicas distintivas de la región (**figuras 5 y 93**):

- Templos bajos
- Templos miniatura
- Fachadas o muros desplomados
- Fachadas porticadas
- Accesos estrechos
- Salas hipóstilas
- Techos planos de viguerías
- Bóvedas en saledizo con inicio o arranque en la base de los muros
- Columnas serpentiformes
- Dinteles de piedra remetidos
- Jambas desplomadas
- Frisos más pequeños y remates de azotea en bisel de mayor sección
- Nichos en friso al eje de los accesos
- Iconografía del Dios Descendente
- Iconografía de la serpiente emplumada
- Pintura mural de estilo códice



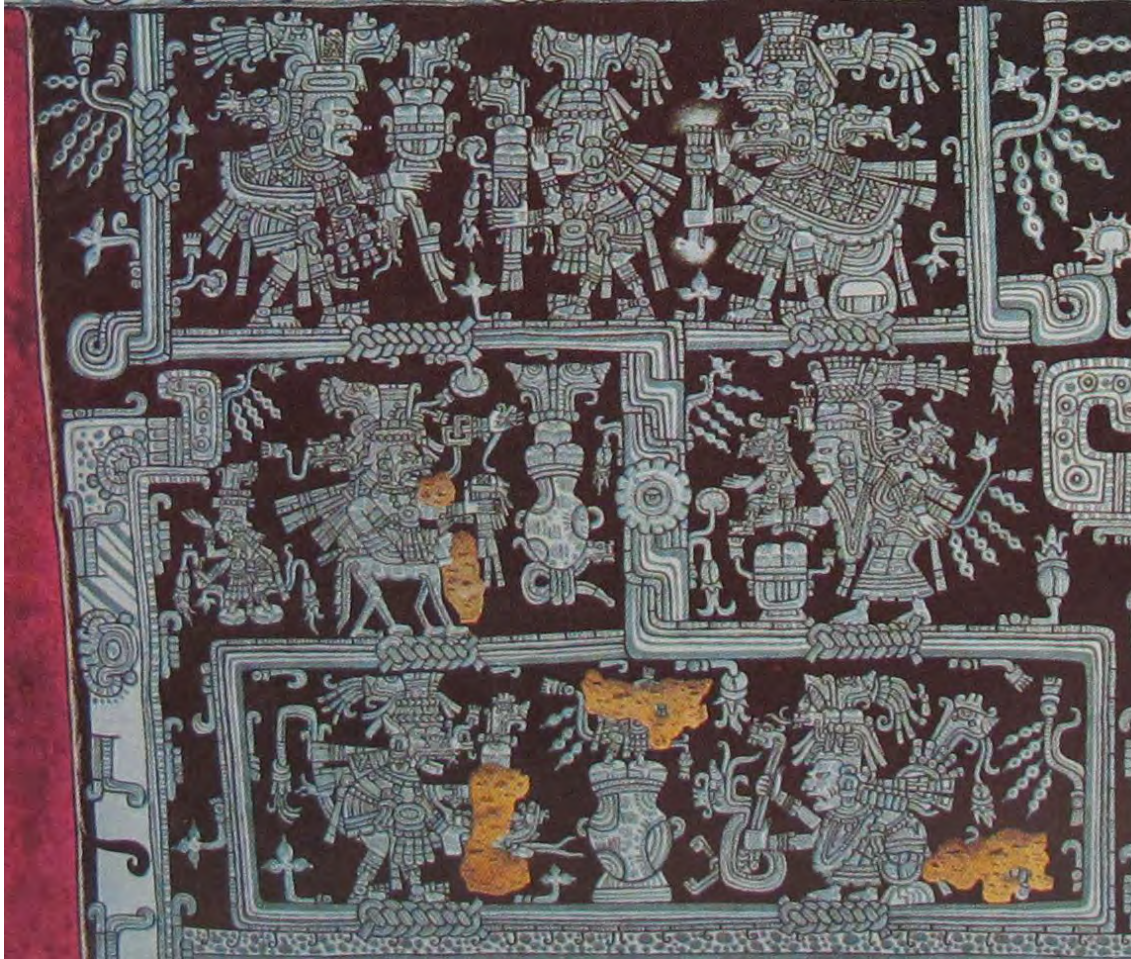


**Figura 5.** Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum; fachada del edificio con la nomenclatura arquitectónica, en este ejemplo se encuentran muchos de los elementos asociados a la tradición de la Costa Oriental. R. Magdaleno, 2015.

En el periodo Posclásico Tardío las rutas marítimas comerciales generarán el máximo auge cultural y económico de la región y surgirán nuevas capitales políticas como las ciudades de El Meco en el norte y Tulum en el centro, así como San Gervasio en la Isla de Cozumel o Santa Rita Corozal en la bahía de Chetumal en el extremo meridional de la región. Dependientes políticamente de estas cuatro el mapa regional se saturará de pequeñas entidades urbanas y de aldeas cuya densidad de población pueda estar directamente relacionada con los recursos naturales disponibles en su contexto inmediato.

En el rubro de la pintura mural, la región conserva algunos de los ejemplos más extensos y mejor conservados tanto del periodo Posclásico como de toda la historia cultural de los mayas. Tulum es el sitio con el mayor acervo pictórico de la región, sus ejemplares se destacan por presentar una organización pictórica de las imágenes separadas en cuadrantes por medio de bandas o cenefas ornamentadas, personajes delineados en color negro, representados de perfil, en posiciones dinámicas e interactuando entre éstos<sup>1</sup>, en la mayoría de los casos portan objetos suntuarios y la indumentaria es muy rica en diseño y ajorcas (**figura 6**). Es muy común el uso del negro o el azul como fondo pictórico de las escenas representadas, pero también se ha encontrado el ocre empleado como fondo pictórico.

<sup>1</sup> Estas características así como algunos elementos iconográficos como rayos solares, estrellas, símbolos de venus, entre otros, asocian la técnica pictórica de los murales de la Costa Oriental maya con los códigos de la tradición mixteca-puebla. Esto en un claro panorama cultural panmesoamericano.



**Figura 6.** Detalle de la sección norte de la fachada del Santuario Interior, Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. Dibujo de F. Dávalos, tomado de Miller, 1982.

La mayoría de los especialistas coinciden en la identificación de los personajes representados como deidades del panteón maya Posclásico, aunque es clara la presencia de deidades prístinas como Itzamnaaj (**figura 7**) o Chaahk, (**figura 8**) pero al parecer Ixchel (**figura 9**) tuvo un papel relevante en la iconografía regional y por ende en la religión y cultura Posclásica.

Respecto a la paleta polícroma los colores más empleados son el negro, el azul oscuro, el azul maya, rojo, ocre,

Es clara una escuela pictórica que fue madurando y en algunos sitios como en el corredor de El Castillo de Tulum se identifican hasta cinco sobreposiciones de enlucido con dos proyectos pictóricos, siendo el último el de mayor complejidad con un dominio claro de la técnica, escala, trazo y diseño.

Los discursos pictóricos eran complemento de aquellos escultóricos, principalmente modelados en estuco, como mascarones (**figura 10**), personajes descendentes (**figura 11**), bandas o molduras fitomorfas, elementos zoomorfos, cenefas, etc.





**Figura 7.** Detalle sección norte de la fachada poniente del Edificio 5 o Templo del Dios Descendente, Tulum; en la imagen se encuentra el rostro del Dios Itzamnaaj visto de perfil. R. Magdaleno, 2011.



**Figura 8.** Imagen del Dios Chaahk, detalle de la sección norte de la fachada poniente del Edificio 5, Tulum. R. Magdaleno, 2012.



**Figura 9.** Detalle de la imagen de la Diosa Ixchel, sección norte de la fachada del Santuario Interior, Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. R. Magdaleno, 2013.





**Figura 10.** Detalle rostro del Dios Itzamnaaj, mascarón modelado en estuco, esquina suroeste en el primer nivel, Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. R. Magdaleno, 2006.



**Figura 11.** Detalle Dios Descendente, nicho central, fachada Edificio 5 o Templo del Dios Descendente, Tulum. R. Magdaleno, 2011.

## Objetivo del proyecto

Dada la importancia y el extenso acervo de pintura mural precolombina en la región Costa Oriental del Área Maya localizada en la parte norte del actual estado mexicano de Quintana Roo; después de un extenso y profundo diagnóstico del estado de conservación de los ejemplos preservados en diez sitios arqueológicos<sup>2</sup> se determinó que previo y durante los trabajos de conservación, restauración e investigación de la pintura mural era necesario tener los mismos alcances para el soporte de dicha pintura, es decir, la arquitectura.

La arquitectura de la región Costa Oriental presenta una gran diversidad de problemas de conservación, hoy en día prácticamente todos los edificios tienen un alto grado de deterioro. Por tal motivo, uno de los objetivos del proyecto es el diagnóstico del estado de conservación de los edificios con pintura mural de la región, evaluar y monitorear el estado mecánico-estructural de aquellas estructuras que presenten un riesgo inminente de pérdida o colapso parcial o total del inmueble; identificar agentes de deterioro, origen, causa y efectos en la arquitectura regional, así como investigar, revisar y reinterpretar las tipologías arquitectónicas, sus sistemas constructivos y principios estructurales.

El objetivo principal y fundamental del proyecto es la intervención integral de los edificios con pintura mural para la conservación de ambos –arquitectura y pintura-, por lo tanto, mientras se recaban, procesan y analizan todos los datos obtenidos en campo para elaborar un proyecto de restauración integral y su ejecución, se han realizado algunos trabajos preventivos de conservación, mismos que forman parte importante de los objetivos del proyecto.

A continuación se presenta la estructura de trabajos y objetivos por cada línea de investigación arquitectónica para el Proyecto de Conservación, Restauración e Investigación de la Costa Oriental de Quintana Roo.

### 1. Monitoreo Mecánico-Estructural.

- Este contempla la colocación de testigos que permitan monitorear movimientos o asentamientos de las estructuras: testigos de cal donde no se han colocado, nuevos testigos donde se presente un cambio verificable respecto al testigo previo y testigos de plomada donde sea posible para monitorear el desfase horizontal de elementos arquitectónicos en particular y del edificio en general.

### 2. Levantamiento arquitectónico.

- Plantas arquitectónicas, alzados y cortes esquemáticos y donde se permita cortes por fachada y detalles constructivos.
- Generación de un banco de datos referenciado en planos del estado actual del o los edificios, con referencia de medidas específicas y fallas estructurales del inmueble.

---

<sup>2</sup> Las zonas arqueológicas contempladas originalmente por el Proyecto de Conservación, Restauración e Investigación de la Costa Oriental de Quintana Roo, fueron: Tulum, Tancah, Xelhá, Xcaret, Muyil, San Gervasio, El Meco, El Rey, Rancho Ina o Cálica y Cobá. Posteriormente el proyecto se acotó en una primera etapa a los sitios de Tulum, Tancah, Xelhá y Muyil.

3. Levantamiento de fábricas
  - Levantamiento arquitectónico por despiece e identificación de los materiales constructivos y constitutivos de los inmuebles.
  - Identificación de problemas de conservación originados por la constitución del inmueble.
4. Levantamiento de agentes de deterioro
  - Identificación y localización en planos arquitectónicos de los agentes de deterioro, intrínsecos y extrínsecos, con la localización de su origen y extensión sobre el inmueble.
5. Levantamiento del estado actual del deterioro
  - Localización en planos de los efectos del deterioro, registrando los efectos individuales y en conjunto si se requiere para el proyecto.
6. Conservación preventiva
  - Constituye la intervención del inmueble en un carácter preventivo para la conservación de la pintura mural en particular y el edificio en general.
7. Estudios de prospección
  - Trabajos inter, multi y transdisciplinarios para el diagnóstico del estado de conservación de los inmuebles. Estos son estudios de resistividad magnética, georadar, calas, topografía, etc., que permitan tener evidencias sobre el estado de deterioro, las causas y efectos.

## Hipótesis de trabajo

¿Es el agua el principal agente de deterioro que de manera directa o indirecta repercute en el comportamiento estructural de los edificios, genera el deterioro de la piedra y de los morteros como los principales elementos constitutivos de los inmuebles y activa la mayoría de los procesos y agentes de deterioro en la pintura mural?

Toda la arquitectura arqueológica de nuestro país se ve afectada por el intemperismo específico al ecosistema en que se localiza. En la Costa Oriental los agentes de deterioro de este intemperismo están asociados al viento, el agua, la vegetación, la temperatura e incidencia solar.

En la región los vientos dominantes se presentan provenientes de la costa, la cercanía de todos los sitios al mar genera un proceso de deterioro eólico sobre la piedra generando diversos patrones dependiendo de las características físico-mecánicas de la matriz de la piedra, si a esta última le inciden otros factores como exfoliación y/o pulverulencia la degradación de la piedra puede ser más o menos severa y/o acelerada.

Como lo planteamos en la hipótesis, el agua parece ser el principal agente de deterioro, la precipitación pluvial, la brisa marina, así como la humedad atmosférica, generan áreas o sectores en los edificios permanentemente humectados y/o completamente saturados de agua. La pérdida

de elementos arquitectónicos permite la exposición de los núcleos de mampostería de azoteas, frisos, bóvedas o muros y con esto la filtración del agua de lluvia a través de sus juntas y aristas. El agua nucleada genera una dinámica cíclica de deterioro con frentes de evaporación, eflorescencia y subflorescencia de sales, generación de microorganismos y una alta disgregación por los altos contenidos de carbonatos que tiene la piedra caliza regional sumándose a esto la disgregación de las argamasas de cal originales empleadas en la edificación junto con sus aplanados y su pintura mural.

Al abandono de las ciudades precolombinas la vegetación de la región creció en las áreas urbanas y cubrió las edificaciones, las raíces penetraron en los núcleos de mampostería y dislocaron, fracturaron y en muchos casos generaron el colapso parcial o total de muchas techumbres y otros elementos arquitectónicos; hoy en día la mayoría de los sitios presentan edificios libres de vegetación mayor, mas sin embargo año con año crecen en juntas, aristas o pequeñas cavidades vegetación menor –plantas y arbustos silvestres principalmente- que constituyen un continuo proceso de deterioro en la disgregación de los materiales constructivos y los elementos arquitectónicos.

Por su parte la incidencia solar genera una pérdida de pigmentación en las superficies pictóricas de la arquitectura pero también genera un incremento de temperatura de los materiales, crea frentes de evaporación y produce cristalización de sales.

## Problemática de conservación

El primer proceso de deterioro se presentó al momento del abandono de las antiguas ciudades, el intemperismo y la falta de mantenimiento fueron ejerciendo un efecto de pérdida y colapso progresivo de muchos de los elementos arquitectónicos que constituyen los edificios, principalmente aquellos elementos de materiales perecederos como dinteles o techumbres.

Colapsos parciales y la pérdida de aplanados o enlucidos en las superficies exteriores de los edificios fueron permitiendo la filtración del agua de lluvia y con ello la disgregación de materiales como los morteros en las juntas de la mampostería; por su parte las sales propias de todo material de construcción encontraron en el agua el vehículo para penetrar en la porosidad de la piedra y argamasas, con los procesos de evaporación y humectación se fueron generando áreas de eflorescencia y subflorescencia de sales incluyendo los enlucidos y la pintura mural.

La filtración del agua de lluvia constante por siglos genero áreas de humedad nucleada en muros y bóvedas generando la formación de microorganismos en grandes superficies. Estas zonas permanentemente húmedas también propiciaron el crecimiento de vegetación encima de los edificios.

La vegetación menor y mayor fue penetrando con sus raíces el interior de la mampostería, perforando juntas y rompiendo o fracturando elementos arquitectónicos, así también, la vegetación mayor incrementó el peso o la carga a las techumbres y elementos de apoyo, sumando a éstos los fuertes vientos de la costa y los huracanes se generaron empujes laterales o diagonales sobre los elementos estructurales exigiendo al máximo sus límites de esfuerzo; en muchos casos la suma de

todos los elementos anteriores generó el colapso total o parcial y/o la fractura de dinteles, bóvedas, muros, pilares y/o columnas, etc.

Como ya fue comentado en la hipótesis, los edificios que forman parte del proyecto se encuentran libres de vegetación mayor y existen programas de mantenimiento menor donde principalmente retira vegetación que crece año con año en ellos.

La presencia de fauna en los edificios es otro factor considerable de deterioro; las iguanas – principalmente- y otros animales hacen sus nidos o madrigueras al interior de los edificios principalmente entre las juntas de la mampostería o donde se originó una cavidad por el colapso o pérdida –parcial o total- de un elemento arquitectónico.

El deterioro por acción humana es casi nulo hoy día, debido a que no se permite el acceso del turismo al interior o la proximidad de los edificios. El deterioro de tipo antrópico lo encontramos más bien en relación al momento de su excavación arqueológica y su consolidación; de manera reciente se han realizado intervenciones superficiales con el empleo de cementos modernos que a su vez han generado otros procesos de deterioro, ya que la dureza de los concretos y su plasticidad son muy diferentes a la de los morteros de cal originales, el uso de materiales no compatibles está generando áreas de rigidez donde los problemas estructurales de los edificios arqueológicos no se han identificado e intervenido de origen, por lo tanto, los edificios siguen presentando y reaccionando frente a un problema estructural no resuelto por lo que a su vez se le suma a ese problema el empleo de estos materiales que lejos de ayudar generan o aumentan los problemas de deterioro.

## Ejecución del Proyecto de Conservación, Restauración e Investigación, estudios de caso:

El proyecto de conservación e investigación es a largo plazo, inicio a partir de la temporada 2011 y se proyecta hasta el 2022, por lo que aún muchos de los trabajos de restauración integral están desarrollándose en estos momentos. Sin embargo se han elaborado muchas intervenciones de carácter preventivo, están en desarrollo muchas líneas de investigación así también se ha realizado un importante trabajo de documentación. En prácticamente todos los casos ha sido necesario realizar levantamientos arquitectónicos nuevos ya que no se cuenta con planos reales de los edificios.

Los levantamientos arquitectónicos actuales del proyecto están generando plantas, cortes y fachadas de dos tipos, aquellas que presentan todos los elementos arquitectónicos y los espacios delimitados por estos como formas geométricas regulares, es decir, que nos muestran al edificio con muros plenamente rectos y espacios regulares al interior de los inmuebles, con la intención de tener una lectura clara del edificio, pero estos planos no representan el estado real, por tal motivo la segunda clase de levantamientos han generado planos del estado actual y real de los inmuebles, presentándose la deformación en elementos arquitectónicos cuando las hay así como la forma real del espacio arquitectónico delimitado.

Con el segundo tipo de levantamientos se generan los planos de fábricas dibujando el despiece de la mampostería e identificando restos de aplanados y otros materiales presentes en el inmueble,



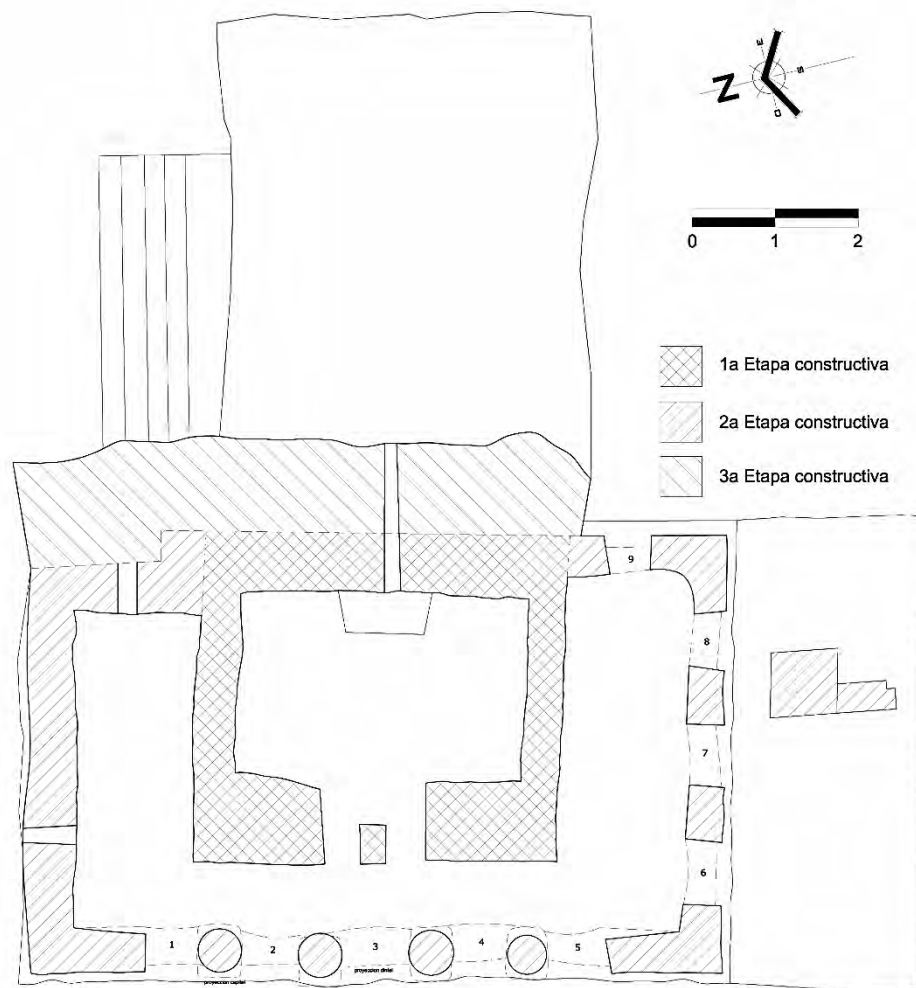
estos nos ayudan a identificar intervenciones recientes o modernas en cada estructura. Finalmente se realiza el levantamiento de deterioros registrándose tanto los agentes como los efectos de éstos en la totalidad del edificio.

Además de los levantamientos y la generación de planos se han realizado diversas intervenciones en las estructuras, todas de carácter preventivo. Entre las acciones emprendidas están la limpieza y retiro de escombros, reposición de juntas arquitectónicas, cubiertas de protección, pisos de sacrificio, apuntalamientos preventivos y temporales, re-enterramientos de elementos, procesos de impermeabilización, entre otras. Dichas intervenciones siempre han sido presididas de un diagnóstico, análisis y dictamen previo a las intervenciones y han sido aprobadas por las autoridades correspondientes como el Centro INAH Quintana Roo, el Consejo de Arqueología del INAH y la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural de esta misma institución.

Todos los datos que constituyen este documento fueron presentados en los Informes del PMQR del año 2011 al 2016, así como en otros documentos como oficios, reportes, notas informativas, dictámenes o proyectos, en ponencias dictadas en seminarios, congresos e incluso en aulas de clase.

## Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Z.A. Tulum.

### Antecedentes Generales

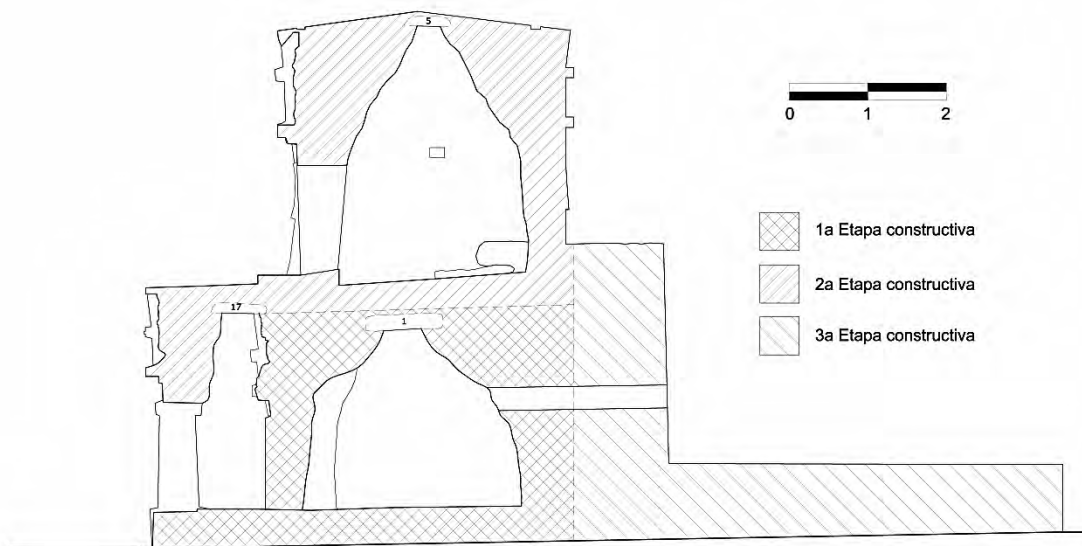


**Figura 12.** Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. Planta arquitectónica que presenta las tres etapas constructivas en el edificio. Dibujo R. Magdaleno 2018 basado en Lothrop 1924, Marquina 1951, y en el levantamiento arquitectónico llevado a cabo dentro del PMQR de 2011 a 2013.

El edificio se constituye por dos etapas constructivas coexistiendo (**figuras 12 y 13**), la primera de ellas corresponde a un edificio pequeño tipo templo desplantado sobre una plataforma baja por encima del nivel del terreno; su fachada principal da al oeste con un solo vano articulado en dos entradas por medio de un pilar central, las jambas parecen ser de una sola losa y el dintel es monolítico. La segunda etapa consistió en convertir el templo de la primera etapa en un santuario



interior edificando por sus lados norte, sur y oeste nuevas galerías o crujías abovedadas, esto dio como resultado un edificio mayor de accesos porticados por sus fachadas sur –tres accesos con pilares y dinteles de piedra- y poniente –cinco accesos con columnas y dinteles de piedra-. La azotea de este nuevo edificio funciono como nivel de desplante de un templo superior que coincide parcialmente con los ejes del primer templo o ahora santuario interior aunque el segundo es de dimensiones ligeramente mayores, de esta manera para la segunda etapa constructiva el inmueble se conformó finalmente en un edificio de dos niveles.

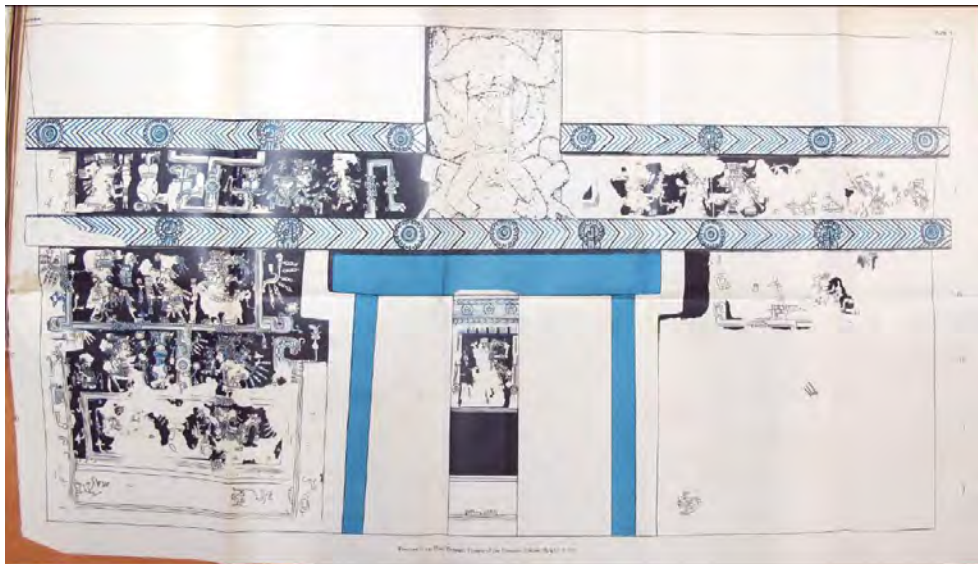


**Figura 13.** Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. Corte transversal que presenta las etapas constructivas del edificio. Dibujo R. Magdaleno 2018 basado en Lothrop 1924, Marquina 1951, y en el levantamiento arquitectónico llevado a cabo dentro del PMQR de 2011 a 2013.

Actualmente el Edificio 16 conserva en mayor cantidad y mejor estado sus elementos ornamentales respecto de los otros edificios que constituyen la zona arqueológica, cuenta con elementos modelados en estuco como dos mascarones de la deidad Itzamnaaj en las esquinas suroeste y noroeste sobre el friso del primer nivel; complementan el discurso escultórico del edificio personajes modelados en estuco localizados al interior de nichos al nivel del friso –uno en el friso del santuario, tres en el friso del primer nivel y uno en el segundo nivel-, entre ellos se encuentra el personaje llamado o identificado como el Dios Descendente una de las imágenes más representativas de la región costa Oriental ( ver **figuras 5, 10 y 14**); además de la escultura, el inmueble aún conserva restos de pintura mural sobre sus muros exteriores y el más extenso y mejor conservado ejemplo de la tradición pictórica mural de la Costa Oriental al interior sobre la fachada del primer templo o Santuario Interior (**figura 15**), con un diseño a manera de código donde se pueden observar diferentes imágenes de personajes, posiblemente dioses mayas.



**Figura 14.** Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. Vista desde el suroeste. R. Magdaleno, 2011.



**Figura 15.** Reconstitución de la fachada del Santuario Interior, Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. Tomado del archivo del Peabody Museum, Harvard University, Lothrop, 1924.



## Historia de las Intervenciones

El edificio es dado a conocer por el diplomático y viajero norteamericano John Lloyd Stephens quien visita la zona en 1842 y publica sus hallazgos e ilustraciones un año después en sus *Incidencias de Viaje por Yucatán*, en este libro describe brevemente el edificio y presenta una litografía con la técnica de daguerrotipo realizada por el arquitecto inglés Frederick Catherwood, este dibujo constituye el referente gráfico más antiguo y gracias a la fidelidad de los dibujos de Catherwood es un documento histórico de primera línea acerca del estado la conservación del inmueble (**figura 16**). Stephens menciona “Las paredes del corredor estaban cubiertas en ambos lados de pinturas enmohecidas y casi borradas por la áspera frondosidad de la vegetación que reinaba en torno” (Stephens 2003:567).



**Figura 16.** Edificio 16, Tulum. Catherwood, 1942.

Para 1924 Samuel E. Lothrop publica el libro *Tulum An Archaeological Study of the East Coast of Yucatán* resultado de las tres temporadas de investigación realizadas en la región por la Carnegie Institution de Washington en 1916, 1918 y 1922 (Fernández 1945:111; Möller y Barnhart 2011:24), en ésta publicación se hace una descripción mayor de la estructura, se realizan levantamientos arquitectónicos y se hace una propuesta de sus etapas constructivas (ver figuras 12 y 13). Es Lothrop quien hace un plano detallado del sitio y sus edificios, otorgándoles la nomenclatura usada hoy en día (**figura 17**). Al Edificio 16 le llama también el Templo de los Frescos por la pintura mural que conserva describiendo algunas figuras. Para esta fecha se reporta la pérdida o colapso parcial de la bóveda de la crujía norte en el primer nivel del edificio (ver figura 33). El análisis arquitectónico de

Lothrop se ilustra con planos y fotografías que muestran la pérdida de algunos elementos y el crecimiento de la vegetación en el edificio (Lothrop 1924:91-96, fig. 71-74); también se realiza una reproducción del mural ubicado en la fachada principal del santuario interior (ver figura 15).

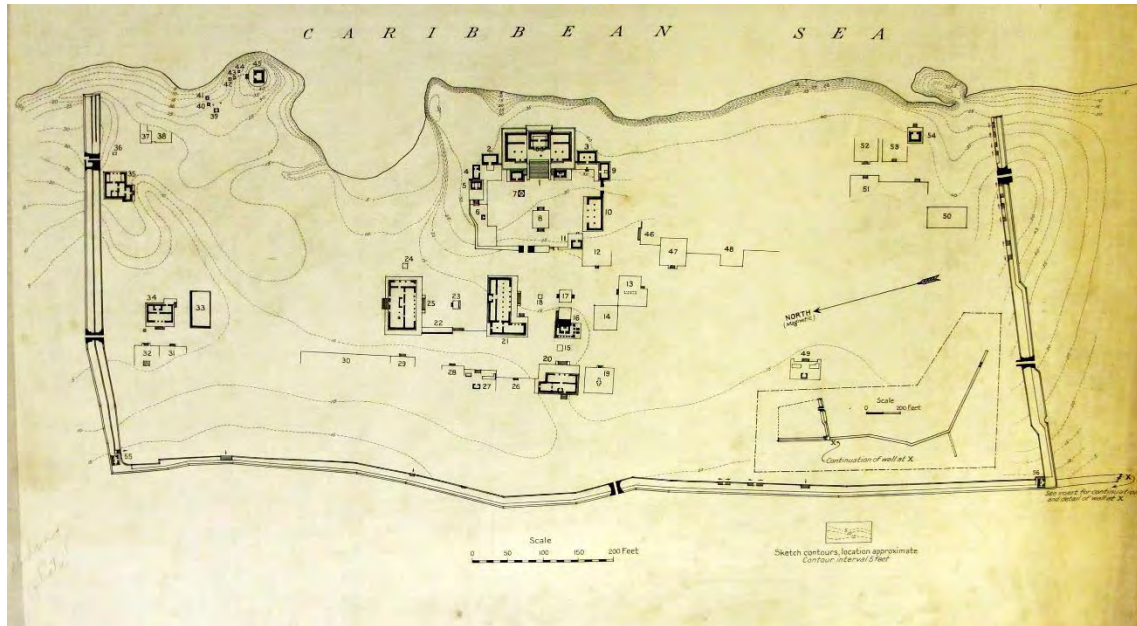


Figura 17. Plano de Tulum. Lothrop, 1924.

Aunque no es mencionado por Lothrop, Miguel Ángel Fernández cita años después que la Carnegie Institution realizó algunas intervenciones en la pintura mural, aplicándole algún tipo de barniz que él mismo tiene que retirar por opacar la pintura, presentarse agrietado y darle matices rojizos que no son originales (Fernández 1945:113-114).

Es Miguel Ángel Fernández quien comisionado por la Expedición Científica Mexicana inicia trabajos de investigación arqueológica y conservación de 1937 a 1940 en todo el sitio; durante la temporada de trabajos de 1938 Fernández realiza importantes trabajos de conservación, consolidación y reconstrucción enfocándose principalmente a la conservación de la pintura mural directa o indirectamente. Los principales trabajos consisten en reconstruir la bóveda de la galería norte en el primer nivel, así como limpiar y realizar un nuevo piso de concreto en la terraza del segundo nivel por los lados norte, oeste y sur; reconstruye parcialmente y consolida el muro de contención localizado sobre el primer nivel en la fachada este del edificio y realiza una anastilosis del mascarón modelado en estuco perteneciente a la esquina noroeste del primer nivel cuyos fragmentos encontró caídos al pie del edificio entre el escombros del colapso de la esquina. Colocó lajas encima de los tres nichos de la fachada principal en el primer nivel ya que estos habían perdido su sección superior. Intervino la pintura mural limpiando los barnices colocados por la Carnegie y reintegró elementos pictóricos donde era posible identificar la forma de los elementos faltantes. Finalmente limpió todo el perímetro del edificio de escombros e identifica los restos de la escalinata de acceso al segundo nivel del edificio como una escalera exenta en la fachada sur anclada estructuralmente al nivel del friso del primer nivel (Fernández 1945:111-112) (figura 18).





**Figura 18.** Edificio 16 después de los trabajos de M. A. Fernández, 1945.

Después de los importantes trabajos realizados por M. A. Fernández, se desarrollarán diversos proyectos en la zona arqueológica de Tulum con muy diversos objetivos sin concentrarse específicamente en el Edificio 16; en los proyectos que destacan son:

- 1951, Ignacio Marquina, análisis arquitectónico del edificio y levantamientos
- 1970, Arthur G. Miller, investigación sobre la pintura mural regional y estudio particular en la pintura del Edificio 16, con ilustraciones de Felipe Dávalos G.
- Ca. 1980, se realizan trabajos importantes de mantenimiento, principalmente en la azotea del Templo Superior.
- Ca. 1990, varias temporadas de restauración y mantenimiento por parte de la Escuela Nacional de Restauración, Conservación y Museografía (ENCRYM) del INAH.
- 1994, trabajos de mantenimiento dirigidos por el arqlgo. Mario Córdova.
- 2007, Proyecto arqueológico Tulum-Tancah dirigido por el arqlgo. Alejandro Martínez Muriel y la conservación e intervención de la pintura mural bajo la dirección de la rest. Mónica López-Portillo del Centro INAH Quintana Roo hasta el 2012.

A partir del año 2011 se implementa el programa nacional de conservación de la pintura mural del cual se desprende el Proyecto de Conservación, Restauración e Investigación de la Pintura Mural de la Costa Oriental de Quintana Roo (PMQR) por parte de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) del INAH, al que pertenece el Subproyecto de Conservación,

Restauración e Investigación Arquitectónica; la información que se presenta a continuación es producto de seis temporadas de campo y de diversas líneas de investigación inter, multi y transdisciplinaria.

### Diagnóstico de conservación

Se realizó un diagnóstico preliminar en la primera temporada de 2011 y en base en este se ha ido generando un diagnóstico mayor, más específico, detallado y especializado a través de los levantamientos arquitectónicos, monitoreo estructural y del levantamiento de deterioros específico en el edificio. Las siguientes líneas son una síntesis del diagnóstico de deterioro que se ha realizado a los largo de seis temporadas de campo y que ha obtenidos muchos datos que se han ido actualizando, complementando, clasificando, analizando, interpretado y reinterpretado.

El Edificio 16 de Tulum es uno de los inmuebles de mayor complejidad en su conservación. Como ya fue apuntado, parece que el agua es el principal agente de deterioro, sumando a este agente problemas estructurales de aparente naturaleza intrínseca a la construcción del edificio y sus materiales constitutivos.



**Figura 19.** Detalle del remate superior en la fachada del Santuario Interior y las tapas de bóveda, obsérvese la separación del aplanado entre ambos elementos. R. Magdaleno, 2016.

Las grietas se extienden por los elementos arquitectónicos del edificio como la plataforma de desplante, los muros, jambas, dinteles, frisos, bóvedas, tapas de bóvedas, terraza y azotea; muchas de las grietas fracturan por toda su sección al elemento arquitectónico. Éstas parecen corresponder a un comportamiento mecánico-estructural iniciado con la construcción del segundo nivel o el templo superior, pues los mismos mayas construyeron un muro de contención sobre la fachada posterior u oriente a manera de refuerzo (ver figuras 12 y 13). Al interior de la crujía poniente, en el primer nivel, en el friso del santuario interior, se puede observar una dislocación o separación del aplanado en la sección superior donde éste se une con las tapas de bóveda, parece corresponder a un desplazamiento de toda la sección hacia el poniente (**figura 19**). Es posible que el peso del templo superior sea el origen causante de estos asentamientos pero también es probable que el problema estructural sea un reflejo de resistencia o estabilidad del subsuelo.

A la fecha no se han realizado excavaciones arqueológicas en el perímetro del edificio, por lo tanto, se desconoce la profundidad a la que se encuentra la roca madre; el volumen, tipo de material y manufactura en general de los rellenos



antrópicos previos a la edificación o correspondientes a fases constructivas previas; por otro lado puede deberse a fallas geológicas o tectónicas del subsuelo –grietas, cavidades, corrientes de agua, fracturas, etc.- las que pueden estar provocando hundimiento e inestabilidad estructural en el edificio.

La mayoría de las grietas se observan al interior del inmueble, principalmente en los intradós de las bóvedas, y como se ha mencionado, las grietas corren sobre los paramentos de los muros o se interrumpen en los vanos, aunque en cuatro dinteles la grieta genera una fractura completa en toda su sección resultando con ello una falla estructural, pues los dinteles ya no trabajan como elemento de soporte y existe el riesgo de colapso parcial o total de los dinteles y lo que se soporta encima de ellos –bóveda, friso, elementos ornamentales, etc.,-(**figura 20**). Así como ocurre en las grietas sobre los dinteles, algunas grietas muy claras del interior tienen un reflejo al exterior con la presencia de una fisura o una grieta que representan también la fractura de todo el elemento arquitectónico. La mayor cantidad de grietas presentes en el inmueble se localizan sobre el muro e intradós oeste de la crujía oeste en el primer nivel del edificio, pero también se presentan en las crujías norte y sur así también en el Templo Superior. Como particularidad, la aparente ausencia de grietas en el santuario interior posiblemente corresponda a que las cargas ejercidas en éste únicamente sean gravitatorias sin empujes laterales.



**Figura 20.** Detalle de la fractura del dintel 2 (ver planta arquitectónica en la figura 12), Edificio 16, Tulum. R. Magdaleno, 2011.

El templo superior presenta tres áreas específicas de grietas, las dos primeras se localizan en el extremo oriente de sus fachadas norte y sur, las grietas describen una ligera diagonal que va del extremo superior oeste al extremo inferior este, por lo que se estima se originan por asentamiento o hundimiento hacia el poniente del edificio (**figura 21**). La tercera área de grietas se localiza al centro de la fachada oeste, dos grietas flanquean el nicho en la sección central del friso, la grieta sur solo se localiza al nivel del friso, mientras que la grieta norte inicia en el nicho del friso, fractura al dintel en su sección norte y corre por la junta entre el muro y la jamba extendiéndose una ramificación por la parte media de la superficie de la jamba cortándola en toda su sección de modo horizontal y generándose un ligero desplazamiento del bloque o losa de la base de la jamba norte (**figura 22**); algo muy importante es que al interior del templo en el intradós de la bóveda poniente por encima del vano fue inyectada una grieta con cemento junto con otras grietas localizadas en las esquinas

noreste y sureste que van de piso a techo. Como en otros casos de la región, la inyección de grietas con cementos modernos sin resolver el problema estructural del inmueble de raíz parece generar nuevas grietas y nuevos problemas de estabilidad por la diferencia de resistencia mecánica entre los materiales –cal vs cemento–.



**Figura 21.** Templo superior, fachada sur, Edificio 16, Tulum. En la imagen se resalta la grieta que va del nivel de la azotea a la base del Templo Superior. R. Magdaleno, 2012.

El Edificio 16 también presenta una compleja filtración de agua pluvial al interior del edificio, adicional a la humedad ambiental y la brisa marina. Pero se observó que durante una precipitación pluvial prácticamente llueve por igual al interior de las crujías norte y sur del primer nivel. No se trata de goteras, sino de filtración por los núcleos de bóvedas y muros provocando con ello primeramente una humedad nucleada, procesos de disgregación de morteros y de las matrices de la caliza empleada en la mampostería, presencia de

microorganismos y principalmente incremento de carga en el edificio. En las áreas humectadas pero con procesos de evaporación por insolación o aireación se producen otros efectos como la eflorescencia de sales, exfoliación a manera de escamas en la superficie de aplanados con o sin pintura y velos cristalinos sobre aplanados y la pintura mural.

Finalmente, la diversidad de la fauna también genera diversos procesos de deterioro en todos los edificios de la región, en el caso del Edificio 16 se encuentran año tras año diversos nidos de insectos, muchos de ellos perforan aplanados, juntas o la misma piedra; también inciden en el inmueble golondrinas que forman sus nidos y una importante familia de iguanas, los desechos de ambos mancha y alteran visual y físicamente (disgregación a largo plazo a causa de los ácidos de los desechos) la superficie de cualquier elemento constitutivo del edificio, y en el caso de las iguanas sus garras raspan los aplanados al momento de trepar por cualquier parte del edificio sumando a ello el incremento de las dimensiones de las oquedades donde se alojan.

En resumen, los principales agentes de deterioro del Edificio 16 de Tulum son:

- 1) Filtración de la precipitación pluvial al interior del edificio, disgregando materiales e incrementando sus cargas.
- 2) Inestabilidad estructural que se refleja en forma de grietas que han fracturado algunos de sus principales elementos estructurales, aparentemente provocada por hundimiento diferencial.





**Figura 22.** Fachada frontal o poniente, Templo Superior, Edificio 16, Tulum. En la imagen de la izquierda se resalta la grieta que se origina en el remate de azotea, pasando por la moldura superior, friso, moldura media y corre su trayectoria entre la jamba hasta llegar a la plataforma. En la imagen de la derecha se tiene una vista desde el suroeste con el detalle de la jamba y el vano de acceso, donde se destaca la ramificación de la grieta fracturando la jamba. R. Magdaleno, 2012.

## Registro arquitectónico

Para poder evaluar, conocer y cuantificar un inmueble y su estado de conservación lo primero que debe realizarse es un registro completo y exhaustivo del mismo. El registro corresponde a dos etapas o procesos relacionados y complementarios, llevados a cabo al mismo tiempo, el primero corresponde a la investigación documental y el segundo al registro y levantamiento en campo. Ambos procesos nos permiten recabar información histórica y presente, compararla, analizarla y al obtener los mayores datos del edificio evaluar y proyectar las mejores alternativas de intervención o restauración.

La investigación histórica y documental se ha enfocado en la recopilación de bibliografías referentes a diversos proyectos de investigación e intervención en la región y en el edificio, de las cuales se ha recuperado principalmente descripciones y levantamientos del inmueble, así como datos sobre su estado de conservación y de trabajos de prospección, arqueología e intervenciones. Las fuentes de información consultadas en general va desde las publicaciones, informes de arqueología y restauración, así como entrevistas con diversos profesionistas<sup>3</sup> relacionados con el edificio o el sitio,

---

<sup>3</sup> Las entrevistas se han realizado principalmente con la Arqlga. Adriana Velázquez Morlet, Directora del Centro INAH Quintana Roo; los arqueólogos Luis Leyra y Enrique Terrones actuales responsables de los sitios

de los que se han obtenido diversos datos que permiten comprender de mejor manera el proceso histórico del inmueble.

Por su parte el levantamiento arquitectónico actual nos acerca de mejor manera a las características del edificio, al análisis de cada uno de sus elementos arquitectónicos, sus materiales y técnicas constructivas, las fases arquitectónicas de su construcción y a los problemas de conservación del edificio como unidad.

A continuación expondremos algunos de los datos en la investigación documental más relevantes así como su análisis, que en gran medida son una de las justificaciones que sustentan la necesidad de haber realizado un nuevo levantamiento del inmueble, así también describiremos la metodología y las nuevas tecnologías empleadas en este proceso.

El primer levantamiento, como se ha mencionado líneas arriba, es el publicado en *Incidents of travel in Yucatán* de John L. Stephens realizado por el arquitecto Frederick Catherwood. La litografía es de la fachada principal u oeste, presenta el estado de conservación del edificio con la pérdida, los elementos escultóricos que lo integran y la densa vegetación que lo invade con la subsecuente destrucción de la terraza del segundo nivel, la superficie de la azotea así como el colapso de la escalera originalmente localizada en la fachada sur. Aunque la litografía esta proporcionada y presenta figuras humanas como referencia de escala carece de acotaciones (ver figura 16).



**Figura 23.** Edificio 16, vista frontal, Lothrop, 1924. Tomado del archivo del *Peabody Museum*, de la Universidad de Harvard.

---

en la región norte de Quintana Roo, así también con la Rest. Mónica López Portillo, responsable de la conservación y mantenimiento de los sitios en el norte de Quintana Roo; todos ellos adscritos al Centro INAH Quintana Roo; entre otros.

El segundo registro y reporte es el publicado por Samuel Lothrop en *Tulum An Archaeological Study of the East Coast of Yucatán*; se destaca en su publicación la descripción del inmueble y el registro fotográfico donde se observan muchos detalles de conservación como el colapso parcial de la bóveda en la crujía norte del primer nivel, la existencia de dos troncos de árbol sobre en la terraza sur del segundo nivel y cuyas raíces parecen ser las responsables del colapso de la escalera quedando expuesto el núcleo de la bóveda (**figuras 23 y 24**), en las fotografías se puede observar el estado de conservación de los elementos escultóricos y se verifican las pérdidas parciales de escultura y componentes arquitectónicos ya observados en la litografía de Catherwood.

Lothrop realiza levantamientos arquitectónicos y publica la planta, la fachada principal y un corte transversal, aunque acompaña los dibujos con una escala gráfica y en su documento nos da algunas medidas el levantamiento es muy regular en el trazo del dibujo sin representar las deformaciones reales en muros o los ángulos de las esquinas interiores y exteriores pues en los planos todos son rectos. Así también las secciones o espesores de muros no son los reales pues en el gráfico todos son muy regulares y están alineados a ejes ortogonales (aunque los ejes no fueron dibujados) (**figuras 25 y 26**).

Por otro lado, la fachada también se representa muy regular en su trazo al igual que la planta, pero muestra de una manera muy clara todos los elementos arquitectónicos compositivos del inmueble, incluyendo taludes o los muros desplomados característicos de la arquitectura en la región, este levantamiento carece de integrar los elementos escultóricos pero reconstituye la escalera de acceso al segundo nivel sobre la fachada sur siguiendo los testigos que se observan en las fotografías.

El corte transversal de Lothrop, igual de regular en su representación como los otros dos planos, nos permite observar la conformación del edificio complementando la información de la planta arquitectónica, principalmente en la propuesta de las cinco etapas constructivas que propone el autor. Se realiza un registro exhaustivo de los murales del inmueble a través de calcas.



**Figura 24.** Edificio 16, vista lateral sur; en la imagen se destaca la presencia de dos troncos de árbol cuyas raíces penetraron el núcleo del friso en donde se anclaba la escalinata cuyos restos se localizan en la base del edificio, nótese los escombros y la escala humana. Lothrop, 1924. Tomado del archivo del *Peabody Museum*, de la Universidad de Harvard.

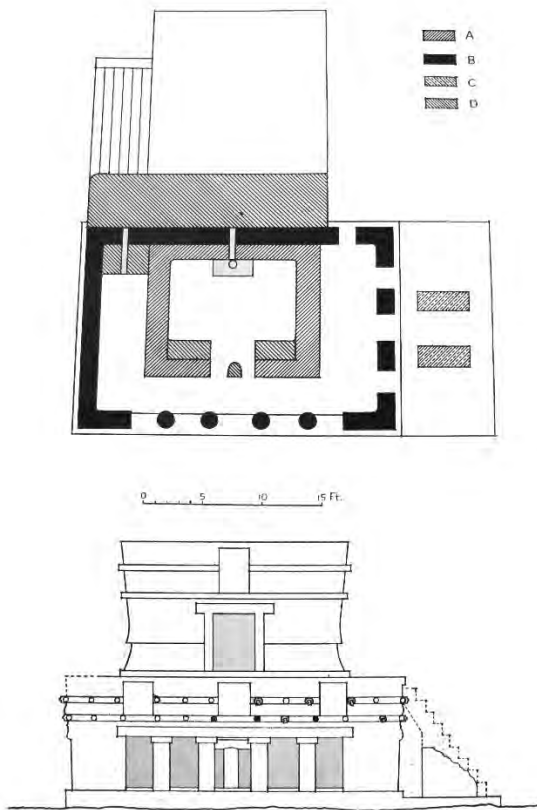


FIG. 70.—Ground-plan and elevation, Temple of the Frescoes, Tulum.

**Figura 25.** Edificio 16, planta y alzado de la fachada oeste o principal. Lothrop, 1924.

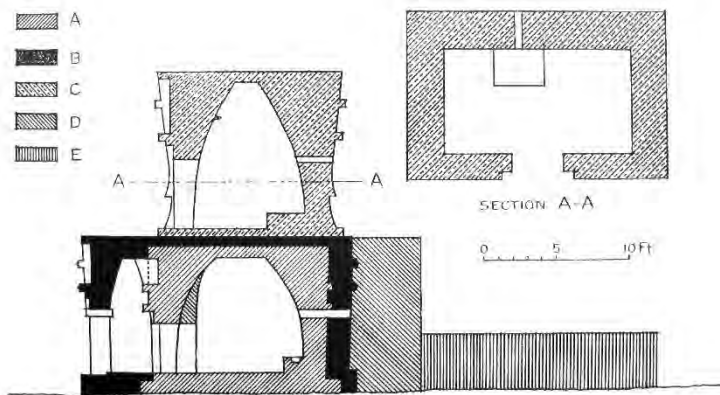


FIG. 71.—Cross-section, Temple of the Frescoes, Tulum.

**Figura 26.** Edificio 16, corte y planta del templo superior. Lothrop, 1924.

Tanto Stephens como Lothrop en las descripciones que hacen del edificio no mencionan la fractura de los dinteles o alguna nota importante de riesgo de colapso de algún elemento arquitectónico o alguna parte del inmueble, por lo que debemos o podríamos suponer que aún no se presentaban.

De 1937 a 1940 el arqueólogo mexicano Miguel A. Fernández realiza varios trabajos de intervención ya mencionados en este documento; no publica planos y las fotografías muestran un antes y después de los trabajos realizados y descritos en sus publicaciones dentro de los Anales del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnología.

Pasarán poco más de cuarenta años hasta encontrar otros registros del Edificio 16, Arthur G. Miller publica en 1982 , *On the edge of the sea, mural painting of Tancah-Tulum, Quintana Roo, México*. El objeto de estudio es principalmente la pintura mural por lo que la publicación remite a fotografías y dibujos de los murales, así como las réplicas o los registros de la pintura realizados por Lothrop y Fernández anteriormente. En el documento se publican plantas arquitectónicas acompañadas por escalas gráficas y norte pero son inexactas en algunas de sus dimensiones, principalmente de los muros, aunque es más apegada a la realidad que la planta realizada por Lothrop, diferencia que se observa en las esquinas interiores del edificio; en la obra de Miller el objetivo de la planta arquitectónica es la localización de los murales por lo que no era necesario contar con más detalles o precisión (**figura 27**). En ésta publicación también se agrega una perspectiva que

por escalas gráficas y norte pero son inexactas en algunas de sus dimensiones, principalmente de los muros, aunque es más apegada a la realidad que la planta realizada por Lothrop, diferencia que se observa en las esquinas interiores del edificio; en la obra de Miller el objetivo de la planta arquitectónica es la localización de los murales por lo que no era necesario contar con más detalles o precisión (**figura 27**). En ésta publicación también se agrega una perspectiva que

muestra la posición del Santuario Interior y la conformación general del edificio así como la localización de la Pintura Mural.

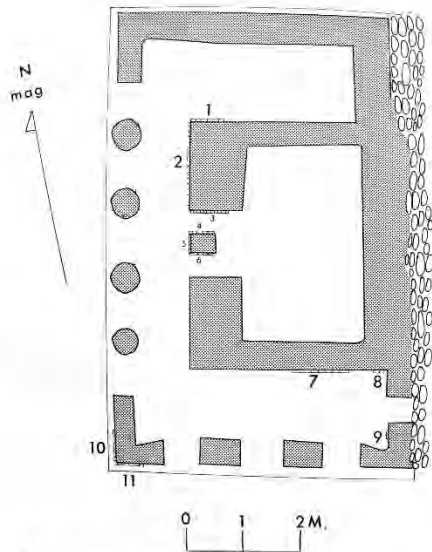


Fig. 91 Plan of Tulum Str. 16 showing the locations of the murals (Pls. 31-40, Figs. 93, 94).

Figura 27. Edificio 16, planta. Miller, 1982.

parecen originarse de calcas o dibujos basados en fotografías más que derivarse de un levantamiento arquitectónico *in situ* (figura 28).

En resumen, los levantamientos arquitectónicos existentes aunque presentan muchas características importantes como elementos perdidos, formas exactas de los elementos o componentes arquitectónicos, y principalmente son un registro de un momento histórico específico en la historia de los estudios realizados al inmueble, lamentablemente carecen de exactitud, pues no representan el estado real del inmueble, es por tal motivo que en el proyecto nos dimos a la tarea de realizar un levantamiento arquitectónico nuevo con tres objetivos de resultados:

1. Levantamiento arquitectónico ideal. Éste tendrá como objetivo representar al edificio con formas regulares y suprime las deformaciones moderadas del edificio, la intención o finalidad es solo mostrar e identificar todos los elementos arquitectónicos compositivos del inmueble.

Para 1990 la Escuela Nacional de Conservación Restauración y Museografía del INAH llevo a cabo un proyecto de conservación dirigido por el Arqlgo. Luciano Cedillo Álvarez. Para este proyecto se elaboraron levantamientos arquitectónicos de las cuatro fachadas del inmueble, registrando elementos escultóricos y las áreas de mampostería que han quedado expuestas por pérdida de aplanados. El levantamiento carece también de exactitud ya que los sillares representados no son reales, los paramentos del inmueble presentan inclinaciones mayores a las existentes y se evidencia una pérdida de escala y/o desproporción de muchos de los elementos arquitectónicos y escultóricos representados –nichos, molduras, mascarones modelados en estuco, entre otros-. El proyecto no realizó una planta arquitectónica y en el informe incluyen la planta de Miller de 1982, esto podría ser el origen de las deficiencias del levantamiento de las fachadas aunque estas

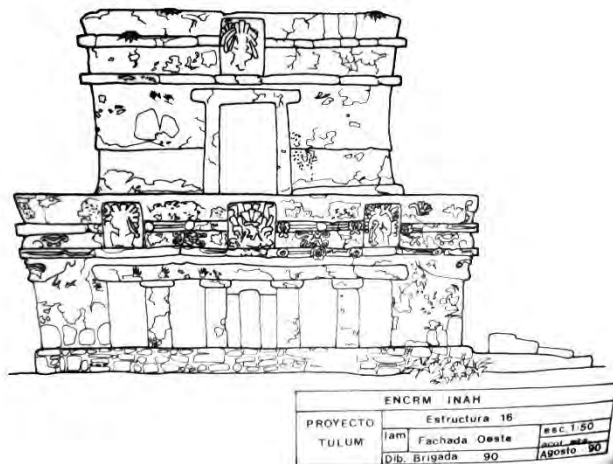


Figura 28. Edificio 16, alzado de la fachada principal, obsérvese el prominente desplome de la esquina izquierda del dibujo en el primer nivel. ENCRYM, 1990.

2. Levantamiento arquitectónico real. Presenta o se representan todas las deformaciones reales que tiene el edificio, las pérdidas o ausencias de sus elementos arquitectónicos, y la integración de sus ornamentos escultóricos.
3. Levantamiento de fábricas. Sobre el levantamiento de estado real se representan los materiales constitutivos o constructivos del inmueble, mampostería, aplanados, esculturas, etc., y tendrá como función principal identificar los materiales originales, los materiales nuevos producto de intervenciones modernas y poder relacionar todo ello con el estado de conservación y los problemas de deterioro presentes.

Aunque existen hoy día diversas técnicas y tecnologías disponibles para desarrollar o realizar un registro arquitectónico, durante las primeras temporadas no se tuvieron los recursos o accesos para implementar estas nuevas tecnologías, por lo tanto, el levantamiento se realizó con instrumentos mecánicos de medición tradicional –cintas, plomadas, reventones, brújulas, etc.-, manejándose un margen de error de dos centímetros como máximo reflejado en los dibujos.

La toma de datos se realizó sobre hojas de papel bond en tablas de campo, previa realización del croquis general o de detalle de los elementos arquitectónicos a registrar.

La metodología del levantamiento consistió en la colocación de etiquetas marcadas con cruces a manera de dianas que eran colocadas en cada vértice o arista, esto con la finalidad de tener un punto fijo inamovible de referencia para la obtención de cada medida y principalmente para la triangulación de puntos. Con las etiquetas colocadas se fue realizando el levantamiento arquitectónico con cinta métrica y/o flexómetros a cinta corrida determinando siempre el cero o inicio de la cinta en el extremo izquierdo del croquis donde se registraban las mediciones.

Cada esquina del edificio, tanto al interior como al exterior se ubicó por triangulación, y la dirección de los paramentos se cotejó con brújula. Para referir los elementos localizados en un plano elevado –dinteles, capiteles, tapas de bóveda- se emplearon plomadas para determinar su posición al nivel de la planta y este punto marcado por la plomada se triangula y se localiza en el dibujo de la planta.

Para la realización de las plantas arquitectónicas del estado actual o de deformaciones se midieron las longitudes de cada paramento con cinta, pero al no existir ningún muro completamente recto –ya sea por manufactura o por pérdida de aplanados-, en todos los casos se colocó un reventón de esquina a esquina o de etiqueta a etiqueta; si la superficie del muro no permite que el reventón este libre y describa una línea recta, éste se separaba de las esquinas de 5 a 10 cm según se requiriese, el objetivo es que el hilo del reventón forme una paralela al muro, se colocaba a la par una cinta y posteriormente se registraba la distancia del reventón al muro cada 5 o 10 cm, o donde se requiriera hacer un registro –aristas, remetimientos, etc.-, para así obtener los puntos de la deformación.

En los levantamientos de fachadas y cortes se tomaban las medidas registrando la altura y dimensiones de los elementos arquitectónicos y se empleaban plomadas funcionando de la misma manera que los reventones en los levantamientos horizontales, la plomada se separaba ligeramente del paño de la superficie a medir, se colocaba una cinta paralela a la plomada, se fijaba el punto de ubicación de la plomada por triangulación en la planta y finalmente se registraba el perfil del muro o del intradós de las bóvedas registrando la distancia del perfil arquitectónico a la plomada, tomando puntos a cada 5 o 10 cm o en donde se requiriera.

Obtenidas las medidas se pasaba del croquis a un dibujo realizado en AutoCAD®, al ir generando el dibujo se verificaban todas las medidas y las ubicaciones de puntos –vértices y aristas- y cuando existía una falla mayor a los dos centímetros en el dibujo se volvía a realizar el levantamiento in situ. Esto es muy importante, ya que se generó una retroalimentación de datos obtenidos en campo, revisados y dibujados en gabinete, y cotejados nuevamente en el edificio.

Para el levantamiento de niveles de piso se definió un banco de nivel, un punto fijo sin riesgo de cambio o pérdida; como banco se designó la esquina suroeste del edificio en la superficie de la plataforma de desplante, dado que al nivel de piso tenemos pasto y una capa vegetal que nos podría generar error en la medición de referencia, por lo tanto la esquina seleccionada está conformada por un sillar sin recubrimiento, lo que evita a futuro alguna variable del banco.

Los niveles fueron realizados con manguera, y tomando un metro de altura sobre el banco de nivel, los puntos o niveles tomados o levantados tanto al exterior e interior del edificio se refirieron con un estadal o directamente sobre un muro. Así también cuando fue necesario se transportó el nivel del banco hacia un punto fijo sobre muro cuando la longitud de la manguera no permitió llegar al punto necesario de registro.

El resultado final son tres juegos de levantamientos, los que designamos arquitectónicos ideales, arquitectónicos reales y de fábricas. Recientemente pudimos contar con un escáner laser con el que se escaneo todo el inmueble, los datos y nubes de puntos obtenidas aún están procesándose pero de manera preliminar se ha podido cotejar que el levantamiento realizado de manera tradicional no tuvo errores.

Para la realización de los planos de fábricas se realizó un levantamiento fotográfico exhaustivo de todo el edificio, que van de las tomas generales a los detalles y la realización de líneas fotográficas para generar larguillos. Todas las fotografías se realizaron a distancias y alturas controladas para lograr un plano frontal de toma en cada una de ellas con respecto al objeto y evitar lo más posible la deformación de la imagen; aún y con ello para la realización de los larguillos se editaban las imágenes cortando sus extremos.

Con las imágenes editadas se unen las fotografías encontrando los sectores de empalme entre una y otra y donde fuera necesario se realizaba un ajuste de escala o tamaño de la fotografía. Para facilitar y guiar los larguillos fotográficos se colocaba una cinta métrica *in situ* que sirve de escala y eje para las tomas y las mismas imágenes en el armado de los larguillos.

Cada larguillo terminado se transporta al programa AutoCAD® y se dibuja directamente sobre éste para registrar los materiales constitutivos del edificio, principalmente en la generación de las fachadas y las plantas arquitectónicas.

Con base a los planos arquitectónicos y con un diseño de fichas técnicas para el registro de deterioros se realizaba el levantamiento *in situ*, la ficha presenta en la parte superior todos los datos referentes al edificio, empezando por el sitio, nombre del inmueble y se registran los datos específicos del área a registrar, friso, bóveda, muro, columna, etc.; así como la localización del elemento o detalle arquitectónico dentro del inmueble. En el margen izquierdo de la ficha de despliega una columna con el listado de los agentes y procesos de deterioro más comunes identificados en la región y ocupando el resto del espacio en la ficha la imagen del elemento arquitectónico obtenida en los levantamientos.

Sobre la ficha de registro de deterioros se coloca un acetato y con un código de colores y achurados se va realizando el registro, se emplearon de uno a cuatro acetatos para registrar el total de problema de deterioro que presenta el objeto arquitectónico. Cada acetato se utiliza para registrar de uno a cuatro agentes o procesos de deterioro, con el objetivo de no empalmar en una sola ficha de registro todos los datos obtenidos; la suma final de deterioros lo encontraremos al momento de colocar todos los acetatos juntos.

El levantamiento de deterioros se complementa con un levantamiento fotográfico de los agentes y procesos de deterioro acompañado por un registro escrito de cada uno de ellos con la ubicación de los mismos. Estos procesos de registro de deterioros son complementarios y las tres fuentes de información permiten obtener una visión global del problema. Todos los datos se suman y llevan a un proceso de estudio y análisis que permitirá generar el proyecto de restauración integral del edificio.

A continuación se presentan algunos de los planos resultado del proyecto.





Instituto Nacional de Antropología e Historia

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

### Proyecto de Conservación. Pintura Mural de la Zona Arqueológica de Tulum.

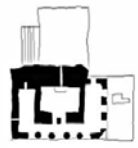
NORTE :



TULUM

### Tulum. Edificio 16

PLANO DE REFERENCIA:



### EDIFICIO 16, TULUM

Primer Nivel

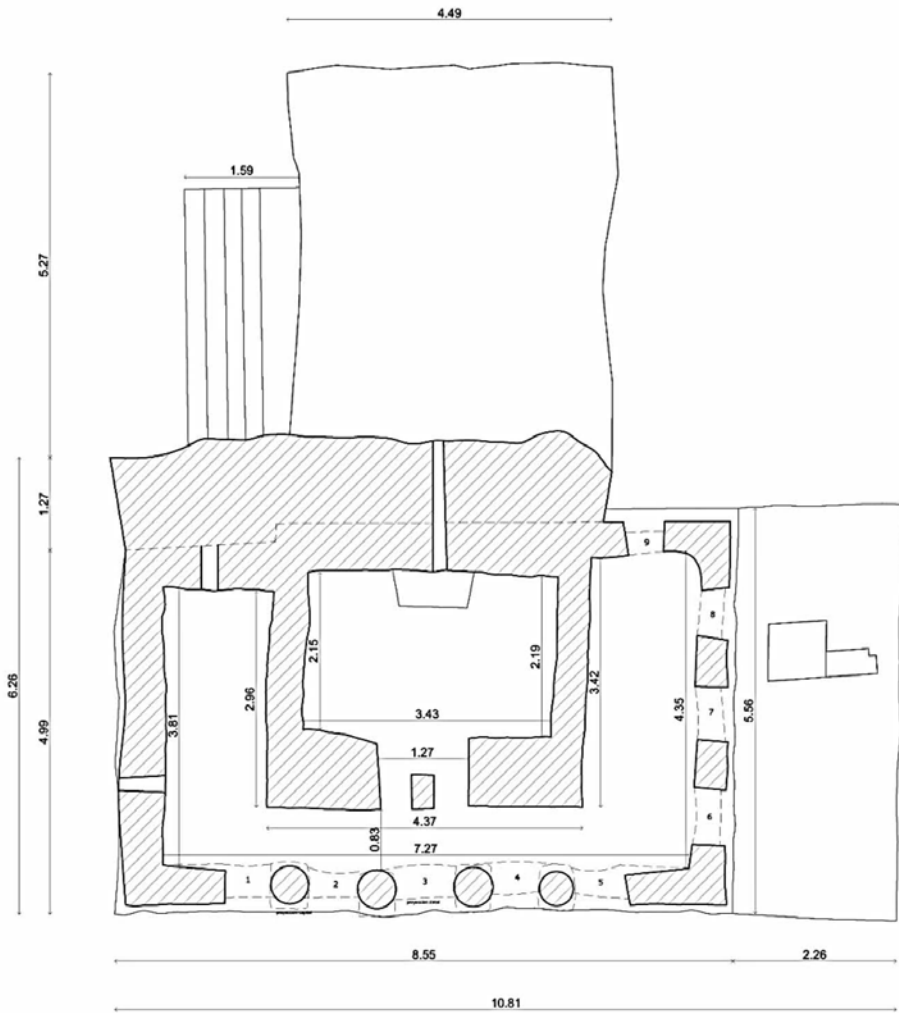
ESCA: 1 : 75

CLAVE DE PLANO

# ARQ.01

Roberto Magalano Olmos

FECHA: MAYO 2014

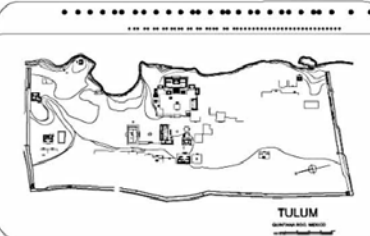




Instituto Nacional de Antropología e Historia

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

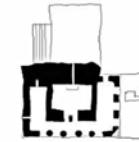
### Proyecto de Conservación. Pintura Mural de la Zona Arqueológica de Tulum.



TULUM

### Tulum. Edificio 16

PLANO DE REFERENCIA:



### EDIFICIO 16, TULUM

Primer Nivel

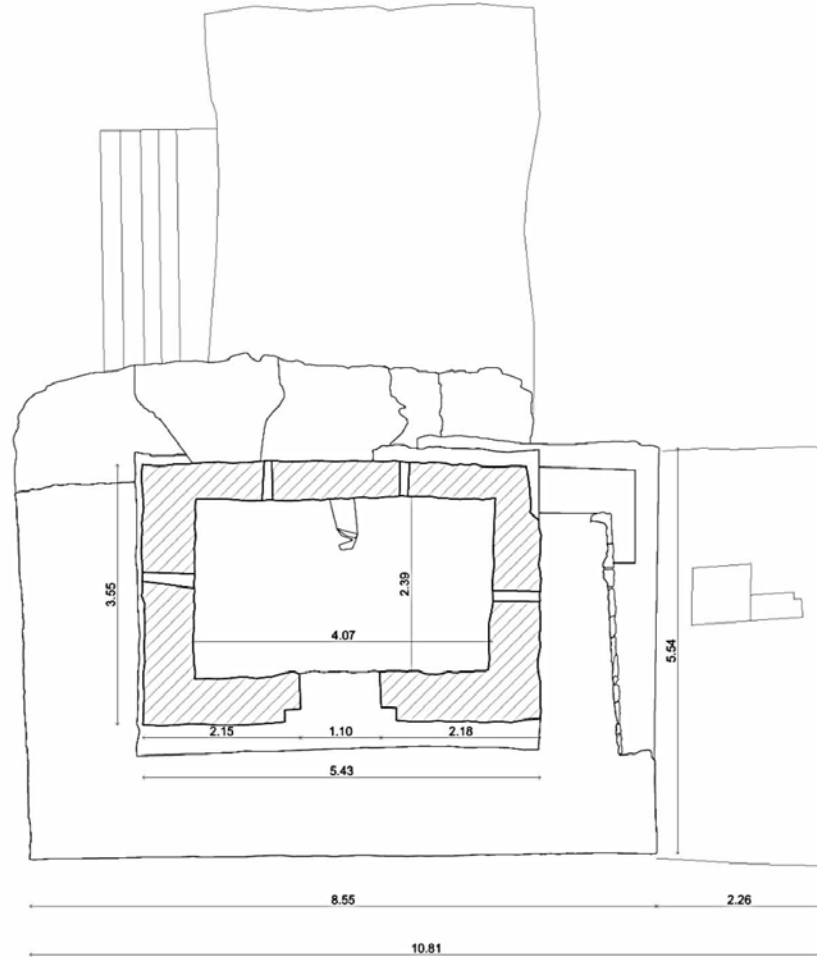
ESCALA:  
METROS 1 : 75

CLAVE DE PLANO

ARQ.02

Roberto Magdaleno Olmos

FECHA: MAYO 2014





Instituto Nacional de Antropología e Historia

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

### Proyecto de Conservación. Pintura Mural de la Zona Arqueológica de Tulum.

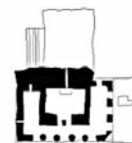
NORTE :



TULUM  
QUINTANA ROO, MEXICO

### Tulum. Edificio 16

PLANO DE REFERENCIA:



### EDIFICIO 16, TULUM Corte Transversal Norte-Sur

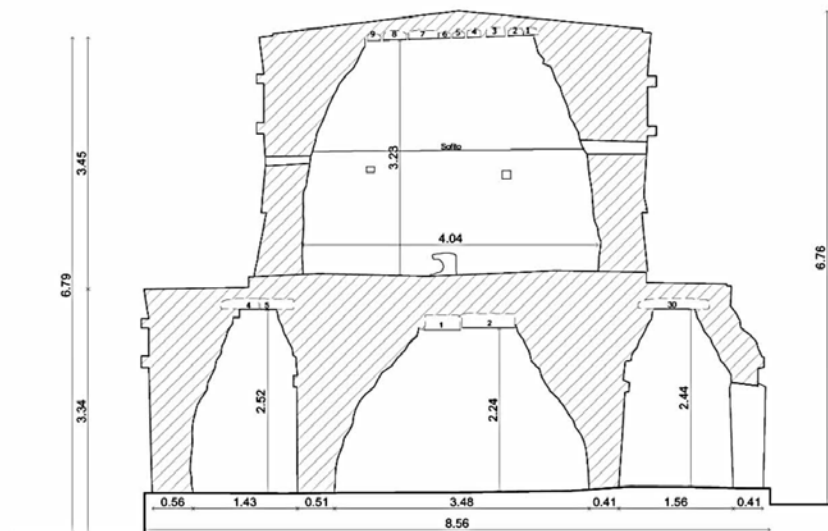
ESCALA:  
METROS 1 : 75

CLAVE DE PLANO

ARQ.03

Roberto Magaleno Olmos

FECHA: MAYO 2014





Instituto Nacional de Antropología e Historia

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

### Proyecto de Conservación. Pintura Mural de la Zona Arqueológica de Tulum.

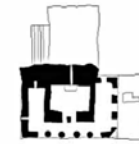
NORTE :



TULUM

### Tulum. Edificio 16

PLANO DE REFERENCIA:



### EDIFICIO 16, TULUM Corte Longitudinal Oeste-Este

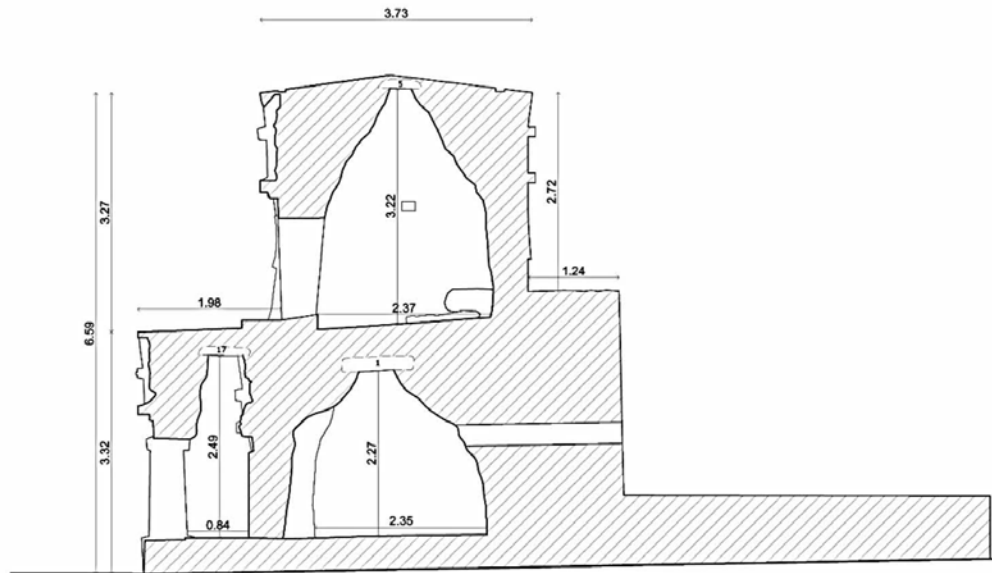
ESCALA:  
METROS 1 : 75

CLAVE DE PLANO

ARQ.04

Roberto Magalán Ojeda

FECHA: MAYO 2014





Instituto Nacional de Antropología e Historia

Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

### Proyecto de Conservación. Pintura Mural de la Zona Arqueológica de Tulum.

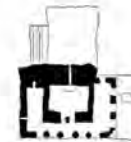
NORTE :



TULUM

#### Tulum. Edificio 16

PLANO DE REFERENCIA:



#### EDIFICIO 16, TULUM Fachada Principal o Poniente

ESCALA:

METROS 1 : 75

CLAVE DE PLANO

ARQ.05

FECHA:

MAYO 2014

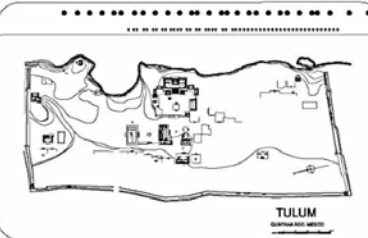
Elaboró: Magdaleno Olivares



Instituto Nacional de Antropología e Historia

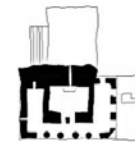
Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

### Proyecto de Conservación. Pintura Mural de la Zona Arqueológica de Tulum.



### Tulum. Edificio 16

PLANO DE REFERENCIA:



### EDIFICIO 16, TULUM Fachada Lateral Sur

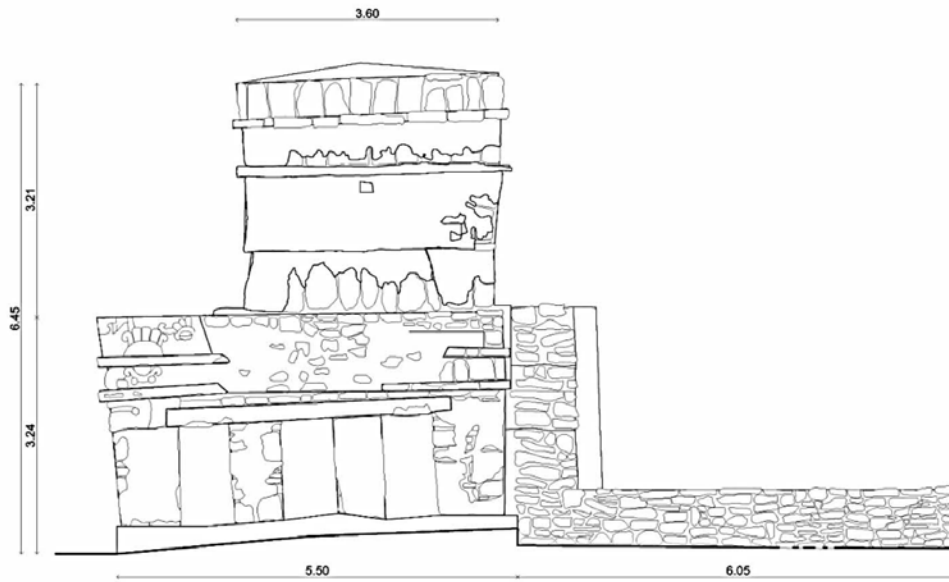
ESCALA:  
METROS 1:75

CLAVE DE PLANO

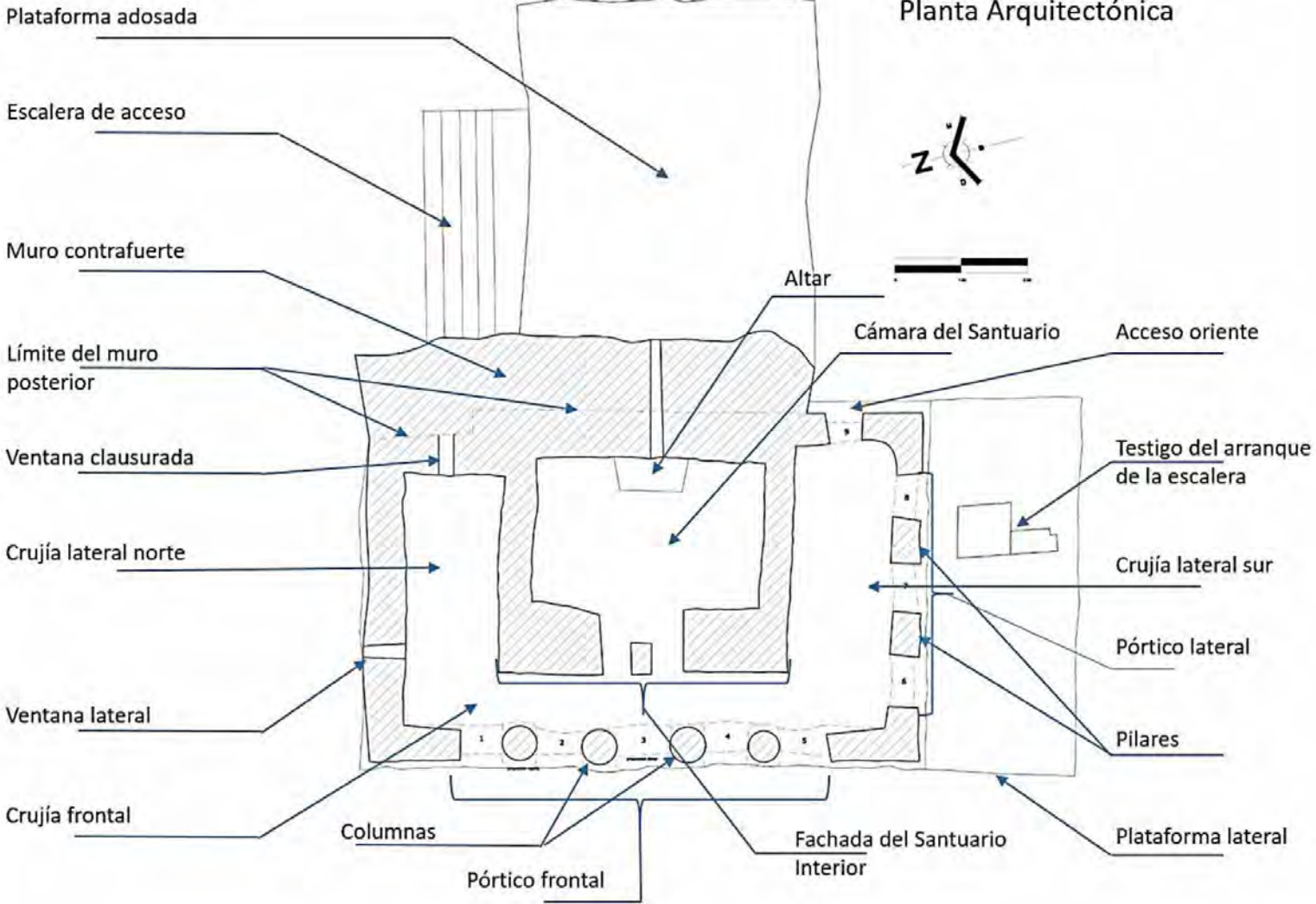
ARQ.06

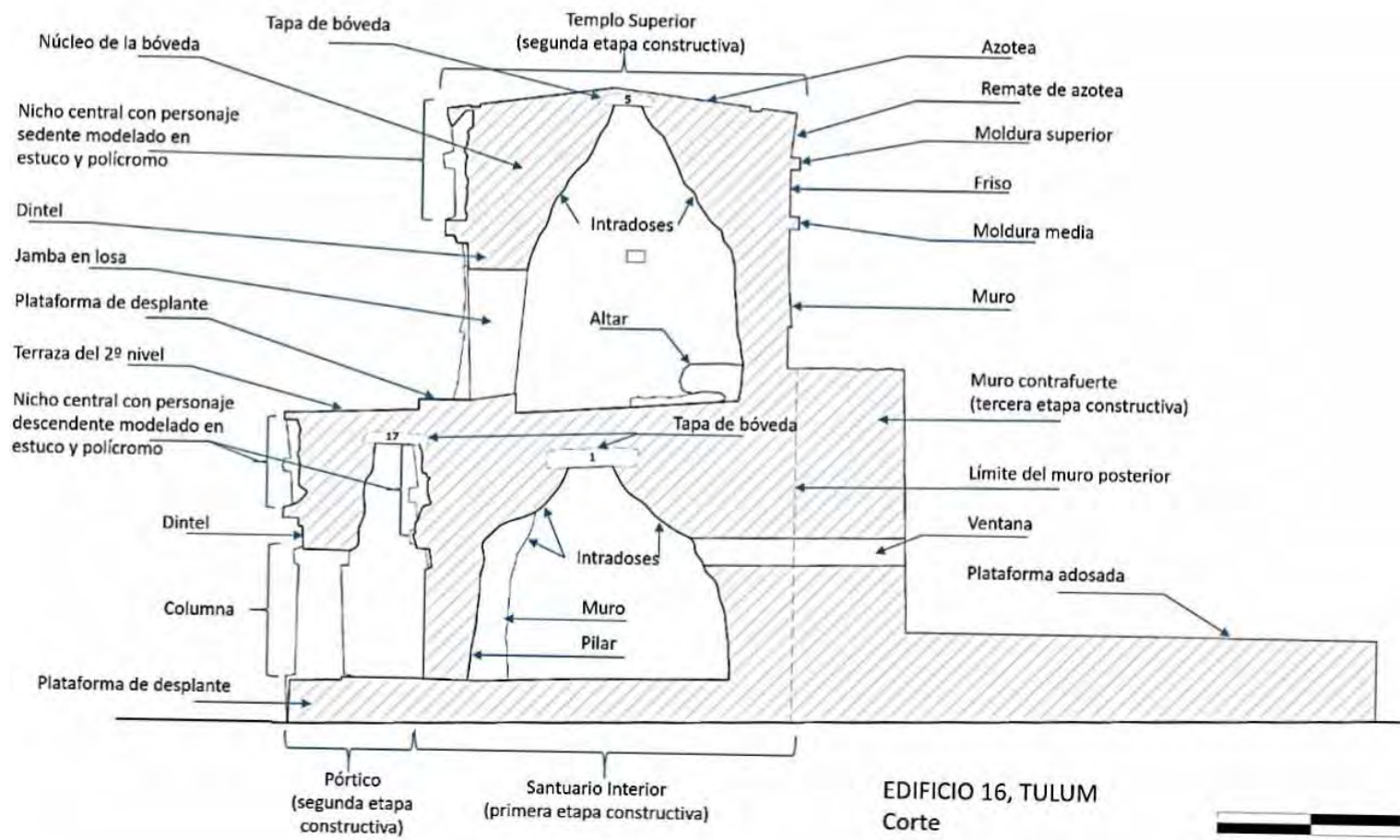
Roberto Magáñeno Olmos  
Asesor en el Proyecto de Conservación del Patrimonio Cultural  
Asesor en el Proyecto de Conservación del Patrimonio Cultural  
Asesor en el Proyecto de Conservación del Patrimonio Cultural  
Asesor en el Proyecto de Conservación del Patrimonio Cultural

FECHA: MAYO 2014

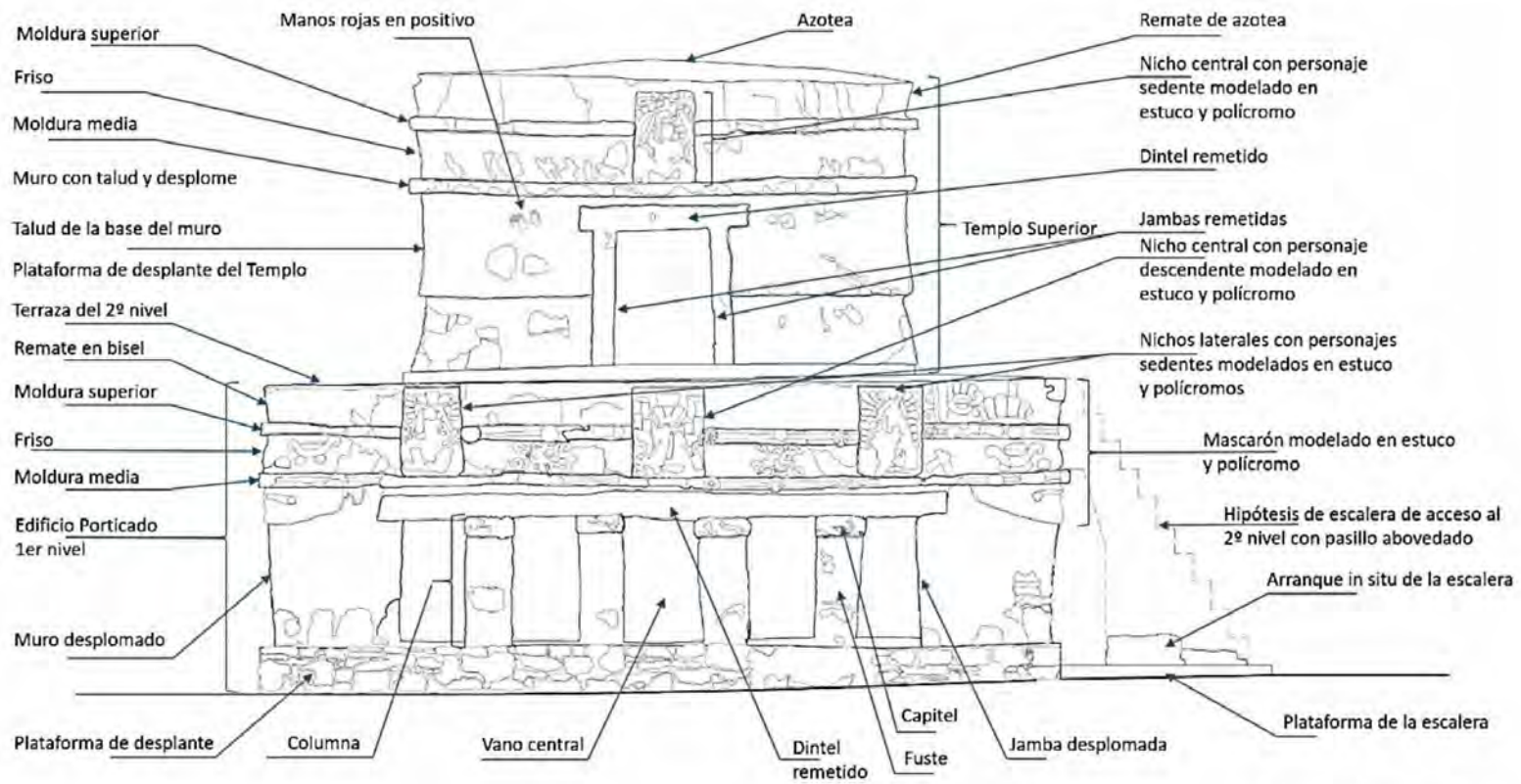


EDIFICIO 16, TULUM  
Planta Arquitectónica









EDIFICIO 16, TULUM  
Fachada Frontal



## Monitoreo mecánico-estructural

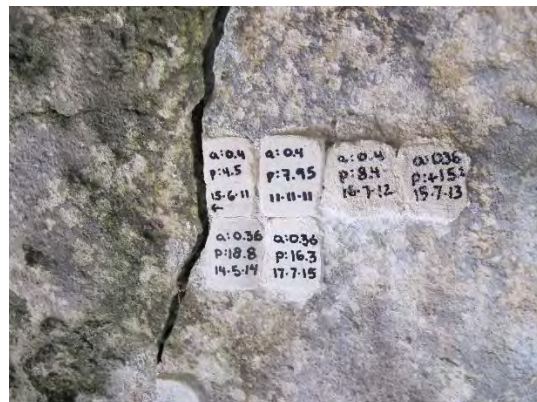
Esta labor se lleva a cabo desde la temporada 2011 y es una de las directrices fundamentales del proyecto, pues determina tanto los problemas de conservación como las futuras intervenciones a realizarse. En el caso del Edificio 16 el monitoreo de las grietas nos ha permitido 1) comprender el comportamiento estructural del inmueble y el reflejo o repercusión que tiene en sus componentes arquitectónicos, 2) identificar una dinámica estructural activa, es decir, que el inmueble no se encuentra en estado inerte y que existe una serie de movimientos en la estructura que le permiten obtener su estabilidad estructural 3) identificar posibles patrones en el comportamiento estructural y determinar las fallas principales o el origen de la dinámica estructural.

Primeramente se identificaron las grietas originadas por una falla mecánico-estructural de aquellas grietas superficiales correspondientes al aplanado y de origen diferente al estructural, ya que estas últimas se consideran dentro del proyecto de intervención directa de los aplanados y la pintura mural. El proceso de identificación fue a través de un calibrador Vernier midiendo la profundidad y el ancho de la grieta, así como por observación directa y en algunos casos por medio de luz, colocándose una lámpara de mano de leds e iluminando directamente sobre la grieta, en todos los casos se verificó si la grieta se localizaba en el elemento arquitectónico de mampostería o solo sobre el aplanado (**figura 29**).



**Figura 29.** Detalle de medición de las grietas con calibrador Vernier. R. Magdaleno, 2011.

Identificadas las grietas estructurales se buscó en su longitud uno o varios puntos donde se pudiera obtener una medición con el calibrador vernier. En las grietas seleccionadas para el monitoreo se colocaron de uno a cinco testigos, estos fueron realizados con una pasta formada de cal-arena en proporción 1:4 de dimensiones variables pero aproximadamente de 4 cm de largo por 3 cm de ancho y de 0.3 cm de espesor; se colocaron sobre un lateral de las grietas donde previamente se había realizado una medición de ancho y profundidad con el calibrador; una vez colocado el testigo se marca con plumón indeleble con una flecha el punto de medición continuando con el registro escrito del ancho de la grieta indicado con una "a" y la profundidad de la misma indicado con la letra "p" seguidos de los números



**Figura 30.** Detalle de los testigos colocados en el monitoreo de las grietas. Edificio 16, Tulum. R. Magdaleno, 2015.

arrojados por la medida; en algunos casos específicos se registró el desfase entre paños, es decir, cuando se puede verificar una diferencia entre la superficie lateral a ambos lados de la grieta, en estos casos se marcaba con la letra "d". En todos los casos se escribió la fecha de realización del registro para monitorear no solo el movimiento sino además el tiempo transcurrido entre un cambio de medidas y otro; la fecha se escribió siguiendo el orden de dd-mm-aa (día-mes-año) (**figura 30**).

A partir de la temporada 2014 en algunas de las grietas monitoreadas del inmueble, que sobrepasan en su medidas de profundidad lo que físicamente se puede medir con el calibrador, se ha empleado un cincho plástico que por su flexibilidad y dureza permite penetrar en mayor longitud dichas grietas, obteniendo datos muy importantes de profundidad e incremento de las grietas.

El monitoreo de grietas se complementa con un registro fotográfico tanto de las grietas como de los registros colocados en ellas; se fotografían del general al particular, es decir en una toma abierta para su localización en el edificio hasta el detalle en específico de la grieta y su testigo (**figura 31**).

Se están monitoreando 16 grietas en el edificio, 11 corresponden al primer nivel y cinco al segundo nivel, el número de grietas monitoreadas es menor al número de grietas estructurales en el edificio pero sin posibilidad de ser monitoreadas por lo estrechas o delgadas que son; muchas de estas grietas se inyectaron anteriormente y también por ello no podían cuantificarse aunque se esté abriendo nuevamente.

En el primer nivel la mayoría de las grietas se localizan al interior mientras que en el segundo nivel las grietas cuantificables son solo al exterior. La mayor concentración de grietas se localiza en la crujía poniente sobre la superficie de la bóveda o su intradós, que desde el inicio del monitoreo estructural en el 2011 es donde se ha registrado una mayor fluctuación en las mediciones (**figura 32**).

El análisis de los datos obtenidos hasta la fecha sugieren dos causales de las grietas, la primera es aquella relacionada con la filtración de agua en los núcleos de mampostería del edificio, principalmente en el núcleo de sus bóvedas pero también de sus muros; como ya se ha planteado el agua disgrega los materiales constitutivos del edificio, las matrices de la roca caliza y los morteros principalmente, por lo que una grieta tendería a una mayor erosión por filtración de agua y de ahí las diferencias en su medición, es decir, al momento en que se interviene el edificio con la finalidad de impedir la filtración pluvial al interior se ha podido detectar un reflejo en algunas de las grietas, principalmente en la sección de la crujía sur en el primer nivel.

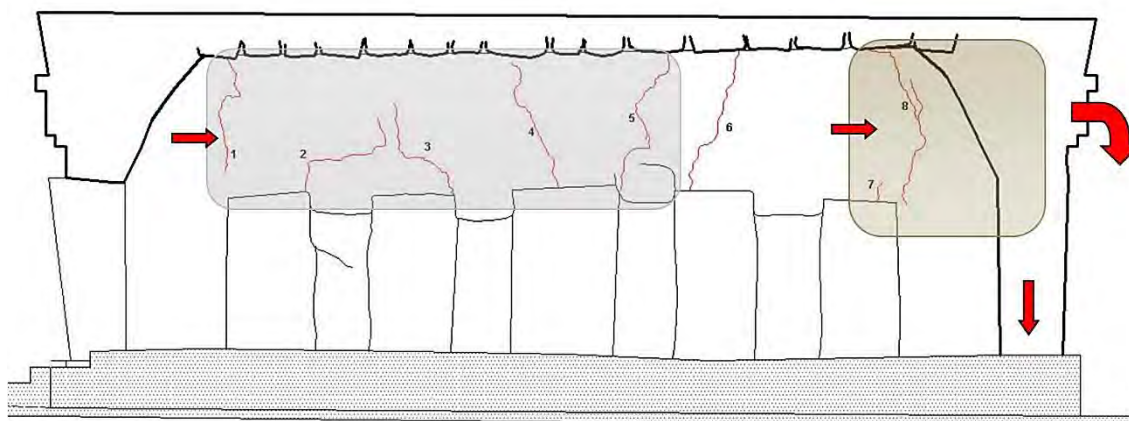


**Figura 31.** Registro fotográfico de una de las grietas localizada en el costado sur del nicho en el friso del Templo Superior, Edificio 16, Tulum. R. Magdaleno, 2015.



Se estima que el agua puede incrementar hasta en un 70% el peso de la piedra cuando esta se encuentra completamente saturada, esto pudiera darse en nuestro caso, pero el incremento de peso aún con esto no explicaría algunas fracturas e incluso dislocaciones de los elementos estructurales como la fractura en toda su sección de cuatro dinteles y la dislocación –desfasamiento o pérdida del mismo plano de dos o más secciones de un mismo elemento arquitectónico- como se ha dado en una jamba. Los dinteles del edificio son de piedra, y aunque no resisten esfuerzos de flexo-compresión el incremento de carga en las bóvedas por el agua no rebasaría la capacidad de esfuerzo de los mismos, por tal motivo, la fractura de los dinteles está asociada a otro origen.

La segunda causa de las grietas apunta a un problema de hundimiento o asentamiento, posiblemente la presencia de rellenos poco estables bajo la plataforma de desplante o la presencia de fracturas y/o cavidades subterráneas. Los resultados en el análisis de las grietas nos permiten identificar dos movimientos importantes en el inmueble, el primero un asentamiento o hundimiento de todo el edificio hacia el poniente, las grietas en diagonal localizadas en las fachadas norte y sur del Templo Superior sugieren dicha trayectoria de inclinación, entendible además porque el muro oriente del templo se refuerza con el contrafuerte posterior del edificio. La segunda trayectoria de hundimiento parece corresponder a una dirección del sur hacia el norte de la crujía frontal del primer nivel, siendo la esquina noroeste del edificio la que sume ambas trayectorias mencionadas (ver figura 32).



**Figura 32.** Corte longitudinal de la crujía poniente con vista al oeste; en la imagen se muestran las grietas –en rojo- monitoreadas por medio de testigos colocados desde junio del 2011. Las flechas indican la hipótesis del desplazamiento que está presentando el inmueble según el comportamiento de las grietas. La numeración de las grietas va de sur a norte –de izquierda a derecha en la figura-. El recuadro en gris representa la zona de compresión mientras que el recuadro en ocre refleja la sección que se abre del inmueble. R. Magdaleno, 2012.

En nuestro proceso de monitoreo no hemos encontrado las evidencias claras del hundimiento en el edificio, solamente asociamos la dinámica de fluctuaciones de las grietas y la fractura de los dinteles con este origen, pero arqueológicamente si tenemos registro de algunas resultantes sobre este hundimiento, la primera de ellas es la pérdida o colapso de la esquina del friso en la sección norte de la fachada principal, esta es la esquina noroeste y es posible que estuviera relacionado su colapso

parcial con el hundimiento pues es justo en este sector donde nosotros identificamos la confluencia de movimientos y/o asentamientos, el colapso de la esquina del friso se encuentra documentada en la litografía de Catherwood (figura 16) y en las fotografías de la Carnegie (figura 23), la esquina mencionada la restaura Miguel Ángel Fernández como ya fue comentado (figura 18). El colapso parcial de la bóveda en la crujía norte del edificio puede estar asociado a este hundimiento, aunque también pareciera ser la suma de factores como el crecimiento de un árbol que incrementar la carga en la bóveda mientras que la penetración de las raíces dislocaría la mampostería; a esto podríamos sumar la disgregación de sus morteros por filtración pluvial; de igual manera, la Carnegie toma fotografías de este colapso (**figura 33**) y es Fernández quien reconstruye la bóveda.



**Figura 33.** Esquina noroeste del Santuario Interior y crujía norte, 1er nivel Edificio 16. En la imagen se destaca la pérdida de la bóveda en la crujía. Archivo Peabody Museum, Universidad de Harvard, 1924

La tercera evidencia de este fenómeno de hundimiento, que al igual que la fractura de los dinteles, no sabemos en qué momento ocurrió pues nadie reporta estos detalles posiblemente insignificantes ante la grandeza del inmueble, hoy en día se puede observar una separación del aplanado que se aplicó en el área que correspondería con el remate de azotea del Santuario Interior, justamente el aplanado localizado en la arista formada con las tapas de bóveda se fracturo y se desplazó en promedio un centímetro (ver figura 19); aunque cabe la posibilidad de que esto haya sucedido poco tiempo después de la construcción del Templo Superior y que el incremento de peso haya generado este desplazamiento e incluso fuera este suceso el que diera paso a reforzar la estructura con la construcción del muro de contención posterior; no se percibe ninguna evidencia de que intentarían reparar dicho aplanado que parecería lógico hacerlo aunque pudieron simplemente omitirlo; también existe la posibilidad de que el asentamiento y la fractura del aplanado fuera posterior al abandono de la ciudad, y si esto sucedió en épocas recientes lamentablemente no existe ningún reporte que hable al respecto.

El tema se profundizará en el apartado de estudios geofísicos pero cabe adelantar que se han realizado pruebas y análisis para determinar las características del subsuelo en el perímetro del edificio, conocer la profundidad a la que se localiza la roca madre, y si existen rellenos artificiales bajo el inmueble; hoy sabemos que la roca madre se localiza prácticamente en superficie, que el edificio se soporta directamente sobre ésta y en su perímetro no se encontró ningún tipo de relleno antrópico. Los resultados preliminares de los estudios geofísicos parecen mostrar una formación de cavernas de disolución bajo el edificio en el interior de una roca madre, que está lejos de ser lo sólida que aparenta en superficie.

## Trabajos de conservación preventivos

Denominamos en el proyecto trabajos de conservación preventivos a todas aquellas acciones que realizamos para detener y/o modificar el proceso acelerado de deterioro y los agentes de éste, así como a las intervenciones enfocadas a la protección de manera individual o del conjunto de los componentes arquitectónicos.

Los trabajos de conservación preventivos son parte de un proceso de intervención y su criterio se fundamenta en la evaluación de prioridades definida por la identificación y valoración de los agentes de deterioro y los procesos de deterioro que se generan, es decir, son medidas urgentes de intervención planeadas y diseñadas en ocasiones en la misma temporada de campo pero en la mayoría de los casos nos lleva una, dos o tres temporadas su diseño, planeación y ejecución.

La ejecución corresponde a un paso en el proceso de la generación del proyecto de restauración integral y un paso menos o en paralelo en la intervención integral. Cada trabajo de conservación preventiva se ha presentado ante las autoridades correspondientes –Consejo de Arqueología INAH, CNCPC, Centro INAH Quintana Roo- como ya se ha mencionado, y su ejecución siempre ha sido bajo la autorización de estas.

### Colocación de piso de sacrificio en terraza

Como ya había sido apuntado líneas atrás, el problema de filtraciones al interior de las galerías del primer nivel del inmueble era alarmante, literalmente con precipitación pluvial al exterior, llueve al interior. Las filtraciones pluviales mayores se identificaron en las crujías norte y sur a través de las tapas de bóvedas, pero el agua de lluvia corría por la superficie del intradós norte en la crujía septentrional y por el intradós sur en el caso de la crujía meridional. Éste último caso correspondía a un doble origen, la filtración directa por la superficie de la terraza del segundo nivel, y por el núcleo expuesto de la bóveda sobre la fachada sur, sitio por donde originalmente se empotraba la escalera de acceso al segundo nivel y cuyo colapso dejó expuesto el núcleo citado.

La terraza se localiza en los lados norte, poniente y sur del Templo Superior del Edificio 16, la superficie de ésta presenta un entortado de concreto de aproximadamente cinco centímetros de espesor. No hemos encontrado la referencia de la colocación de este firme, muy probablemente fue realizado en los trabajos de conservación y mantenimiento realizados por el Arqlo. Mario Córdova entre 1991 y 1994; para el 2011, el estado de este firme no era óptimo, aunque posiblemente funcionara al momento de su colocación y evito la filtración pluvial al interior de las crujías del primer nivel, pero en la actualidad está lleno de grietas de diferentes dimensiones y profundidades, grietas cuyo origen puede estar asociado a la dinámica estructural que presenta el edificio así como a la falta de mantenimiento y por supuesto al embate del intemperismo (**figura 34**).

Los niveles de la superficie de la terraza obtenidos en el levantamiento arquitectónico mostraban una pendiente de entre 2 y 3%, aparentemente contaba con una pendiente adecuada y sobrada para drenar la precipitación pluvial pero identificamos un área ligeramente cóncava justo frente a la entrada del Templo, donde se acumulaba el agua, se hacía una sedimentación de tierra y crecían



microorganismos. Por supuesto este encharcamiento terminaba filtrándose en un porcentaje importante hacia la crujía poniente del nivel inferior, afortunadamente en las tapas de bóveda de esta crujía solo se observa humedad y microorganismos y no detectamos goteras o una filtración directa.



**Figura 34.** Terraza en el segundo nivel del edificio, sección poniente, frente al acceso del Templo Superior. Edificio 16, Tulum. R. Magdaleno 2012.

Como ya fue apuntado, la filtración de agua pluvial está generando disgregación de material, incremento de peso y volumen en las bóvedas, humedad nucleada, exfoliación, eflorescencia de sales, así como microorganismos. Muchos de estos procesos tienen un efecto directo en la pintura mural y en los elementos escultóricos por lo cual era necesario realizar trabajos de conservación preventiva para evitar que el agua de lluvia continuara filtrándose al interior.

La resultante a este problema fue la generación de un piso de sacrificio con mortero de cal; dada la imposibilidad de retirar en este momento el firme –durante la temporada 2012- se tomó la decisión de realizarlo por encima de este. El piso de sacrificio tiene como finalidad el generar una nueva superficie que reciba los embates del intemperismo, que evite la filtración pluvial y que pueda ser reversible a corto plazo, esto con la finalidad de retirar todos los cementos modernos del edificio, posiblemente al retirar el firme de concreto podremos acceder a áreas disgregadas u con grietas que podamos intervenir durante el proyecto de restauración.

Es importante experimentar y reaprender de los morteros de cal para este tipo de recubrimientos y para las intervenciones en los monumentos arqueológicos siendo estos más afines a las técnicas constructivas originales. De la misma manera, el llevar a cabo un monitoreo de su estado de conservación podrá determinar el tipo de mezclas –proporciones, tipo de cargas, etc.- que resulten mejor para cada objetivo de intervención, así como programas de mantenimiento que garanticen su efectividad a mediano y largo plazo.

El primer paso en la ejecución del piso de sacrificio fue retirar el cableado y las luminarias de la instalación de iluminación de la superficie de la terraza colocadas en la primera década de este milenio cuando se hacían visitas nocturnas a la zona. Para esto solo fue necesario el empleo de martillo y cincel ya que el cableado solo estaba fijado por medio de una pasta de cemento para los cables. En general no presentaba mucha adherencia a la superficie de la terraza por lo que fue fácil su retiro. Por su parte, las luminarias no estaban fijadas y solamente tenían un soporte manufacturado en cemento que imitaba una piedra. Una vez retirado el cableado observamos que por debajo de algunas líneas existían grietas y filtración (**figura 35**).



**Figura 35.** Detalle de algunas de las grietas presentes en la terraza del 2º nivel del Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. R. Magdaleno, 2012.



**Figura 36.** Trabajos de martelinado en la superficie de la terraza en el 2º nivel del Edificio 16. R. Magdaleno, 2012.



**Figura 37.** Apertura de las grietas, terraza Edificio 16. R. Magdaleno, 2012.

Para lograr una fijación del piso de sacrificio a la superficie del firme de concreto fue necesario martelinar la superficie de éste último de forma homogénea y a distancias regulares con una profundidad promedio de medio centímetro. La distribución, dimensiones y profundidad del martelinado tuvieron ligeras variantes respecto a la mano de quien lo realizó (**figura 36**). El trabajo se hizo con cincel y martillo y únicamente se realizó durante las primeras dos horas de la jornada para evitar que el turismo se sobresaltara al escuchar el sonido de los golpes del martillo y mal interpretara las acciones que se estaban llevando a cabo.

Toda la terraza presentaba parches, es decir, que muchas de las grietas visibles en la superficie ya se habían formado anteriormente y habían sido rellenadas o repelladas con cemento. La mayoría de estas antiguas grietas se habían vuelto a abrir, ya sea sobre la misma sección, o de forma lateral a la sección repellada. A éstas habría que sumar las nuevas grietas que no habían sido intervenidas, por lo tanto, toda la superficie de la terraza tenía filtraciones.

La tercera acción fue retirar los parches flojos o sueltos de las grietas. En las grietas nuevas, se rompió el concreto de su perímetro para dejarlas abiertas y con espacio suficiente para que se rellenaran y se sellara adecuadamente con el nuevo piso. Cabe destacar que en todos los casos, al abrir las grietas con el cincel, se encontró material suelto y húmedo comprobándose así la filtración (**figura 37**).

Una vez preparado el piso de la terraza fueron colocados reventones o hilos de nivel para generar pendientes del 2% para las terrazas sur y poniente y del 3% para la terraza norte. La diferencia de pendiente en esta última responde a la mayor filtración de lluvia y concentración de humedad sobre la crujía norte del primer nivel del edificio. Con ello se pretende asegurar que no exista un



estancamiento de agua y su subsecuente filtración. Los niveles de la terraza se obtuvieron durante la temporada 2011 de este proyecto y al tendido de los hilos se dejó un espesor mínimo para el piso de sacrificio de dos centímetros hacia el perímetro y de hasta cinco centímetros al desplante del templo (**figura 38**).



**Figura 38.** Colocación de hilos – reventones- en la terraza. Edificio 16, Tulum. R. Magdaleno, 2012.

Se inició la colocación del piso de sacrificio con una primera aplicación de entortado grueso de mortero de cal en proporción 3:1 en la combinación siguiente:

- 1 porción de polvo de piedra del número 3
- 3 porciones de polvo de piedra del número 4
- 2 porciones de polvo de piedra del número 6
- 2 porciones de cal

El número de los materiales corresponde a la granulometría de los mismos obtenida a través del proceso de lavado y cernido, entre mayor sea el número más pequeña es la granulometría del material.

La aplicación de la pasta se realizó, previa humectación del piso, con llana metálica y cucharilla. Se inició en la terraza sur, siguiendo en la terraza poniente y terminando por la norte. El espesor de esta primera capa variaba de los dos y medio centímetros a un centímetro (**figura 39**). Encima de la primera capa de entortado se colocó una malla plástica (malla-sombra) que dará funciones de tipo estructural a manera de armado, tales como evitar que el piso se craquéele, absorber los esfuerzos menores a la flexo-compresión que se pudieran presentar, así como ayudar al amarre entre la primera capa y la segunda (**figura 40**).



**Figura 39.** Proceso de colocación de la primera capa con un entortado grueso del piso de sacrificio sobre la terraza del Edificio 16, Tulum. PMQR, 2012.



**Figura 40.** Colocación de la malla plástica encima del primer entortado y previo al entortado final, Edificio 16, Tulum. PMQR, 2012.

La segunda capa del entortado se aplicó cuando el fraguado de la base o primera capa estaba cerca de un 80% con el objetivo que la segunda capa se amarrara a la primera. Esta segunda capa consistió en una pasta de cal fina en proporción 3:1 en la combinación siguiente:

- 1 porción de sascab número 6
- 2 porciones de polvo de piedra número 5
- 2 ½ porciones de polvo de piedra número 6
- ½ porción de piedra pómez número 6
- 2 porciones de cal

Para este mortero el agregado de piedra pómez se realizó para generar un mortero hidráulico, es decir, mejorar y acelerar el fraguado en condiciones de alta humedad como lo tenemos en nuestro caso. Una característica importante de ello es que el mortero con cargas puzolánicas ganan más dureza, pero debe uno humectar constantemente para que no gane el fraguado. Esta segunda capa de mortero fue colocada encima de la malla plástica (mallas-sombra) y por encima del primer entortado grueso completándose así el piso (**figura 41**). Concluyó el trabajo con un bruñido como una primera mano de acabado.



**Figura 41.** Aplicación de la segunda capa del piso de sacrificio en la terraza del Edificio 16, Tulum. PMQR, 2012.

Para su acabado final se pulió la superficie del piso de sacrificio con una pasta fina de cal con proporción 3:1 en la combinación siguiente:

- 2 ½ porciones de sascab y polvo de piedra número 6
- ½ porciones de piedra pómez del número 6
- 1 porción de cal

El acabado de pulido para el piso de la terraza cubrió pequeñas fisuras generadas en el proceso del fraguado pero principalmente generó una superficie impermeable de la terraza (**figura 42**).

A partir de la temporada 2013, un año después de la fabricación del piso de sacrificio, se ha dado mantenimiento continuo, principalmente limpieza de la superficie, ya que las iguanas acceden a este nivel del edificio, pero también se llegaron a formar algunas grietas en la esquina suroeste, mismas que se han reparado con el mismo proceso de abrir la grieta y repollarla con nuevo mortero de cal, durante el año 2014 se le aplicó una lechada de cal para sellar pequeñas fisuras que ya se habían abierto en la superficie y se tomó la decisión de aplicarle un impermeabilizante a la terraza por medio de un sistema tradicional de alumbre y jabón que ya habíamos implementado en las azoteas de los edificios y que se describirá en el siguiente apartado.

El piso de sacrificio no bastó para frenar la filtración de agua pluvial al interior de las crujías norte y sur, pero si ayudo en mucho a disminuir dicha filtración, en la actualidad ya no llueve adentro y ya no existen ni goteras ni filtraciones visibles, aunque aún hay mucha humedad nucleada en bóvedas y muros. El piso de sacrificio sobre la terraza del primer nivel fue el primer paso de un proceso que



se completó con la colocación de biseles y chaflanes en las aristas horizontales del edificio y la reposición de juntas en el núcleo de la bóveda expuesto en la fachada sur. Procesos que se describirán en los siguientes apartados.



**Figura 42.** Terraza en su sección poniente, frente a la fachada principal del Templo Superior al concluirse la colocación del piso de sacrificio. Edificio 16, Tulum. R. Magdaleno, 2012.

#### Impermeabilización de azotea y terraza

Como un proceso puesto a prueba para disminuir o frenar la filtración pluvial al inmueble se decidió realizar un trabajo de impermeabilización en la azotea del edificio y posteriormente se aplicó en la superficie de la terraza.

El sistema de impermeabilización seleccionado fue el tradicional de jabón y alumbre, principalmente por sus características de reversibilidad, compatibilidad con las estructuras tanto por los materiales así como por no generar cambios cromáticos en la superficie donde se aplica; otras cualidades son la sencillez de aplicación, la economía y la eficacia de este método tradicional. Como antecedentes de aplicación tenemos innumerables edificios históricos como la Catedral de la Ciudad de México o la Academia de San Carlos, mientras en edificios arqueológicos esta técnica se ha aplicado en algunos edificios de la Zona Arqueológica de Palenque, Chiapas, y en la Zona Arqueológica de Balamkú, Campeche.

Una ventaja de esta técnica de impermeabilización es el monitoreo y la evaluación de resultados de efectividad a corto plazo, es decir, nos permitirá decidir si este sistema es efectivo para nuestros casos o si es necesario buscar otras alternativas para detener las filtraciones.

El primer paso para la aplicación del jabón y alumbre consiste en la preparación de la superficie; para que resulte efectivo el sistema la superficie debe estar limpia y debe ser homogénea –plana-; la presencia de grietas o fisuras hacen ineficiente la aplicación ya que el jabón-alumbre no cierra esas cavidades.

Después de evaluar la azotea del edificio se determinó realizar una limpieza en tres procesos, la primera consistió en una limpieza en seco, barriendo con escoba de cerdas cortas la superficie de la azotea para retirar polvo o tierra y microorganismos sueltos existentes en la superficie. A la limpieza en seco prosiguió una limpieza con agua, utilizando una esponja, ésta se saturaba de agua por inmersión en una cubeta, se rociaba en la superficie de la azotea cuidando que esta no escurriera por las fachadas, con la escoba se tallaba la superficie con agua y en caso de localizarse una zona muy sucia se tallaba con cepillo, el agua sucia se recogía con otra esponja exclusiva para ello y el

agua se vaciaba en otra cubeta. La tercera y última limpieza también fue mecánica empleando agua-alcohol en una proporción 10:1 (10 litros de agua y 1 litro de alcohol) que empleando cubetas se fue vertiendo el agua en la superficie con esponja, tallando con escoba y/o cepillo y retirando con otra esponja como en el proceso anterior, la diferencia radica en el objetivo de eliminar todos los microorganismos que pudieran encontrarse en la superficie, al igual que en el caso anterior se cuidó el no escurrir el agua por las fachadas para no manchar su superficie.

La azotea presentaba también algunas fisuras menores, por lo tanto, debíamos intervenirlas previamente para obtener efectividad del impermeabilizante. Se decidió aplicar una lechada de cemento para sellarlas, si bien una de las primicias del proyecto es el no uso de cementos modernos y sí el uso de la cal, en este caso se optó por el cemento porque en la actualidad la superficie de la azotea presenta un firme de concreto, de tal manera la cal no sería compatible a este. La aplicación de la lechada se realizó con sumo cuidado para evitar escurrimientos por las fachadas, se emplearon brochas para ello y una esponja para limpiar inmediatamente algún excedente de lechada y evitar escurrimiento. La aplicación fue fácil, rápida y muy efectiva ya que logramos rellenar las fisuras obteniendo la superficie homogénea necesaria para el jabón-alumbre.

Al siguiente día de la aplicación de la lechada se limpió la superficie de la azotea para retirar los restos secos que no penetraron en el concreto, dicha acción se realizó con escobas en tres ocasiones para eliminar completamente los residuos y tener la superficie completamente limpia lista para el jabón y alumbre.

El procedimiento de preparación consiste en disolver en agua por separado el jabón y el alumbre, por cada 12 litros de agua se disolvió un kilo de jabón, previamente se corta en hojuelas delgadas y se disuelve calentándolo y moviendo de manera lenta para evitar hacer mucha espuma. En otros 12 litros se disuelve  $\frac{1}{2}$  kilogramo de alumbre previamente triturado, de la misma manera se disuelve calentándolo y moviéndolo (**figura 43**); es muy importante no usar los mismos utensilios con los cuales se disuelve el material para evitar su contaminación.



**Figura 43.** Vertiendo medio kilogramo de alumbre previamente triturado en una cubeta metálica de 12 litros para disolverse al fuego. F. Godos, 2013.

Primero se aplicó el jabón, con la solución caliente para mantenerla líquida y facilitando su aplicación, se extiende de manera homogénea empleando escoba de cerdas cortas que de manera exclusiva se utilizará solo para la aplicación del jabón. Secando completamente la capa de jabón<sup>4</sup>, se aplica el alumbre de la misma manera con escoba sin utilizar la empleada con el jabón, el alumbre no es necesario aplicarlo caliente ya que no cambian sus características físicas al enfriarse. Siempre de forma homogénea por la superficie, este proceso se realizó hasta cubrir siete capas de ambas (**figura 44**).

---

<sup>4</sup> En ocasiones aplicándose por la mañana el jabón ya había secado por la tarde -dependiendo de las condiciones climáticas-.



**Figura 44.** Aplicación del jabón sobre la superficie de la azotea del Edificio 16. Procedimiento de impermeabilización. F. Godos, 2013.

Se tuvo toda la precaución para evitar escurrimientos sobre las fachadas, ya que principalmente el jabón al secarse genera una capa de color crema opaco.

Este método de impermeabilización se ha aplicado cada temporada de campo desde 2014, aunque las fuentes mencionan que una aplicación dura de tres a cinco años pudimos identificar que por las condiciones climáticas de Tulum las capas se lavan a lo largo de un año, por lo tanto se han vuelto a aplicar las siete capas en tres ocasiones completas.

En el caso del Templo Superior del Edificio 16 no se identificaron grandes filtraciones, pero desde su impermeabilización con el jabón-alumbre ha sido notorio el secado de la bóveda.

Durante la temporada 2015 se decidió aplicar el mismo sistema de impermeabilización sobre la terraza del edificio, para ayudar a la superficie del piso de sacrificio y prolongar por su puesto la función de evitar la filtración pluvial. El procedimiento fue el mismo antes descrito.

#### Reposición de juntas en núcleo de bóveda en fachada sur

Se ha mencionado líneas atrás que en la fachada sur del Edificio 16 el friso ha desaparecido en la sección central de la fachada, conservándose solo en los extremos, de hecho la esquina occidental presenta el modelado en estuco con la imagen de perfil de un mascarón que representa a la deidad Itzamnaaj, mientras que la esquina oriente sin ornamentación conserva sus molduras –media y superior-, el friso y el remate de azotea. La ausencia de friso no se debe al colapso del mismo, en realidad nunca existió, en este lugar se empotraba o anclaba la escalera que permitía llegar al segundo nivel del inmueble (ver figuras 24 y 25).

La escalera ya se había colapsado desde el primer registro histórico del inmueble realizado por Stephens y Caterwood hacia 1842 pero los escombros al pie de la fachada y la localización del aparente arranque de la escalera confirmaban su existencia. Años después Samuel Lothrop y Miguel Ángel Fernández reportan el escombro y coinciden con identificar los restos de la escalera en este lugar, pero Fernández da más datos acerca de la misma pues propone que se trata de una escalera dividida en dos secciones iguales separadas aparentemente por un vacío y debajo de ésta debía localizarse un pasillo abovedado que permitiera la entrada por el vano central de esta fachada.



Hoy en día sobre esta fachada, a nivel del friso del primer nivel, se expone un núcleo de mampostería correspondiente al intradós de la bóveda en la crujía sur. Esta área expuesta al intemperismo y sin un trabajo de intervención reciente es uno de los focos principales de filtración pluvial; como ya fue mencionado el escurrimiento, las goteras y la humedad nucleada en el intradós sur de la bóveda se originan en este frente (**figura 45**).



**Figura 45.** Detalle de la fachada sur a la altura del friso en el primer nivel del Edificio 16. En la imagen superior el estado del núcleo expuesto de la bóveda previo a los trabajos de intervención. En la imagen inferior el mismo núcleo después de la limpieza y reposición de juntas con morteros de cal. R. Magdaleno, 2014.

El primer proceso de intervención fue la limpieza del área, sus objetivos específicos se centraron en retirar vegetación menor, eliminar microorganismos, retirar resanes y juntas en mal estado, retirar material suelto e identificar cavidades. La primera limpieza fue mecánica, retirando la vegetación menor de raíz donde en todos los casos quedaba una cavidad, el caso más crítico se localizó en el extremo poniente de la superficie del núcleo donde un arbusto tenía raíces muy profundas pero finalmente pudieron retirarse sin ningún daño a la mampostería más que la cavidad relativamente grande que resulto de ello. Eliminada la vegetación menor se limpió en seco con cepillos para eliminar tierra, excremento de iguana y aquellas juntas o resanes que se encontraran disgregados. Después se empleó agua-alcohol en proporción 1:1 aplicada con aspersor y un cepillado con brochuelos para la eliminación de los microorganismos, se emplearon toallas desechables para ir limpiando los excesos de agua y la suciedad evitando escurrimientos en las superficies inferiores –



pilares-. El último proceso de limpieza fue una lavada de la superficie con agua para retirar los últimos restos y tener una imagen completamente limpia para la identificación de las cavidades y del estado de las juntas. El mal estado en que se encontraba este núcleo no permitía observar claramente los diferentes materiales empleados en esta área en trabajos de mantenimiento anteriores y que no tenemos plenamente identificados por año; ya totalmente limpio se identificaron tres intervenciones distintas, dos de éstas emplearon juntas de cemento, pero se diferencian entre ellas por el color, el estado de conservación, las zonas de intervención y el acabado siendo uno fino y otro muy burdo; la otra intervención empleó algún mortero de cal con cemento que por la gran humedad de la zona no estaba fraguado; las juntas de cemento burdo se rebajaron con cincel por el gran volumen que tenían y lo burdo de su condición.

La argamasa gruesa de cal se preparó en una proporción 3:1 de la siguiente manera:

- 2 volúmenes de polvo de piedra No.3
- 1 volumen de polvo de piedra No.5
- 1 volumen de polvo de piedra No.6
- 1 volumen de sascab No.6
- ½ volumen de tezontle negro No.6
- ½ volumen de pómez
- 2 volúmenes de cal con pixoy

Se humectó toda la superficie previa a la colocación de las nuevas juntas de mortero de cal, criterio que homogeneizó la superficie principalmente de forma visual ya que no se retiraron los cementos modernos; se cubrieron todas las cavidades empleando piedras de granulometría 1 y 2 o mayores cuando fue necesario, como en la cavidad de donde se extrajo la raíz. En esta sección donde se retiró la raíz más grande se subió el nivel de la superficie para evitar la acumulación de tierra y agua en ese punto y prevenir el crecimiento de otro arbusto (ver figura 45).

#### Biseles y chaflanes en molduras y zócalo

Después de la elaboración del piso de sacrificio en la superficie de la terraza la humedad localizada al interior de las crujías del primer nivel empezó a disminuir de manera lenta y continua, pero al momento de caer una lluvia aún se registraban goteras en el interior. Después de una evaluación técnica por todo el edificio pudimos determinar que muchas de las juntas o boquillas localizadas en las aristas de las molduras o el rodapié del Templo Superior se encontraban disgregadas, dando paso a cavidades, acumulación de tierra, crecimiento de vegetación menor y principalmente filtraciones pluviales (**figura 46**).

Las goteras al interior se localizaron en la sección central de las tapas de bóveda de la crujía norte,



**Figura 46.** Detalle corte en terraza norte, Edificio 16. Obsérvese las aristas formadas entre la terraza y el zócalo, y entre este último y la base del Templo Superior. R. Magdaleno, 2014.

estas filtraciones se localizan puntualmente en las juntas entre las tapas y con el intradós sur, un área que físicamente se localiza por debajo de la base de los muros del Templo Superior, uno de los indicadores que el origen no era por la terraza la cual ya contaba con el piso de sacrificio. La otra filtración seguía reflejándose sobre el intradós sur de la crujía sur, área que coincidía con el núcleo expuesto de la fachada sur, esta filtración fue detenida completamente con la limpieza, retiro de vegetación y homologación de juntas al que se hizo referencia en el apartado anterior.

Al interior del Templo Superior también se detectó una concentración de humedad al nivel del piso en su sección norte, sin identificarse ninguna filtración directa o goteras, por lo que se estima es producto de la capilaridad.

Para cerrar puntos de filtración pluvial en el inmueble se determinó, tras la evaluación, realizar biseles sobre las aristas horizontales superiores en las molduras del edificio por las fachadas oriente, norte y sur en el Templo Superior y la fachada norte y sur del primer nivel en las áreas de la fachada donde no existen modelados en estuco, considerando que la irregularidad de la superficie de las molduras y la pérdida de juntas entre la intersección de la moldura media y el friso y la moldura superior con el remate de azotea están provocando acumulación del agua pluvial y filtración al interior respectivamente.

Los biseles no se realizaron en la fachada principal por dos razones, la primera es que no se identificaron filtraciones claras por estas aristas aunque si hay zonas disgregadas, la segunda porque es la superficie que conserva mejor sus aplanados originales mismos que se encuentran en muy buen estado de conservación y por el momento determinamos no agregar ningún material nuevo en esta fachada que es la que contiene todo el discurso iconográfico o escultórico.

La decisión de realizar un bisel estriba en la obtención de un mejor resultado para evitar la erosión o la disgregación rápida en lugar de solo la reparación o reposición de juntas, homogenizando la arista con un solo material -un bisel continuo- en toda la superficie.

El proceso dio inicio con la limpieza mecánica de toda la superficie de las molduras con el empleo de escobetillas y cepillos para retirar en seco la suciedad y la vegetación menor retirándola de raíz. Posterior a ello se realizó una limpieza húmeda con el empleo de agua-alcohol en proporción 1:1 aplicada por aspersion para eliminar microorganismos, utilizando de igual forma cepillos y brochuelos, así como esponjas y toallas para limpiar las superficies lavadas y principalmente evitar escurrimientos sobre las fachadas.

Ambos procesos de limpieza permitieron retirar material suelto producto de la disgregación de los aplanados originales, los morteros de las juntas, y nos permitió identificar que anteriormente se había realizado el mismo trabajo de colocación de biseles en estas aristas, la diferencia es que fueron realizadas con cementos modernos. Algunas partes de estos biseles existentes estaban perdidas, fracturadas, otras estaban sueltas sin fijación alguna a la superficie mientras otras secciones estaban muy duras y con perfecta adherencia al soporte. Con el empleo de cincel de punta delgada y martillo se retiró hasta donde fue posible este bisel de cemento, pero sin poderlo retirar por completo por la dureza y adherencia ya mencionada.

Las pastas que se utilizaron para la aplicación de biseles fueron tres. Primero se aplicó una pasta gruesa, cuya proporción fue la siguiente:

- 1 volumen de polvo de piedra No.3
- 1 volumen de polvo de piedra No.4
- 1 volumen de polvo de piedra No.5
- 1 volumen de polvo de piedra No.6
- 1 volumen de sascab
- ½ volumen de tezontle negro molido
- ½ volumen de piedra pómez molida
- 2 volúmenes de cal con pixoy

Posteriormente, y antes de que seicara esta última y se generara una junta fría, se aplicó una pasta más fina para darle al bisel un acabado alisado, creando una superficie lisa mínimamente porosa.

La preparación de esta pasta fue 3:1 con las siguientes proporciones:

- 3 volúmenes de polvo de piedra No.6
- 2 volúmenes de sascab No.6
- ½ volumen de tezontle molido No.7
- ½ volumen de piedra pómez molida No.7
- 2 volúmenes de cal apagada con pixoy

Un tercer tipo de pasta fue utilizado en áreas que presentaban grietas notorias y grandes oquedades en las que seguramente se filtraba el agua de lluvia. Las proporciones de esta pasta fueron las siguientes:

- 1 volumen de polvo de piedra No.2
- 1 volumen de polvo de piedra No.3
- 1 volumen de polvo de piedra No.4
- 1 volumen de polvo de piedra No.5
- 1 volumen de sascab No.6
- 2 volúmenes de cal apagada con pixoy

En los casos que fue aplicado este último tipo de mortero, fue necesario resanar con pasta gruesa y, posteriormente, con pasta fina, con el objeto de lograr el mismo acabado otorgado a los biseles. La aplicación de estos últimos se llevó a cabo humedeciendo previamente con agua la superficie a intervenir, acción que se realizó con la ayuda de aspersores. Posteriormente se usaron espátulas para colocar y modelar la pasta a lo largo del vértice superior de las molduras, con el fin de generar un bisel de aproximadamente 45°, un tanto achaflanado, que permitiera no sólo desalojar con facilidad el agua de lluvia, sino lograr que ésta no se estancara y penetrara hacia el interior del edificio (**figura 47**).

Es conveniente puntualizar algunos detalles en particular del proceso de elaboración de biseles. Por ejemplo, en el caso de la fachada norte del primer nivel, en la sección este de la moldura media, se completó un pequeño faltante de moldura, acción que se realizó con tres pequeñas piedras y relleno los espacios con grava y pasta gruesa, otorgándole un acabado final con pasta fina. Por su parte, en el caso de los extremos poniente de las molduras media y superior de esa misma fachada, el bisel fue colocado a lo largo de las mismas hasta centímetros antes del mascarón modelado en estuco de la esquina noroeste.



**Figura 47.** Detalle de manufactura del bisel sobre la moldura superior del primer nivel en la fachada norte. R. Magdaleno, 2014.

En la fachada norte del segundo nivel, muy cerca de la esquina noreste, sobre las dos últimas piedras que se encuentran enmarcadas por las molduras media y superior, se identificó un hueco profundo que fue necesario resanar para evitar que el agua de lluvia ingresara directamente en él. Para ello, se rellenó primero con una pasta de carga gruesa, y luego se le aplicó pasta fina para darle un acabado.

Por último, en la intersección del remate de azotea y el firme de concreto que forma la superficie de la azotea, del lado de la fachada este en el segundo nivel, se forma un rematamiento donde se aplicó mortero grueso a una serie de orificios que, por su tamaño y cantidad, era necesario cubrir para impedir la filtración de agua de lluvia. Una vez colocada la pasta gruesa, se aplicó pasta regular y, finalmente, pasta fina para darle acabado pulido.

Para la elaboración de dichos trabajos se instalaron varios cuerpos de andamios metálicos por las fachadas norte y sur, pero en la fachada oriente era imposible su colocación, necesaria para llegar a las molduras, por la presencia del muro de contención en el primer nivel. Ante tal impedimento, y aprovechando una especie de terraza correspondiente a la parte superior del muro de contención, así como los vanos de las dos pequeñas ventanas pertenecientes a la fachada este del Templo Superior, se optó por construir un andamio volado de madera. Para su construcción se insertaron, en cada vano, vigas de madera dura (tropical), que penetraron aproximadamente un metro hacia el interior del templo superior, y sobresalieron aproximadamente metro y medio hacia fuera de la fachada. Ambas vigas se aseguraron con cuñas de madera que se colocaron, igualmente, en cada uno de los orificios.

Para montar el resto del andamio, sobre las dos vigas que sobresalían de la fachada, se colocaron dos tablonces de madera unidos entre sí en sus extremos amarrándolos con alambre. En los extremos laterales de este tablón, y haciendo uso de las dos vigas salientes, se reforzó la estructura con apoyos verticales y en diagonal (a manera de ménsulas) que descansaban sobre la ya mencionada terraza del muro de contención.

Por último, estos apoyos se clavaron y amarraron con alambre tanto al tablón como a las vigas salientes, y fueron complementados con un apoyo vertical más, colocado por debajo de la sección central del tablón, apoyado igualmente sobre la terraza (**figura 48**).





**Figura 48.** Andamio para la manufactura de biseles en las molduras de la fachada oriente del Templo Superior, Edificio 16. R. Magdaleno, 2014.

Siendo las crujías norte y sur del edificio las áreas de mayor afectación por filtración pluvial, se determinó necesario ampliar la sección del piso del sacrificio sobre la banqueta o zócalo del Templo Superior en ambos costados. Esto debido a que el punto de unión entre estos elementos está generando una junta fría por donde se considera altamente probable que se esté filtrando agua de lluvia hacia la bóveda y muros de la superestructura y Santuario Interior.

Con el objetivo presente del proyecto de no realizar intervenciones invasivas se definió realizar un chaflán o bisel, para ello se realizaron un par de muestras de los perfiles a emplear. Previo a ello se cavó en el piso de sacrificio una zanja de 7 cm de ancho por 30 cm de largo y de aproximadamente 2 cm de profundidad en la esquina sureste de la terraza norte. El perfil de la apertura formaba una pendiente que disminuía conforme se alejaba del muro del edificio hasta terminar en un martelinado sobre la superficie del piso de sacrificio, formando así una superficie de amarre para el nuevo elemento sin que está se convirtiera en una nueva junta fría que pudiera presentar agrietamientos en la unión de los elementos que derivara un nuevo factor de deterioro.

Posteriormente se realizaron las muestras de las propuestas de los perfiles. El primer esquema tomó forma de un chaflán en su base hasta la altura media del zócalo (aproximadamente 5 cm) para seguir el perfil arquitectónico del mismo, hasta la unión con el muro del templo, donde se decidió dar una

nueva pendiente en forma de chaflán o bisel para evitar que se formara una nueva junta fría donde se pudiera filtrar el agua hacia el interior del edificio. El segundo esquema describía un talud en forma de chaflán a lo largo de su superficie revistiendo por completo la sección del zócalo.

Ambos perfiles se realizaron a base de un nucleado de pasta gruesa y sobre éste, se aplicó una capa de pasta fina que se pulió para darle un acabado homogéneo. Los morteros empleados tuvieron las siguientes proporciones:

#### Pasta Gruesa (Nucleado del Perfil)

- 1 volumen de polvo de piedra No.3
- 1 volumen de polvo de piedra No.4
- 1 volumen de polvo de piedra No.5
- 1 volumen de polvo de piedra No.6
- ½ volumen de sascab No.6
- ½ volumen de tezontle No.6
- ½ volumen de pómez
- 2 volúmenes de cal con pixoy

#### Pasta Fina (Acabado)

- ½ volumen de polvo de piedra No.5
- 2 volúmenes de polvo de piedra No.6
- 1.75 volumen de sascab No.6
- 0.375 volúmenes de pómez No.6
- 0.375 volúmenes de tezontle No.6
- 2 volúmenes de cal con pixoy



**Figura 49.** Detalle de las propuestas de los biseles, el de la izquierda en la imagen es el bisel 1 y el de la derecha el 2. F. Godos, 2014.

Posteriormente se evaluaron ambos esquemas. Se determinó que, ya que el zócalo de la sección norte de la superestructura muestra un perfil claramente definido y de mayores dimensiones era más conveniente emplear el esquema número 1. Éste se apegaba mejor a sus características y empleaba una cantidad menor del material. La sección sur del zócalo de la superestructura es de una sección claramente menor y no cuenta con un perfil bien definido, por lo que se determinó que era viable emplear el esquema número 2 dado que este no afecta visualmente el perfil del edificio (**figuras 49 y 50**).

El resultado inmediato de estos trabajos en las aristas de las molduras y sobre la arista entre la terraza y el Templo Superior fue el cerrar las filtraciones pluviales que generaban goteras en la crujía norte del primer nivel y en todos los interiores se registra un decremento lento de humedad, verificado física y visualmente en la superficie de muros y bóvedas. A finales del año 2013 se instalaron Data Logger para tomar mediciones de temperatura y humedad al interior del edificio en las crujías norte y oeste del primer nivel, es necesario contar con dos años completos como mínimo para realizar análisis comparativos acerca de las condicionantes y caracterización de ambos sistemas de medición, esperamos pronto tener los resultados necesarios y comprobar científicamente los resultados positivos que ahora se perciben.



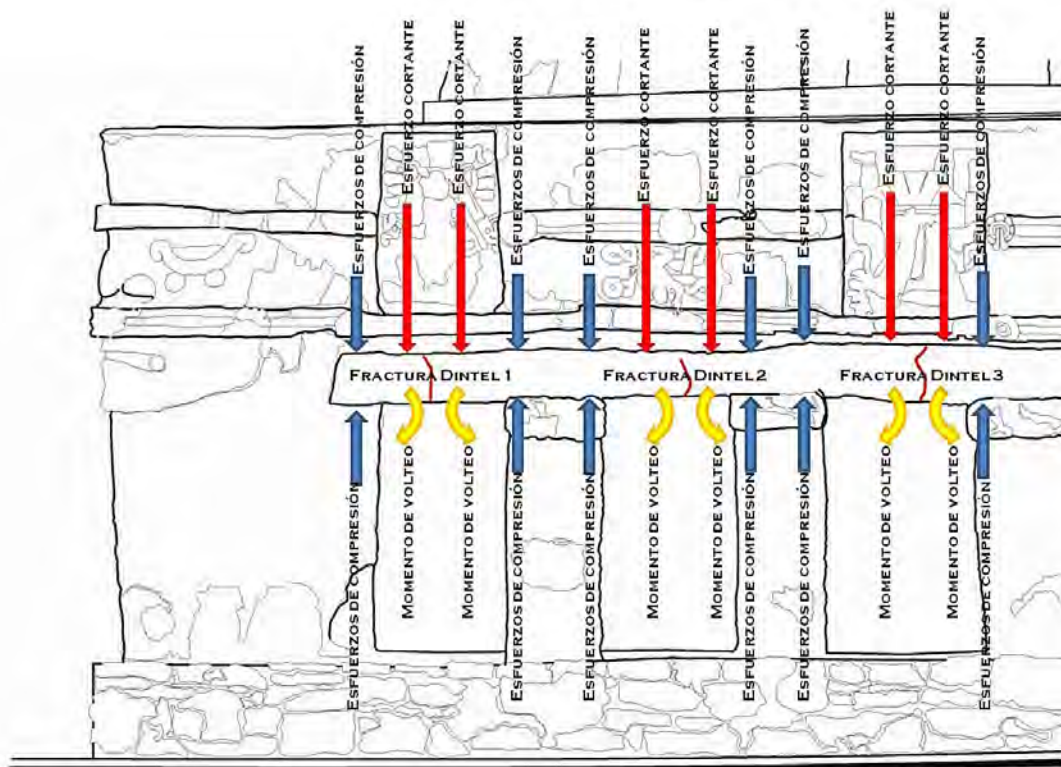
**Figura 50.** Terraza norte y bisel sobre la plataforma o zócalo del Templo Superior. Edificio 16, Tulum. Vista del noroeste. R. Magdaleno, 2014.

#### Apuntalamiento preventivo temporal

Todos los vanos de acceso del Edificio 16 están salvados por dinteles de piedra, en la fachada principal el dintel central y los dos del lado norte –dinteles 1, 2, y 3 en el plano y figura 12- se fracturaron en un tiempo pasado reciente del cual no se encuentra registro, de la misma manera el único vano localizado en la fachada oriente tiene la misma característica –dintel 9 en el plano y figura 12- . Al fracturarse los dinteles estos pierden la función estructural a la que originalmente fueron designados; cada dintel soporta el friso y la bóveda que se localiza encima de ellos, a su vez, transmiten las cargas o el peso hacia las jambas, columnas o pilares que los soportan. Al estar seccionados en dos partes la distribución del peso por encima del dintel se distribuye heterogéneamente cambiando el trabajo estructural de soporte a un trabajo en voladizo, cada sección del dintel se mantiene estable por la compresión ejercida entre su soporte –jamba o columna- y el peso de la bóveda y friso axial al apoyo, pero el peso en la parte media del dintel no tienen una distribución homogénea sobre los apoyos laterales y por el contrario contribuye a un momento de volteo ejerciendo presión sobre la sección anclada del dintel a la columna o jamba (**figura 51**) con el riesgo eminente de producirse una falla estructural por esfuerzo cortante en los extremos de cada dintel.

Además de la pérdida eficiente de trabajo estructural de los dinteles, debemos agregar que la filtración de agua de lluvia al núcleo de la bóveda está disgregando los cementantes originales a base de cal, y como se ha comentado líneas arriba la filtración de agua podría llegar a incrementar hasta en un 70% el peso de las bóvedas, por lo que el riesgo de colapso de los dinteles es latente. Afortunadamente se ha disminuido la filtración de agua pluvial a los núcleos de mampostería de las bóvedas con los trabajos del piso de sacrificio en la terraza, los biseles y chaflanes, y la impermeabilización con jabón y alumbre, como se ha descrito en los apartados anteriores.





**Estructura 16 o Templo de las Pinturas  
Detalle Fachada Principal sección norte**

**Figura 51.** Análisis de los esfuerzos generados por las cargas y las fracturas de los dinteles. Sección norte, fachada principal o poniente, Edificio 16, Tulum. R. Magdaleno, 2013.

Por tal motivo se llevó a cabo un apuntalamiento preventivo de los dinteles antes mencionados ya que estos cuatro están fracturados en la totalidad de su sección. El apuntalamiento tiene un estricto carácter preventivo y temporal y se realizó con equipo de características reversibles y que no afectan ningún elemento integral del edificio. Así también el sistema de apuntalamiento debe constituirse de materiales resistentes a la corrosión, principalmente a la atmósfera salina y húmeda del sitio.

El sistema de apuntalamiento debía responder a las características del inmueble y la especificidad de cada vano a apuntalar; la primera de éstas corresponde a la proximidad de los vanos con la fachada principal del Santuario Interior y lo que significa la superficie pictórica, el ancho de la crujía poniente del primer nivel tiene un ancho irregular que oscila entre los 72 y los 93 cm por lo tanto establecimos que el sistema de apuntalamiento podría estar como máximo a 60 cm del paramento del Santuario, para poder permitir el paso o la circulación por la crujía. Otra de las características particulares es que cada vano tiene claros de diferentes medidas y los lechos bajos de los dinteles también se localizan a diferente altura, de tal manera que cada puntal debe ajustarse a la altura requerida de forma milimétrica y aunque cada puntal sea independiente deben trabajar como unidad. El piso original de estuco se ha perdido casi en su totalidad, existe hoy en día un firme de concreto aparentemente pigmentado que cubre casi la totalidad del piso en las crujías pero no en los vanos de accesos, donde se encuentra expuesta una mampostería irregular que constituye la



superficie del piso por debajo de los dinteles y que será la zona de apoyo de los puntales, así que para nuestro sistema se debió considerar proveer de un desplante firme y nivelado.

Finalmente, el sistema de apuntalamiento debe considerar las condiciones climáticas locales. Precipitación pluvial de 1500 mm anuales; temperatura promedio de 35°C con máximas de 42°C y mínimas de hasta 5°C; vientos dominantes de hasta 30km/h y vientos reinantes de hasta 120 km/h; en Tulum, como en toda la costa del caribe, se considera época de huracanes de los meses de junio a noviembre, por tal motivo debe considerarse la fuerza e intensidad de estos fenómenos en la resistencia de sistema de apuntalamiento; por último, la playa y/o el mar se localiza a 70 metros de distancia aproximadamente, y aunque la fachada que se va a apuntalar es una fachada opuesta al mar, debe considerarse en el sistema de apuntalamiento la corrosión que el agua salina y la arena puedan producir en los materiales.

Al realizarse un cálculo estructural se determinó que la carga que reciben los dinteles es de 2.5 toneladas promedio, por lo tanto determinamos que el sistema de apuntalamiento debe estar preparado para resistir una carga de mínimo 3 toneladas, y así garantizar la estabilidad del sistema y el edificio en dado caso de presentarse un vencimiento de los dinteles.

Los lineamientos establecidos por nosotros mismos para desarrollar el sistema de apuntalamiento permitió generar una directriz clara de las características necesarias que cumplan óptimamente con los objetivos del proyecto y así poder acercarnos a proveedores y fabricantes que pudieran construir o suministrar los materiales para el apuntalamiento. Entre varias empresas se encontró una que ofrecía las características buscadas en el sistema y que cubría las especificidades planteadas.

El sistema de apuntalamiento consiste en cuatro postes de acero galvanizado con placas de acero en su base y un tornillo de ajuste que permite alcanzar la altura necesaria. Los cuatro postes llevan al centro abrazaderas articuladas para la colocación de tubos perpendiculares en posición horizontal que sujetan y dan unidad a los postes.

Los postes soportarán un sistema de vigas de aluminio, dos de ellas se apoyarán directamente sobre los postes y las dos restantes irán apoyadas sobre las primeras vigas –sistema de vigas primarias y secundarias-, el sistema de vigas a su vez soportará un panel de triplay de alta densidad conocido como HDO mismo que será la superficie de contacto del sistema de apuntalamiento con los dinteles.

Cada unidad de puntales –una unidad está conformada por cuatro postes, cuatro vigas y el panel de triplay HDO y cada unidad corresponde a un vano- estará unida a la unidad contigua por medio de largueros de tubo de acero galvanizado cuya función es de contraventeo; trabajando todas las unidades como un solo sistema estructural.

La ejecución del apuntalamiento se realizó en los procesos que a continuación se describen.

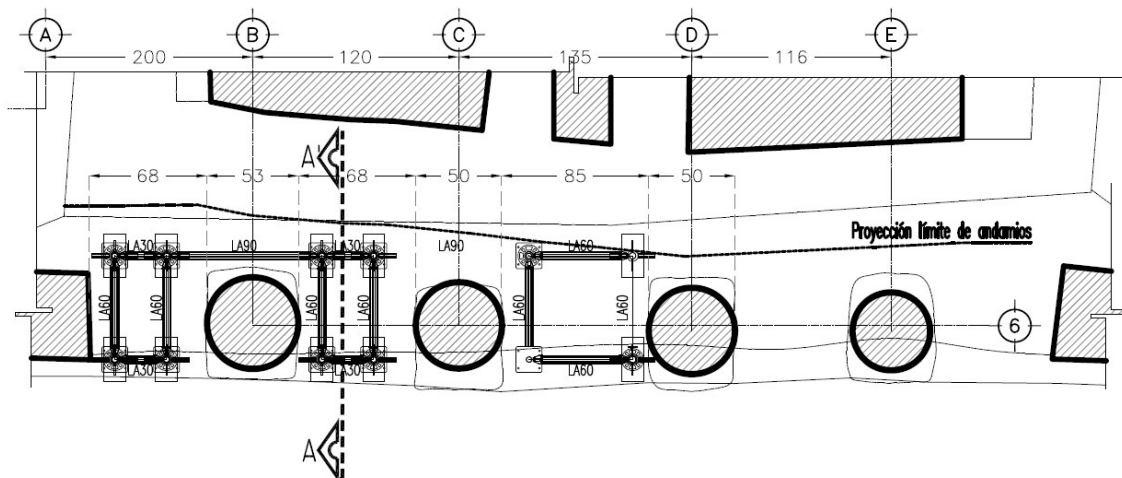
El primer paso consistió en la colocación de placas de *nylamid* -polietileno de alta densidad- para evitar el contacto directo de las placas metálicas del sistema de apuntalamiento con el piso del templo conformado de mampostería de caliza y algunos segmentos donde se conserva el aplanado original formado por un entortado a base de cal y un bruñido de estuco con restos de pigmento rojo en algunos sectores. Ninguna sección de estuco bruñido o con pigmento quedo por debajo de las placas.

Las placas fueron cortadas en secciones de 25 por 25 cm y se colocaron el número necesario para nivelar los apoyos, esto iba de tres a cinco placas sobrepuestas para lograr la nivelación de los postes del apuntalamiento. Para lograr la nivelación de los postes se tomaron niveles de manguera para que cada uno de los apoyos –postes- desplantara a la misma altura (figura 52).



**Figura 52.** Nivelación de las bases del sistema de apuntalamiento de los dinteles fracturados en el Edificio 16 de Tulum. R. Magdaleno, 2013.

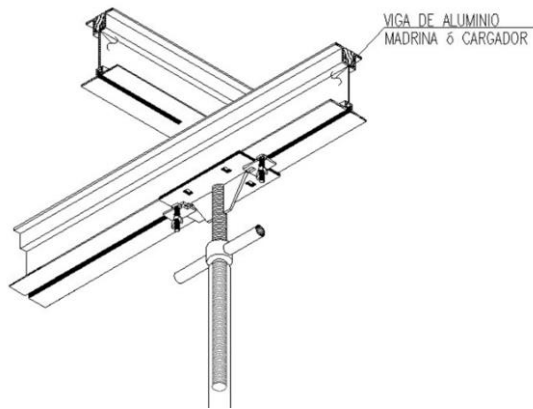
Posteriormente se colocaron los postes con sus bases atornilladas con sistema de tornillo, rondana y tuerca; cada poste con su base fue ensamblado formando un rectángulo de cuatro postes unidos con largueros de 60 cm de 30 cm de largo mismos que se ensamblaron con un sistema de macho-hembra integrado en los largueros y postes. Colocados los tres sistemas de postes en los vanos de acceso en la fachada principal estos se rigidizaron a través de largueros que hacen la veces de contraventeos y unifican el trabajo estructural de los tres sistemas independientes, es decir, que el peso de un puntal se distribuye a los otros dos a través de este sistema (figura 53).



MODULACIÓN DE APUNTALAMIENTO PARA DINTEL (Postes y largueros) -PLANTA-

**Figura 53.** Planta de los vanos frontales del primer nivel del Edificio 16 de Tulum donde se muestra el despiece del apuntalamiento. R. Magdaleno, 2013; con base al proyecto generado por CIMBRAMEX.

Los postes son tubulares huecos de acero galvanizado que permiten el acoplamiento de los tornillos de ajuste, barras tubulares con cuerda que funcionan a manera de vástago y permiten con una manivela ajustar la altura deseada en la longitud del poste; los tornillos se rematan en una base –placa- donde se apoyan las vigas primarias de aluminio y se ensamblan a través de clips –tornillos con mariposa- que permiten la sujeción a través de un canal existente en las vigas en perforaciones ex profeso sobre las placas o bases de los tornillos de ajuste (figura 54).



**Figura 54.** Detalle del tornillo de ajuste y vigas para el apuntalamiento de los dinteles fracturados en el Edificio 16 de Tulum.

Encima de las vigas primarias se colocaron dos vigas secundarias de forma perpendicular a las vigas primarias y sujetándose a éstas con el sistema de clips. Sobre estas últimas vigas se fijó una tabla de triplay HDO de  $\frac{3}{4}$ " con tratamiento en superficie para el intemperismo. Terminado de colocar todo el sistema de apuntalamiento se procedió a ajustar al punto de contacto los triplay con los dinteles del edificio por medio de los tornillos de ajuste en una secuencia coordinada de giro en las cuatro manivelas para subir homogéneamente el apuntalamiento.

Finalmente en cada vano se llegó al contacto con el dintel, siendo diferente la altura a la que se encuentra el lecho bajo de cada uno de estos (**figura 55**). Cabe destacar que el

apuntalamiento solo es a contacto y en ningún momento se tiene la intención de ejercer un esfuerzo de compresión o de cargar el dintel; el apuntalamiento es de carácter preventivo y su función es recibir y soportar el dintel y el peso de la bóveda si el primero llegara a fallar estructuralmente.



**Figura 55.** Detalle de la mitad norte de la fachada principal del Edificio 16 de Tulum con la colocación de los tres sistemas de apuntalamiento bajo los dinteles fracturados. R. Magdaleno, 2013.

## Estudios geofísicos

Desde el año 2011 se ha llevado a cabo el monitoreo anual de grietas del Edificio 16, como ya se observó en el apartado *Monitoreo mecánico-estructural*, la variabilidad de las mediciones obtenidas se ha ido incrementando en la mayoría de las grietas, por lo tanto, se ha determinado que dichas fluctuaciones corresponden a una dinámica de movimiento estructural sin poder determinar por el momento el origen de la misma.

Se planteó la hipótesis que la formación e incremento de las grietas se debe a un fenómeno asociado a su desplante o cimentación asociado con los problemas de filtración pluvial y la disgregación de sus morteros y las matrices de la piedra. De igual manera, se ha planteado que la fractura de los dinteles solo puede explicarse a partir de un problema asociado a la cimentación, ya que no se reconocen esfuerzos o cargas que pudieran provocar estas fallas estructurales.

Para la investigación específica de las causas que estuviesen afectando al inmueble, y con la imposibilidad de realizar una cala directamente en el piso del edificio o en el perímetro exterior de su plataforma de desplante se decidió realizar un estudio geofísico del edificio y de su contexto inmediato. Para ello se plantearon dos hipótesis, la primera de ellas postulada desde el dictamen estructural realizado al inmueble en el 2011, formula la presencia de cavidades por debajo del inmueble que estuviese afectando directamente la estabilidad del subsuelo y por ende en el edificio, con hundimientos diferenciales que se reflejaran en la formación de las grietas. La segunda hipótesis estriba en la posibilidad de localizar trabajos antrópicos como la presencia de rellenos artificiales o restos de una subestructura que estuviera generando los procesos de hundimiento diferencial, y que dicho relleno ahora sea inestable. Los estudios determinarían también las posibles afectaciones generadas directa o indirectamente por las escorrentías pluviales ya que el Edificio 16 se emplaza en la zona baja del asentamiento de Tulum en medio de dos elevaciones topográficas localizadas al oriente –zona de El Castillo- y poniente –zona de la muralla- que aparentemente concentran las escorrentías y filtraciones pluviales en el sector del Templo de las Pinturas.

En resumen, los objetivos del estudio geofísico son los siguientes:

- Comprender los procesos de hundimiento diferencial del Edificio 16 o Templo de las Pinturas.
- Detectar fallas o colapsos en la roca madre que pudieran estar relacionadas con el hundimiento diferencial del Edificio.
- Conocer las técnicas empleadas por los mayas para el relleno o nivelación, de confirmarse su existencia.
- Determinar el espesor de los rellenos.
- Detectar disgregación de los materiales de relleno bajos.
- Detectar posibles subestructuras así como la relación entre ellas y las estructuras superiores, que pudieran afectar la estabilidad de las mismas.
- Documentar y analizar de manera detallada la topografía o relieve del sitio.
- Detectar la dinámica de circulación de agua de lluvia en el sitio, zonas de estancamiento, así como las vías de drenaje.

Actividades a desarrollar:

- Para detectar el contacto con la roca madre y determinar la posible presencia de subestructuras y/o rellenos se propone efectuar un estudio de georradar en los alrededores



y en el interior del Edificio 16, complementado con estudios de resistividad eléctrica en las áreas en que sea posible. Asimismo, se propone el estudio de diversas líneas que crucen de oriente a poniente el sitio (de afloramientos de roca madre de un lado del sitio a los afloramientos del otro lado, pasando por el centro en el cual se detectan bajos).

- Obtener un registro topográfico confiable del sitio con cotas de 20cm. Se efectuará un levantamiento topográfico a partir de la restitución fotogramétrica de imágenes aéreas obtenidas con *drone* –hexacóptero con cámara fotográfica- en las áreas abiertas al sitio, complementado con el levantamiento con GPS diferencial.
- A fin de verificar los datos obtenidos con el georradar, la resistencia eléctrica y con el levantamiento topográfico se propone llevará cabo sondeos del rellenos de bajos mediante nucleadores manuales en las partes de mayor acumulación de sedimentos para determinar con exactitud la profundidad a la que se encuentra el contacto con la roca madre y el tipo de sedimentos acumulados en estas zonas.

Para los estudios geofísicos se contó con la colaboración del Dr. Luis A. Barba Pingarrón y su equipo, del Laboratorio de Prospección Arqueológica del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, con quienes se realizó la planeación de la investigación y ellos están llevando a cabo el procesamiento de datos, los análisis de la información y la interpretación de los resultados, los trabajos se realizaron en febrero de 2015 y en marzo de 2016.

Para poder cumplir con los objetivos del estudio, era fundamental, en primer lugar, obtener un registro topográfico confiable del sitio ya que hasta ese momento no existía un levantamiento topográfico detallado. Se pretendía realizar un levantamiento topográfico a partir de la restitución fotogramétrica de imágenes aéreas obtenidas con *drone* –hexacóptero con cámara fotográfica-. Lamentablemente no se ha podido emplear un *drone* para el levantamiento pero está planeado a corto plazo en el proyecto.

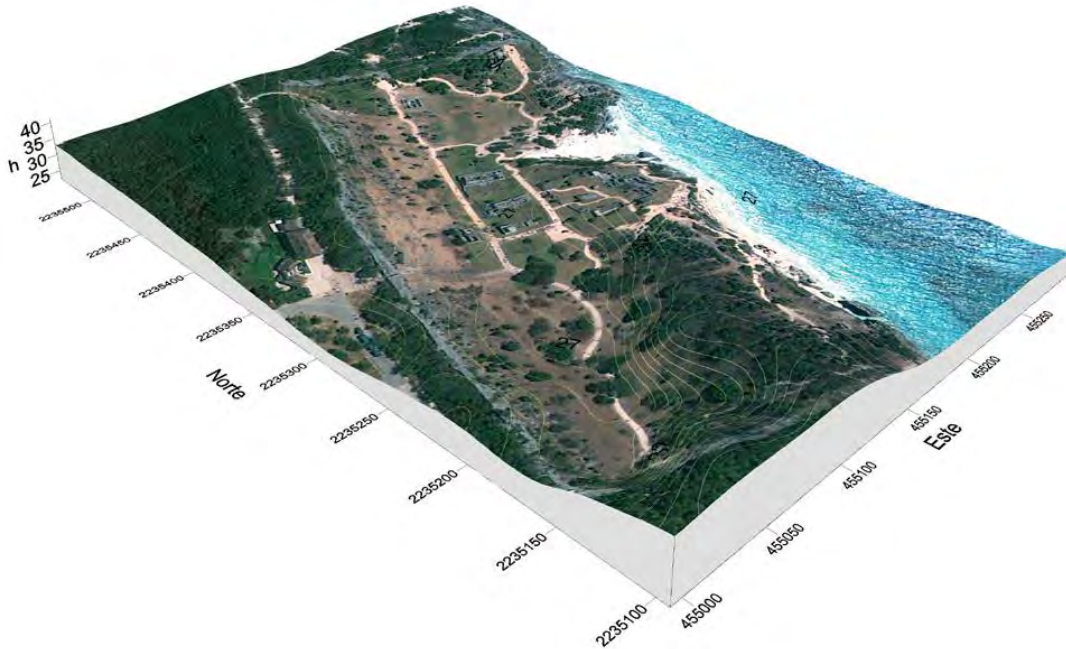
Mientras tanto, *in situ* se realizó un levantamiento topográfico de todo el sitio con un GPS diferencial AshTech de precisión centimétrica (**figura 56**). Se tomaron más de 350 puntos tanto al interior como en el perímetro inmediato exterior de la muralla, así como en la parte alta de ésta última. Prácticamente no existió ningún problema en la realización de la toma de puntos excepto en la sección sureste del sitio por la densa vegetación que ahí se conserva, lo que interfirió en la comunicación satelital del instrumento y en las lecturas.



Con todas las posiciones georreferenciadas se produjo un mapa topográfico y utilizando una imagen satelital de Google Earth de alta resolución se obtuvo un modelo digital de la elevación de la zona arqueológica. Primeramente se realizó un mapa en planta con escala cromática para referenciar las diversas alturas del terreno. El modelo tridimensional con la textura de la imagen satelital de Google Earth permite

**Figura 56.**Proceso del levantamiento topográfico sobre la sección sur de la muralla de Tulum. Foto PMQR 2015.

observar más claramente los niveles del sitio y su relación con las estructuras que lo conforman (figura 57).



**Figura 57.** Topografía de la Zona Arqueológica de Tulum obtenida de los datos tomados in situ y vaciados en una imagen satelital de Google Earth®. Imagen PMQR 2015.

Las lecturas a los resultados de la topografía realizados con el GPS diferencial permiten distinguir una pendiente descendente hacia la parte media y central del sitio. En el sector central se puede observar una pendiente que baja de sur a norte localizándose en este sector el área más baja de la topografía donde la mayoría de la superficie se encuentra a 1.5 msnm. Existe una salida natural de los escurrimientos pluviales en el sitio, éstos parecen dirigirse hacia la esquina noreste de esta zona baja, donde se localiza la entrada al cenote, área donde las curvas de nivel indican un nivel 0 msnm.

Siguiendo los datos topográficos, el emplazamiento del Edificio 16 corresponde a un área homogénea situada a 5 msnm pero que recibe las bajadas pluviales de las zonas más elevadas localizada la primera al oriente correspondiente a la zona de El Castillo con elevaciones de 12.5 msnm y por el occidente donde el área elevada alcanza los 9.5 msnm y es donde localizamos el emplazamiento de la muralla poniente.

La topografía muestra que no existe una salida rápida de las escorrentías pluviales provenientes de las partes elevadas de la zona, que mucha de esta agua se concentra en la parte media del sitio – donde se localiza el Edificio 16- y que ésta agua tendería a canalizarse hacia el área norte del asentamiento, pero este fenómeno solo se puede observar sobre la superficie cuando hay precipitaciones de gran volumen, por lo que, al igual que en el resto de la península de Yucatán, el agua de lluvia tiende a filtrarse en el subsuelo cárstico.

Para conocer las técnicas empleadas por los mayas para el relleno o nivelación de los bajos u hondonadas y determinar el espesor de los rellenos, paralelamente se realizó una investigación bibliográfica referente a excavaciones arqueológicas previas en el sitio que ayudaran a determinar la existencia de rellenos artificiales y la posible profundidad de la roca madre. La principal fuente de información fueron los trabajos realizados por William T. Sanders (1960) acerca de las secuencias cerámicas y los estudios de patrón de asentamiento realizados en la región y por tanto en Tulum. En la publicación principal de este trabajo titulada *Prehistoric ceramic and settlement patterns in Quintana Roo, México* muestra en un mapa del sitio la ubicación de los pozos y trincheras realizados en su proyecto, se destaca en los resultados que nos interesan específicamente para determinar la geología y los rellenos que Sanders no localiza rellenos profundos y en ocasiones escaso o nulo material cerámico en los pozos realizados (**figura 58**).

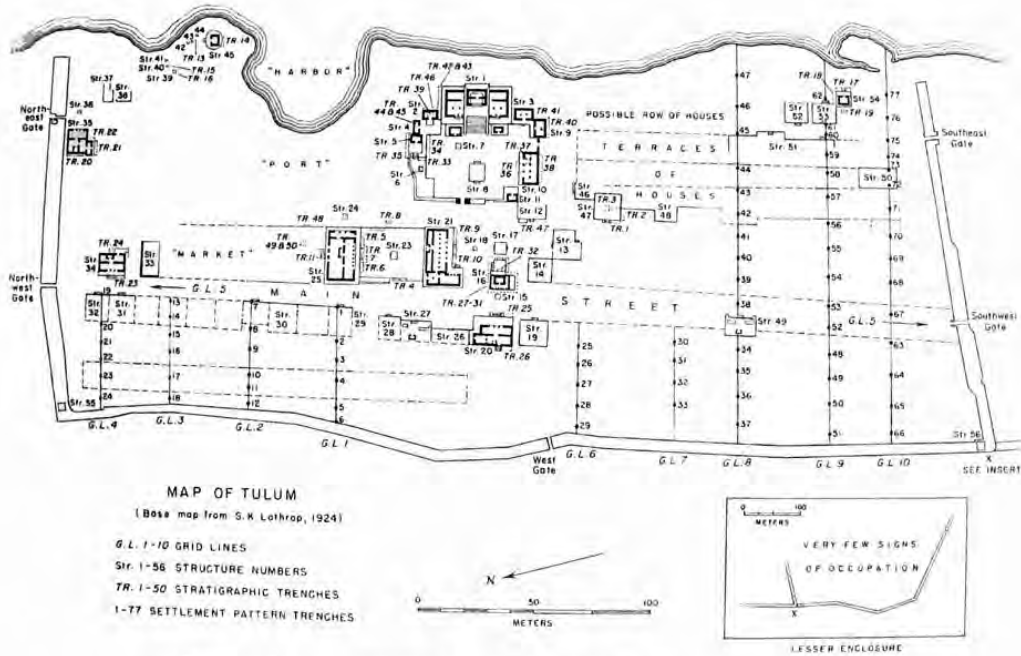


Figura 5 Plano de Tulum con las excavaciones de W. T. Sanders, (1960) basado en Lothrop, (1924)

**Figura 58.** Plano de Tulum con la ubicación de las líneas, pozos y trincheras de excavación realizados por William T. Sanders. Tomado de W. T. Sanders, 1960.

Desde los años 90's del siglo pasado al sitio arqueológico lo cubrieron con pasto en todas sus superficies y generaron corredores o andadores para los visitantes con superficies de grava y tierra compactada, aún con esto, son visibles muchos afloramientos de roca madre por todo el sitio, principalmente hacia las partes elevadas cerca de la muralla o en el Recinto Interior al pie de El Castillo, pero los pastos parecen ocultar estos afloramientos -de existir- próximos al Edificio 16, el más cercano visible se localiza hacia el noreste del edificio aproximadamente a unos 3 m de la plataforma adosada que tiene en su parte posterior.



**Figura 59.** Nucleadores para determinar la profundidad de la roca madre y el espesor de los rellenos de existir, fachada norte del Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. Foto PMQR 2015.

Estos antecedentes –los estudios de W. Sanders y la identificación de afloramientos *in situ*– proporcionaron suficiente información para considerar que el desplante de los edificios debía darse sobre la roca madre con pocos o nulos rellenos. Para su verificación se realizaron sondeos en el terreno inmediato al edificio mediante nucleadores, se realizaron en las partes de mayor acumulación de sedimentos para determinar con exactitud la profundidad a la que se encuentra el contacto con la roca madre y el tipo de sedimentos acumulados en estas zonas. Los trabajos se realizaron en la explanada norte y sobre el perímetro de la fachada septentrional del Edificio 16. Los nucleadores no penetraron más de 10 cm, obteniéndose principalmente tierra vegetal, misma que cubre la mayor parte del sitio y que

fue colocada recientemente –como se ha comentado– para mejorar la presentación de la zona arqueológica (**figura 59**).

Todo indica que el nivel de la roca madre está muy próximo al desplante del Edificio 16 y de la mayoría de los edificios en el sitio. Por lo tanto, podemos descartar la posibilidad de grandes rellenos artificiales para nivelaciones y de existir, estos serán menores y posiblemente para rellenar pequeñas cavidades o bajos, es decir, nivelar el terreno<sup>5</sup>. En consecuencia tampoco hay espacio para sospechar la presencia de subestructuras.

Suponiendo entonces que el edificio se desplante directamente sobre la roca madre se calcula entonces una resistencia del suelo cárstico de 15 T/m<sup>2</sup> como mínimo. Siguiendo los cálculos realizados para determinar el peso del inmueble y el área de cimentación se determinó que el peso de la estructura sin considerar el muro de contención oscila en las 367 toneladas incluyéndose la plataforma de desplante en este cálculo, si entendemos que el área de cimentación es la resultante de la división entre el peso del edificio y la resistencia del terreno entonces necesitaría 24.46 m<sup>2</sup> como mínimo de superficie de desplante para que no se generen hundimientos. La superficie de la plataforma de desplante del Edificio 16 se calculó en 44 m<sup>2</sup>, por lo tanto, la carga hacia el terreno del edificio se traduce en 8.34 T/m<sup>2</sup>, carga mucho menor a la capacidad del suelo.

Este cálculo no involucra el muro de contención, ya que no hay evidencia arqueológica que compruebe que se desplante sobre la misma plataforma del edificio, pareciera ser más bien una carga puntual, de cualquier manera si sumamos su peso calculado en 93.6 T, sumados a la carga total del edificio llegaríamos a 460.6 T, pero la superficie se incrementaría a 55 m<sup>2</sup>, por lo tanto el peso hacia el terreno sería de 8.37 T/m<sup>2</sup>, prácticamente no tendríamos cambios respecto al cálculo anterior.

---

<sup>5</sup> Siguiendo las tradiciones constructivas mayas, la plataforma de desplante del Edificio 16 es el trabajo de infraestructura cuya finalidad es nivelar el terreno, generar la cimentación expuesta del edificio y generar un nivel elevado para evitar inundaciones al interior.



Siguiendo los cálculos, entonces, no se explicaría mediante la relación del peso del edificio y la resistencia del terreno los problemas estructurales y el posible hundimiento. Sumando estos datos a los obtenidos por lo nucleadores que descartan algún relleno, solamente podríamos explicar este fenómeno por la existencia de fallas tectónicas, fracturas o cavidades en el subsuelo.

Para comprender entonces los procesos de hundimiento diferencial del Edificio 16 se realizaron estudios geofísicos en sus inmediaciones así como en las partes bajas del asentamiento para determinar las condiciones del subsuelo en este sector.

Como primera aproximación se hicieron transectos de georadar con el equipo SIR-3000 de GSSI de 200 MHz en los andadores y áreas planas del sitio alcanzando una profundidad de 5 m. Con esta estrategia se obtuvo información general de las condiciones del sitio y se observó que en algunas zonas se pueden encontrar reflexiones intensas que contrastan con zonas muy homogéneas.

También se utilizó una antena de 400 MHz para determinar con mayor detalle las condiciones y características más superficiales de zonas más restringidas. Con la antena de 200 MHz se realizaron dos líneas, una al oriente y otra al poniente de la sección baja del asentamiento siguiendo los actuales andadores peatonales para los visitantes que quedan al frente y por la sección posterior del Edificio 16 (**figura 60**). Cada tramo del recorrido de la antena se hizo de una longitud de 50 m sumando varios tramos por cada línea –oriente y poniente- obteniendo un total de 400 m lineales en cada una. A estas se suman las líneas que se realizaron en las fachadas oriente, norte y poniente del edificio.



**Figura 60.** Paso de líneas de prospección con la antena de georadar de 400 hrz sobre el andador frente al Edificio 16 o Templo de las Pinturas. Foto PMQR 2015.

Para completar la información obtenida se hizo un estudio detallado con el equipo Geoscan RM15 para medir la resistividad eléctrica de algunas zonas específicas, principalmente al frente –fachada poniente- del Edificio 16 (**figura 61**).



De los radargramas procedentes de las líneas mayores tomadas en sentido norte-sur, presentan aparentemente una capa muy homogénea directamente en superficie o a escasa profundidad, pero en diversos puntos aparecen anomalías que van desde un metro de profundidad hasta los cuatro metros. La

**Figura 61.** Proceso de prospección por resistividad eléctrica frente al Edificio 16 o Templo de las Pinturas, Tulum. Foto PMQR 2015.

presencia y variabilidad de tamaño y profundidad de las mismas parecen estar estrechamente relacionadas con las características intrínsecas de un suelo cárstico con fallas geológicas, principalmente oquedades o sistemas de pequeñas cavernas. En los radargramas se ha interpretado que “las áreas oscuras mostradas en color negro y rojo revelan un subsuelo de composición homogénea, mientras que las reflexiones en gris y blanco son producidas por cavidades y fracturamientos” (Barba et al., 2016) (**figura 62**).



**Figura 62.** Fotografía satelital tomada de Google Earth® de la sección norte de Tulum con la presentación de la línea de radargramas obtenidas por el andador oriente del sitio. Foto PMQR 2015.

Los radargramas alrededor del Edificio 16 presentan las mismas anomalías, a su vez el mapa geoelectrico obtenido con las antenas de resistividad eléctrica coinciden perfectamente con la misma información, la presencia de cavidades o fracturas del subsuelo.

Durante la temporada de febrero de 2015 también se hizo una observación geológica en la costa para revisar las características de la roca madre en el escarpe hacia el mar. En dicho recorrido se confirmó la presencia de un gran número de cavernas de disolución que a diferentes alturas aparecen en la superficie del corte. La superficie del acantilado al eje de El Castillo presenta claramente las cavernas de disolución entre el 1.5 y los 2 metros de profundidad respecto a la superficie (**figura 63**).



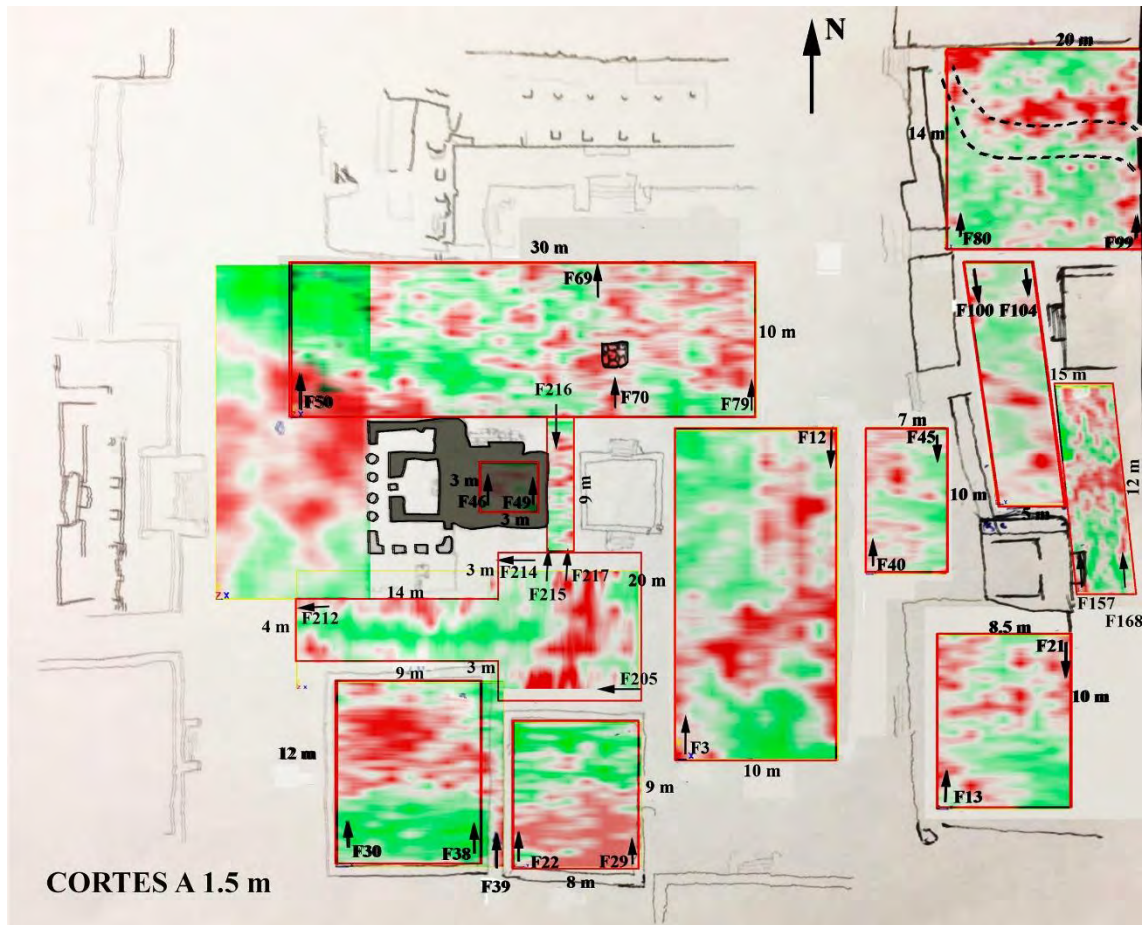
**Figura 63.** Farallón de Tulum, en la imagen se indica una de las muchas cavernas que pueden verse desde el mar; en el ángulo superior derecho de la imagen el Edificio 1 o El Castillo. Tulum. R. Magdaleno, 2015.

En relación con todos los datos recopilados en el proceso de investigación se concluye que:

- El emplazamiento del Edificio 16 se localiza en una zona baja del terreno, donde convergen escorrentías de los terrenos altos que después se filtran al subsuelo y se drenan hacia el norte del terreno hacia un terreno más bajo.
- Existen muchos puntos de afloramiento de roca madre y tanto las excavaciones arqueológicas como las pruebas con nucleadores indican la inexistencia de rellenos artificiales y todo indica que el inmueble se desplanta sobre la roca madre.
- La resistencia del terreno es capaz de soportar el peso o cargas del edificio como lo muestran los cálculos, por lo que los hundimientos solamente se explicarían por fallas tectónicas.
- La geología en la formación cárstica, observada desde la costa, presenta cavidades de disolución características de esta formación, generadas por las filtraciones pluviales en un proceso de erosión que a través del tiempo ha conformado la gran red de ríos subterráneos de la península de Yucatán y finalmente el origen de los cenotes.
- En la formación geológica parece presentarse un sustrato compacto y duro de espesor variable de 1.5 a 2 metros en promedio. Por debajo de éste se localizan el primer nivel de las cavidades de disolución. Siguiendo los datos de los radargramas estas cavidades van del 1.5 a los 2.5 metros de altura.
- Los mapas geoelectrónicos y los radargramas permiten identificar una gran cantidad de cavidades de disolución y fracturas por todo el sitio; así como en el perímetro inmediato al Edificio 16. De menos existen dos cavidades de disolución localizados por debajo del inmueble aproximadamente a 1.5 metros de profundidad, los dos parecen ser de gran longitud y describen una dirección oriente-poniente, uno pasa por debajo del lado sur mientras que el segundo coincide con el lado norte (**figuras 64, 65 y 66**).



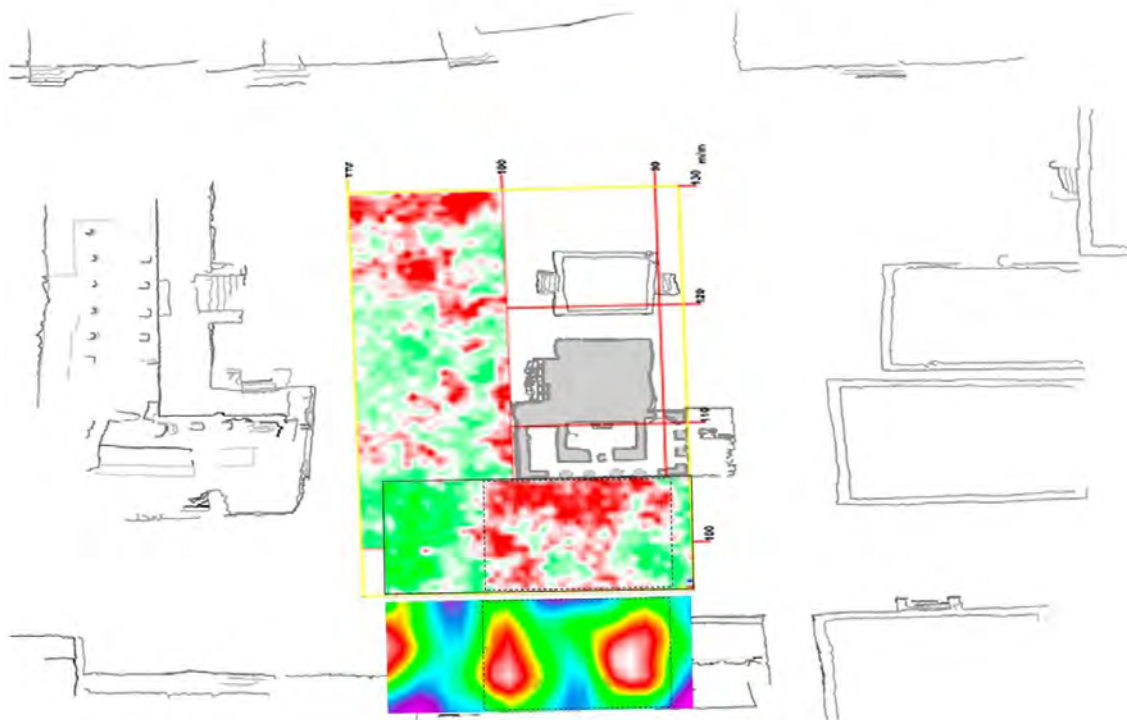
- Ambas cavidades de disolución parecen estar directamente relacionadas con los problemas estructurales del edificio; siguiendo los resultados arrojados por el monitoreo de las grietas, la esquina noroeste parece describir un asentamiento en dirección norte-noroeste. Algunos antecedentes del edificio pueden estar directamente relacionados con este fenómeno como el colapso que sufrió la bóveda de la crujía norte reportada a principios del siglo XX. Por lo tanto, podemos considerar que la cavidad norte es la más inestable o la que ha presentado en tiempos recientes fracturas, asentamientos, colapsos o derrumbes parciales que repercuten en la sección norte y frontal del inmueble.



**Figura 64.** Líneas de radargramas alrededor del Edificio 16, mostrando un estrato a 1.50 m de profundidad; en esta imagen las áreas en verde presentan zonas donde el material del subsuelo tiene una composición homogénea, mientras que las secciones en rojo representan anomalías por diferencia de material o presencia de agua o aire, en este caso parecen indicar la presencia de cavernas de disolución, características del sitio. Nótese la concentración de anomalías en la esquina noroeste del Edificio 16, así como en paralelo a su fachada norte. L. Barba, 2016.

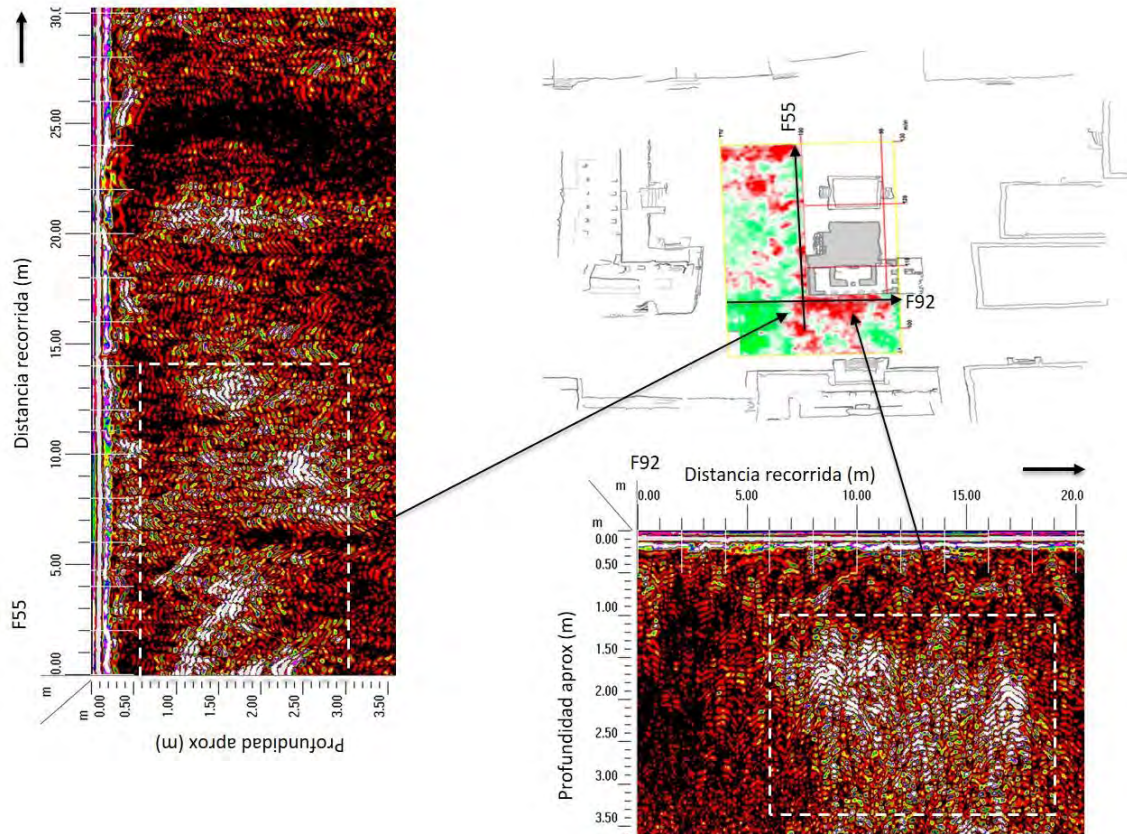


## Comparación entre mapa geoelectrico y corte de georradar



**Figura 65.** En la comparación del corte de profundidad de georradar con el mapa eléctrico se observa la las zonas rojas en ambas técnicas sugieren una zona con cavidades y fracturamientos en la roca madre. L. Barba, J. Blancas, 2016.

## Radargramas representativos sobre las anomalías



**Figura 66.** Dos radargramas en distintas zonas alrededor del Edificio 16 registran reflexiones de gran intensidad (en color blanco en los radargramas) asociadas con las anomalías en el corte de profundidad (zonas rojas). Estas zonas están relacionadas con cavidades y fracturamientos (carsticidad en la roca madre). L. Barba, J. Blancas, 2016.

## Edificio 1 o El Castillo, Z.A. Tulum

"Corrimos el día y la noche por esta costa, y al día siguiente, cerca de ponerse el sol, vimos muy lejos un pueblo o aldea tan grande, que la ciudad de Sevilla no podría parecer mayor ni menor y se veía en él una torre muy grande."

Juan Díaz de Solís

Soldado de la expedición de Juan de Grijalva, 1518  
*Itinerario que surgió la armada de Juan de Grijalva en 1518*

Es el edificio más grande y sin duda el más reconocido del sitio, aunque posiblemente no sea el más emblemático y lamentablemente en la actualidad no es el mejor conservado, pues ha perdido muchos de sus acabados. Posicionado en la parte central y más elevada del sitio, rodeado de una muralla con accesos controlados -que hoy le llamamos Recinto Interior-, El Castillo fue el edificio dominante y más importante de la ciudad.

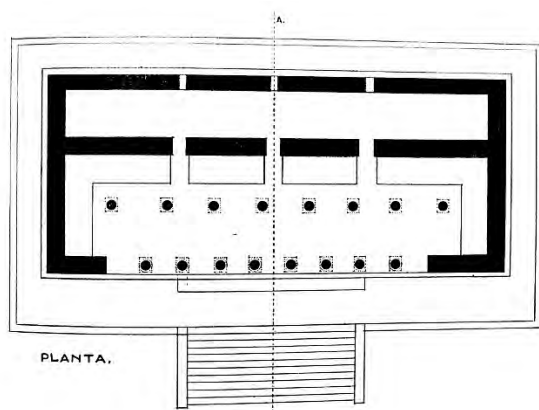
El Edificio 1 puede verse desde cualquier punto libre de vegetación dentro de la ciudad arqueológica, como debió verse en el pasado, pero más importante aún es el que pueda observarse prominente visto desde el mar (**figura 67**).



**Figura 67.** La costa de Tulum y el Edificio 1 o el Castillo, visto del sureste. R. Magdaleno, 2015.

## Diagnóstico de conservación

El complejo arquitectónico del Edificio 1 o El Castillo presenta aparentemente dos claras y bien diferenciadas etapas constructivas. La más temprana de ellas corresponde a un largo edificio de tipo galería, desplantado sobre una plataforma de larga escalera frontal que conduce a un pórtico de acceso conformado por 8 columnas que soportaban los dinteles de los nueve vanos de acceso. La planta arquitectónica estaba conformada por dos largas y amplias crujeas paralelas, la primera de ellas, a la que se accede desde el pórtico que forma la fachada principal al poniente es una sala hipóstila con columnas centrales que junto a los muros y las columnas del acceso soportaban un sistema de vigas-morillos-colado que conformaba la cubierta del edificio, en esta sala hipóstila se localizan banquetas adosadas en sus muros oriente, norte y sur; la segunda crujía, más angosta que su predecesora formaba un salón longitudinal con ventanas hacia el oriente, el sistema constructivo de la cubierta se replica exceptuando la presencia de columnas centrales por lo que ésta segunda crujía no es una sala hipóstila (**figura 68**).



**Figura 68.** Planta arquitectónica de la primera etapa constructiva del Edificio 1 o El Castillo, tomado de Lothrop, 1924.

La segunda etapa constructiva consistió en la clausura de la parte central del edificio rellenándose sus dos crujeas parcialmente para formar un basamento piramidal donde se construirá una superestructura de dos crujeas o cámaras paralelas (**figura 69**), esta sobreposición arquitectónica es la que da el nombre al edificio. La construcción de éste basamento no clausuró completamente los salones de la primera etapa, los divide en dos secciones –norte y sur–, continuando su uso aunque posiblemente con otra función. Es en este momento de la construcción de la segunda etapa cuando se genera un pasillo abovedado en sentido norte-sur que tomando como eje el muro central de las dos galerías de la primera etapa constructiva permitirá el paso y la comunicación de las dos nuevas salas

hipóstilas que flanquean al basamento -ver figura 69-. En el actual muro oriente del pasillo abovedado se localiza un vano de acceso tapiado, éste parece conducir a una habitación directamente por debajo del Templo aparentemente generada al momento de la sobreposición arquitectónica y que seguramente el peso del Templo obligo a clausurarla rellenándola y tapiando su acceso. Flanqueando esta entrada, en toda la extensión del muro oriental del pasillo, se generó un complejo programa de pintura mural.

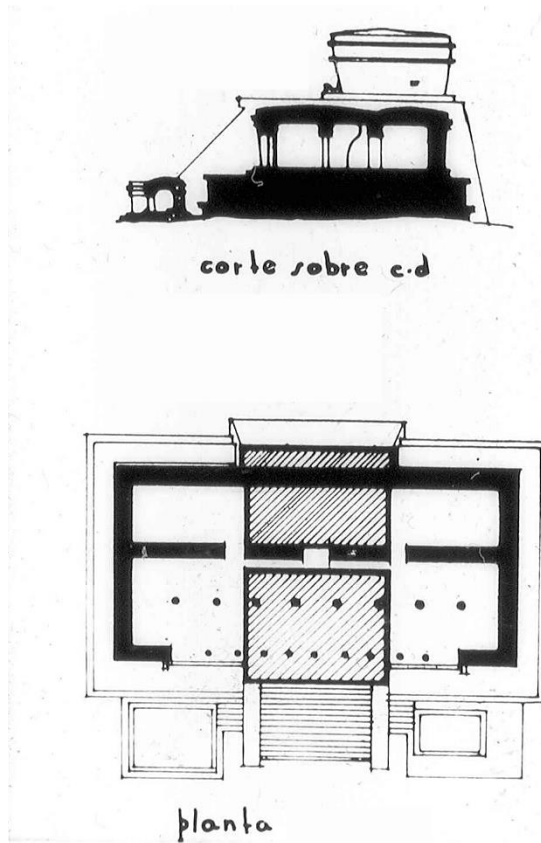
Las primeras referencias acerca de la pintura mural de éste pasillo son las que publica Miguel Ángel Fernández en el año de 1945<sup>6</sup>, quien además de identificar cinco sobreposiciones de enlucido observa y describe dos programas de pintura mural sobre este paramento correspondientes a la primera y tercera capa de aplanado<sup>7</sup>, siendo el más temprano un poco burdo en su trazo y solamente

<sup>6</sup> Fernández, Miguel Ángel. "Las Ruinas de Tulum II" en *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia, Tomo I, 1939-1940*, Secretaría de Educación Pública, 1945, pp 95-120.

<sup>7</sup> *Ibid.*:103



delineado con negro, mientras el más tardío presenta un trazo firme, policromía y excelsos detalles (figura 70). Él mismo realiza una primera intervención de conservación y publica algunas fotografías y dibujos de la pintura<sup>8</sup> (figura 71).



**Figura 69.** Planta y corte de la sobreposición arquitectónica del Edificio 1 o El Castillo, tomado de Lothrop, 1924.



**Figura 70.** Dibujo del personaje con máscara de turquesa, localizado en el extremo sur del pasillo bajo el Templo del Edificio 1. Tomado de Fernández 1945.

**Figura 71.** Dibujo del registro de las dos etapas pictóricas registradas en el pasillo bajo el Templo del Edificio 1, a la izquierda el de la primera etapa de trazo burdo y delineado en negro, a la derecha el diseño de la tercera capa de estuco con trazo firme y policromía. Tomado de Fernández 1945.



<sup>8</sup> Ibid.

A partir del año 2010 cuando se realiza un primer diagnóstico base para el PMQR se ha identificado un complejo problema de humectación de esta superficie y ataque de microorganismos que han alterado y lamentablemente generado la pérdida de muchos elementos de la pintura mural referidos por Fernández (**figura 72**).



**Figura 72.** Detalle del rostro del personaje con máscara de turquesa –véase figura 70-; pasillo bajo el Templo de El Castillo o Edificio 1. PMQR, 2015.

#### Hipótesis del origen de los agentes de deterioro

Desde 1938, Miguel Ángel Fernández encontró marcados problemas en el estado de conservación de las pinturas del pasillo abovedado y ello lo atribuyó a constantes filtraciones de humedad. Al respecto comenta: “... procedí a limpiar los muros donde se encuentran los frescos más interesantes que corresponden a la subestructura y que están en el pasillo y que por las filtraciones constantes las encontré en pésimas condiciones, pues se había formado una gruesa capa de carbonato de cal...” (Fernández, 1945:101)

En el punto de avance de esta investigación aún no tenemos claro el estado del basamento y del pasillo abovedado después de los trabajos de consolidación que Fernández efectuó en toda la



estructura y entre este momento y la siguiente información que hemos hallado entre los informes de intervenciones en el sitio. La siguiente noticia sobre la pintura mural del pasillo abovedado la proporciona el Arq'lgo. Guillermo Goñi (1994). En noviembre de 1993, previo a efectuar trabajos de mantenimiento en el sitio, hace un diagnóstico del Castillo y reporta lo siguiente: “El problema más urgente que presenta el “Castillo” es la presencia de filtraciones de agua en el pasillo abovedado que une las dos secciones del nivel intermedio. El agua se filtra desde la plataforma superior frente al templo y escurre hasta la bóveda. El problema es grave ya que en la pared Este del pasillo abovedado aún existen restos de pintura mural...”.

Cuando a finales de 1997, Alonso Rubio Chacón (1998) efectuó trabajos de mantenimiento menor en el Castillo también detectó filtraciones importantes en el muro este del pasillo abovedado. Rubio Chacón reconoce que es una zona que debe ser atendida por el daño que está ocasionando a las pinturas, pero que el origen de las filtraciones no es claro. Considera posible que esta humedad (o parte al menos de ella) se filtraba por las crujías del Templo del Castillo. Esta agua se acumulaba porque había desniveles, huecos y pendientes erradas en los pisos de ambas crujías. A pesar de que Alonso Rubio Chacón (1998) sustituyó el piso por uno de cemento con las pendientes adecuadas para drenar el agua de lluvia que llegara a entrar al templo, el problema de las filtraciones persistió.

En 2007, la restauradora Mónica López Portillo y el arqueólogo Alejandro Martínez Muriel efectuaron un diagnóstico del pasillo y encuentran que el principal problema proviene del contrafuerte (basamento lado este), donde la incidencia de agua de mar y lluvia, empujada por los vientos hacia la estructura, provoca manchas de microorganismos sobre los murales de este templo así como otros deterioros en los mismos.

Con base a los datos obtenidos y el análisis *in situ* del inmueble considero que el pasillo genera un ambiente prácticamente cerrado, poco ventilado y a la sombra, solo el área contigua a sus dos accesos presenta menor humedad y microorganismos aunque no está completamente exenta. Estos dos agentes de deterioro saturan la totalidad de altura del muro oriente del pasillo principalmente en su sección central incluyendo las tapas de bóveda y el piso pero no se presentan en el muro poniente y en el intradós localizado en este rumbo (**figura 73**).



**Figura 73.** Pasillo bajo el Templo del Edificio 1, vista del sur. R. Magdaleno 2015.

El análisis que se ha realizado del inmueble desde el año 2011 a la fecha nos ha llevado a plantear que la humedad no se filtra desde los niveles superiores del pasillo, ya que éste se localiza prácticamente por debajo de la cámara oriente del Templo; la terraza frontal al acceso de éste último, aunque irregular y con algunas pequeñas zonas de encharcamiento, fue consolidada por M. A. Fernández y en la actualidad no presenta disgregación de juntas ni alguna cavidad que generara la filtración de agua pluvial por este sector; de la misma manera, la escalera de acceso al Templo se encuentra de manera general en muy buen estado y se localiza físicamente lejos de las tapas de bóveda y el muro oriente del pasillo, por lo que podemos descartar cualquier filtración generada en

estas superficies y que fueran la causa de saturación de agua de los dos elementos arquitectónicos referidos.

Las dos crujías al interior del Templo presentan humedad, en dos áreas bien definidas, sobre los intradós de las bóvedas extendiéndose en algunas zonas de los muros y particularmente sobre el piso y la banqueta localizada en la cámara posterior (**figura 74**). A partir del año 2014 se inició un programa de mantenimiento e impermeabilización con jabón y alumbre de la azotea del templo, teniendo como objetivo frenar la filtración pluvial al interior; aunque estas acciones son recientes y solo se han aplicado en dos temporadas -2014 y 2015-, se ha podido identificar una disminución en la humedad al interior de Templo. La saturación de humedad y microorganismos principalmente sobre la banqueta y el piso de la segunda crujía o cámara posterior del Templo definen un origen por capilaridad, pero el núcleo del basamento así como todo el desplante de la primera etapa constructiva del edificio se encuentran sobre la roca madre que en este sector de la ciudad arqueológica forma un acantilado que constituye la parte más elevada del terreno y la mejor drenada, por lo que obviamente se descarta una humedad capilar proveniente del suelo.



**Figura 74.** Cámara posterior del Templo del Edificio 1, obsérvese el piso y la banqueta saturados de humedad y microorganismos después de realizar una limpieza en seco de la superficie, R. Magdaleno, 2015.

Una de las extraordinarias características del edificio es que visto desde el mar se puede observar un enorme muro en talud que constituye el basamento piramidal sobre el que se edificó el Templo (**figura 75**). Esta enorme superficie constituye un frente de absorción de brisa marina permanente y de precipitación pluvial. La humedad capilar identificada en los pisos del Templo y en la banqueta de su cámara posterior se origina aparentemente por este frente, el tránsito del agua debe describir una diagonal en el núcleo del basamento, de ahí que la humedad de la cámara frontal del Templo está menos saturada aunque esta también más ventilada e insolada por el sol vespertino. Si seguimos la lógica de la trayectoria del agua, una vez saturado el núcleo del basamento –constituido en este sector por el relleno del cuarto central de la subestructura- el frente lógico de evaporación o en este caso solo de salida de agua será el pasillo y por supuesto la base del edificio al nivel del desplante; la saturación de humedad en las tapas de bóveda y el piso del pasillo constituyen también un principio de capilaridad producto del contacto con el muro oriente del pasillo pero que no abarca aparentemente al muro poniente(**figura 76**).

En resumen, la humedad del pasillo, localizada en el muro oriente y sobre los enlucidos con pintura mural en el pasillo por debajo del Templo de El Castillo, se origina por la capilaridad proveniente de la saturación del relleno del cuarto central en el corazón del basamento del edificio, toda la fachada

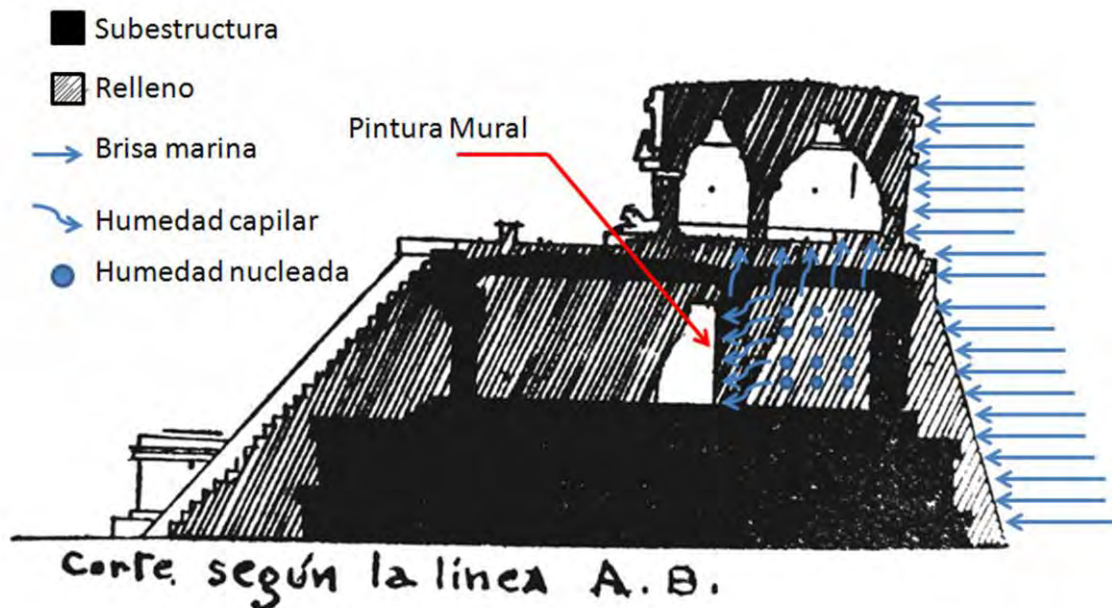


oriente del inmueble da hacia el mar y este constituye una enorme superficie de absorción de brisa marina y agua pluvial, área que al perder sus enlucidos se ha convertido en el principal frente de absorción.

Aún nos queda por comprobar dicha hipótesis, para ello, es fundamental conocer los materiales que constituyen el relleno de la subestructura, comprobar su capilaridad y determinar la estabilidad y las características físico-mecánicas de los mismos.



**Figura 75.** Edificio 1 o El Castillo, vista desde el mar al oriente. R. Magdaleno, 2014.



**Figura 76.** Corte arquitectónico por el centro del Edificio 1 o El Castillo mostrando las dos etapas constructivas, las secciones rellenas y la hipótesis de humedad. Corte de Lothrop, 1924; hipótesis de humedad, R. Magdaleno, 2015.

## Estudios geofísicos y propuesta de prospección

Miguel Ángel Fernández en 1938 ha sido, hasta donde tenemos información, el único que ha explorado y consolidado el relleno de la crujía posterior. Esto al parecer fue propiciado por la presencia de un pozo de saqueo que encontró en el cuarto posterior del Templo Superior. Fernández (1945:97) lo describe de la siguiente manera: “En el interior de la segunda pieza existía una excavación que abarcaba también la banqueta y que se comunicaba con la puerta del pasillo de la subestructura”. Este mismo pozo debió existir por varias décadas ya que anteriormente fue descrito por Samuel Lothrop quien formó parte de las expediciones de Instituto Carnegie hacia 1918-1920 (Lothrop, 1924:79) Lothrop reporta que existía una excavación realizada en el interior del cuarto oriente entrando por el vano al centro del pasillo en su muro oriente. Ésta se realizó en dirección al norte y tenía entre 10 y 15 pies de longitud -2.80 y 4.20m-. Menciona que la excavación llegó en altura hasta casi el nivel del piso de las habitaciones superiores –las del templo-. Dicha excavación llegaba hasta el muro central del Templo y Lothrop observó un riesgo estructural importante; fue testigo de cómo el dintel de piedra en el muro central del Templo se fracturaba en dos de un día para otro. Por ello considera que el Templo podría colapsarse en cualquier momento. No describe el relleno, únicamente menciona que es de mampostería y que la excavación pudo ser realizada por buscadores de tesoros del ejército mexicano cuando ocuparon el sitio cerca del año 1900. Tampoco menciona haber realizado alguna intervención en este edificio. Posiblemente sea este pozo de saqueo y otros más los que reporta el Sr. Refugio Granados en 1932 (Oficio 6 exp 3-29 de marzo del

1932): “cuatro excavaciones en el Castillo General, “una en el lado norte en la planta alta de 1.25 m de profundidad por 80 cm de ancho” y “desbordada”. Posiblemente se trataba del Cuarto B. Otra de 2 m de largo por 80 cm de ancho” y posiblemente corresponde con un parche que se pudo apreciar en el acceso del Cuarto B en el cual tenía más o menos las mismas dimensiones.” (Rubio Chacón, 1998).

Cuando Miguel Ángel Fernández halló este acceso al relleno, decidió, antes de efectuar una consolidación, realizar una exploración “hasta llegar al fondo por medio de una cala, con el objeto de ver si encontraba algún resto de altar que correspondiera a la subestructura. No encontrando nada, procedí a rellenar con las mismas piedras que había extraído procurando que en la parte que queda debajo del muro quedara consolidado con cemento”. (Fernández, 1945:96) Añade que “la puerta del pasillo fue tapiada convenientemente también con cemento y por último, reconstruí la banqueta que había sido destruida en esta excavación hecha por manos profanas”. (Fernández: 1945:97)

Goñi, (1994) aunque pensaba que era necesario “...levantar el piso de lajas de la plataforma superior y sustituirlo con una cubierta impermeable de mortero de polvo fino y cemento” tomó la decisión de no hacerlo debido a que tenía poco tiempo disponible y además porque consideró necesario “...solicitar otras opiniones, en especial por expertos de restauración que se han encargado de mantenimiento de los frescos.” (Goñi, 1994). Su intervención en el edificio consistió en el desyerbe, el corte de tres árboles que se encontraban en la parte posterior, la colocación de biseles de mortero en las roturas de los pisos de estuco y la impermeabilización de algunas grietas en el techo del Templo superior.

En ese mismo año, Mario Córdova Tello realizó trabajos de consolidación y junteó de grietas del basamento en lados sur y este de El Castillo. (Córdova Tello, 1994)

Rubio Chacón no realizó ninguna intervención pero cabe destacar que en su informe establece la importancia de consultar con “especialistas en el ramo para crear un frente de secado que dé una solución satisfactoria a este problema.”(Rubio Chacón: 1998)

La restauradora Mónica López Portillo (2010:89) menciona que en el año 2000 el Arqlogo. Luis Leira realizó trabajos de consolidación a las estructuras 1 y 1 Sub. (la subestructura) con el fin de detener las filtraciones de humedad hacia los muros y bóveda del pasillo abovedado. (Com. pers. Luis Leira, Junio 2001), “pero la consolidación no funcionó”. No es claro cuáles fueron las intervenciones efectuadas, únicamente que el problema de filtraciones de humedad persistió.

López Portillo (2010: 90 y 2011:34) asimismo menciona que en el 2007, el Arqueólogo Alejandro Martínez Muriel, como parte de los trabajos efectuados dentro del Proyecto de Tulum y Tancah efectuó una consolidación de la subestructura (López Portillo, 2010:90) sin especificar como, donde ni con qué materiales, y/o una consolidación mediante rejunteo de los sillares del Templo (2011:92). Sin embargo, después de su fallecimiento, quedó pendiente el seguimiento a la sustitución del rejunteo entre los sillares y el contrafuerte del lado este. Hasta 2009 la restauradora le pudo dar tratamiento de conservación al mural Este (pasillo). (López Portillo, 2011:92).

En vista de todos los esfuerzos que se han realizado para detener las filtraciones de humedad hacia el pasillo abovedado, lo cierto es que no se ha podido solucionar el problema. A pesar de que sería importante efectuar una intervención de rejunteo en los sillares del talud oriental del basamento,

estas medidas no serían realmente perceptibles en el pasillo hasta que no avanzara el secado del núcleo del basamento. El frente de esta evaporación seguiría siendo el muro este del pasillo, donde se encuentra la pintura mural.

En resumen, la constante filtración de humedad sobre el piso del pasillo continua, la pérdida de elementos pictóricos es inminente y las intervenciones anteriores de consolidación y reposición de juntas o la realización de un piso de cemento con pendientes al interior de las cámaras del Templo no han detenido o disminuido la humedad sobre el muro pictórico del pasillo abovedado. Si la hipótesis del origen de humedad es correcta, y ésta se localiza en el relleno saturado del basamento del Templo entonces debemos conocer las características de este relleno –materiales, humedad, estabilidad, resistencia físico-mecánica, etc.- para entonces poder realizar un proyecto de intervención para la restauración y conservación de la pintura mural.

En el mes de marzo de 2016 se llevó a cabo una prospección realizada por el Dr. Luis Barba Pingarrón, el Dr. Agustín Ortiz y el Dr. Jorge Blancas del Laboratorio de Prospección Arqueológica del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM quienes realizaron algunas líneas con antenas de Georradar de 400 Mhz en la superficie del piso en la terraza frente al templo y las dos cámaras al interior.

Con el análisis de los radargramas realizados hasta el momento, se puede observar la presencia de material homogéneo en la capa superficial. Aproximadamente a 1.50m de profundidad se observa una línea que pudiera corresponder al contacto con la parte inferior del techo de la subestructura y que puede explicarse por la presencia de un espacio de aire producido por el asentamiento del relleno (**figura 77**).

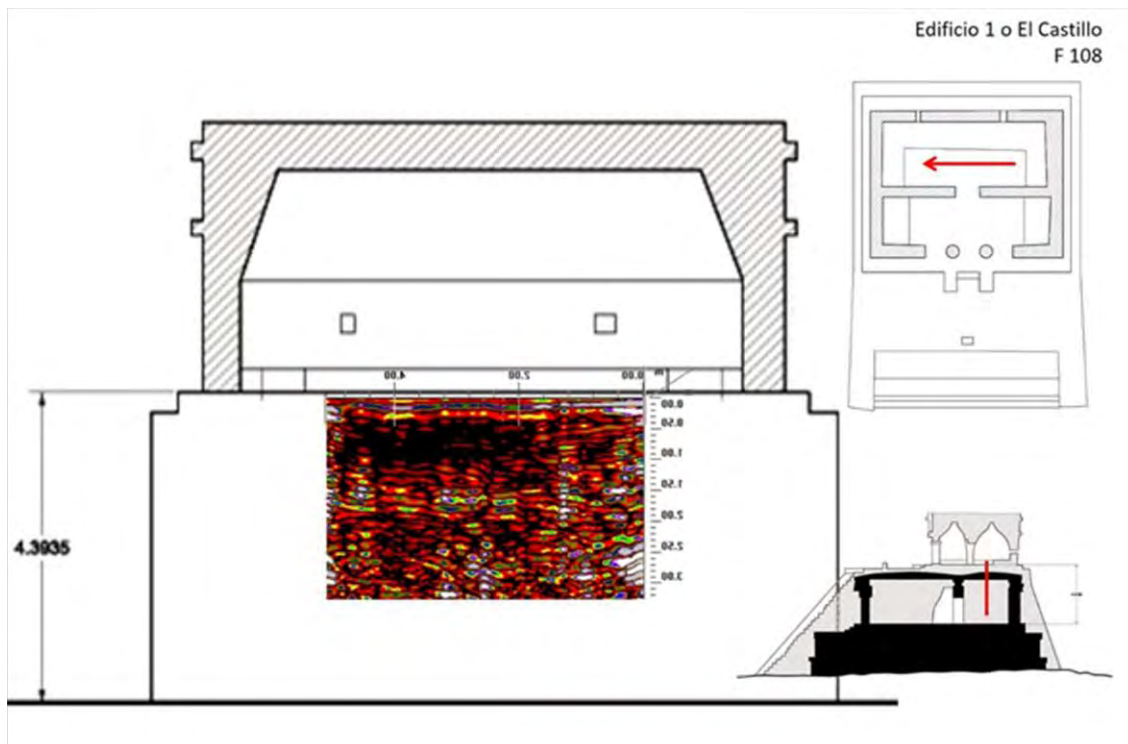
Por debajo del 1.50 de profundidad se puede observar un material posiblemente menos compacto o un relleno compuesto por diversos materiales pues se detectan algunas reflexiones. Se destaca una anomalía muy intensa en el extremo sur del radargrama F108 mostrado en la figura 77 pero que será mucho más intenso en el siguiente radargrama F109 y que aparece también en el extremo norte, coincidiendo con la intersección de los ejes verticales de las banquetas adosadas (**figura 78**).

La zona homogénea que describe una vertical oscura en el radargrama F109 -figura 78- parece coincidir con la descripción de los trabajos de consolidación y relleno que realiza Miguel Ángel Fernández, pero el resto de la imagen del radargrama correspondería a materiales menos homogéneos y las anomalías de los extremos parecen reflexiones metálicas pero por el momento no tienen una interpretación.

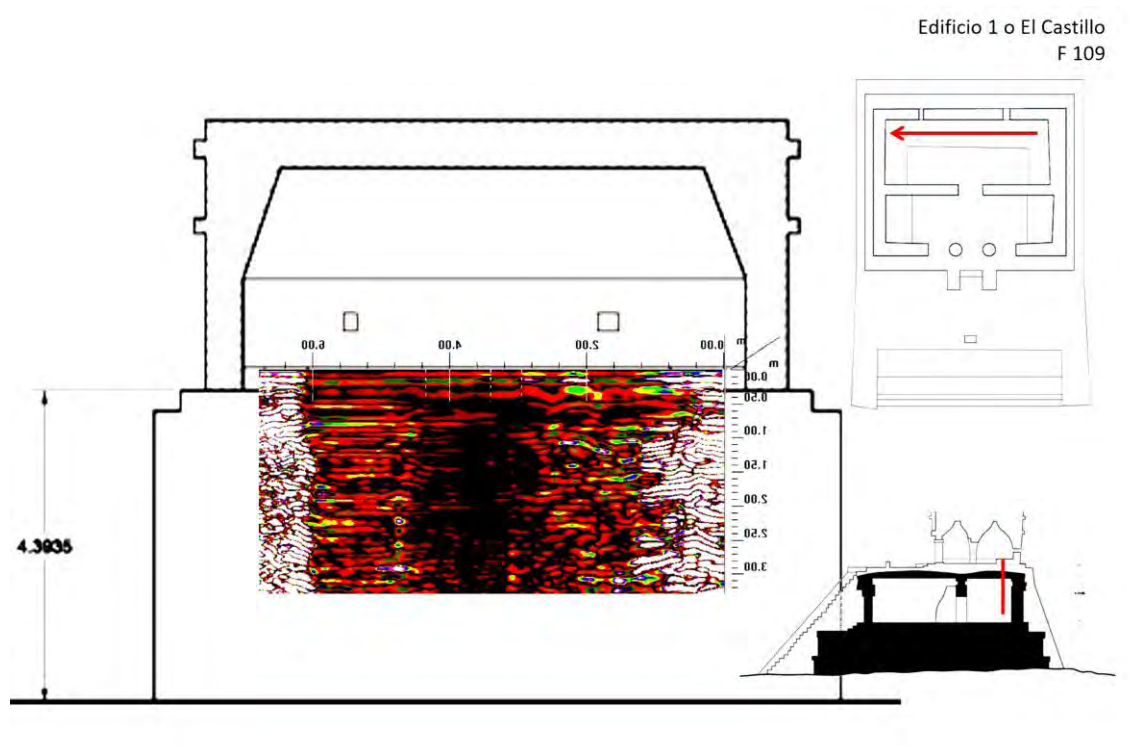
El radargrama F170 se obtuvo sobre el muro oriente del pasillo abovedado describiendo una trayectoria curva por la sección superior del muro para librar el vano tapiado del acceso. La imagen es una horizontal sobre el relleno del basamento del Templo, en el radargrama se pueden observar reflexiones que pueden corresponder a un material homogéneo en el centro del relleno mientras que en los extremos las reflexiones indicarían un material muy distinto que pudieran corresponder a bloques mayores en tamaño y densidad de calizas (**figura 79**).

Por lo tanto, aunque aún no se han terminado de analizar todos los radargramas, todo parece indicar que el núcleo del basamento pudiera estar conformado por material de relleno prehispánico incluyendo restos del techo original de la subestructura y material de consolidación moderno. No quedando claro cuáles son estos materiales ni sus características físico-mecánicas.

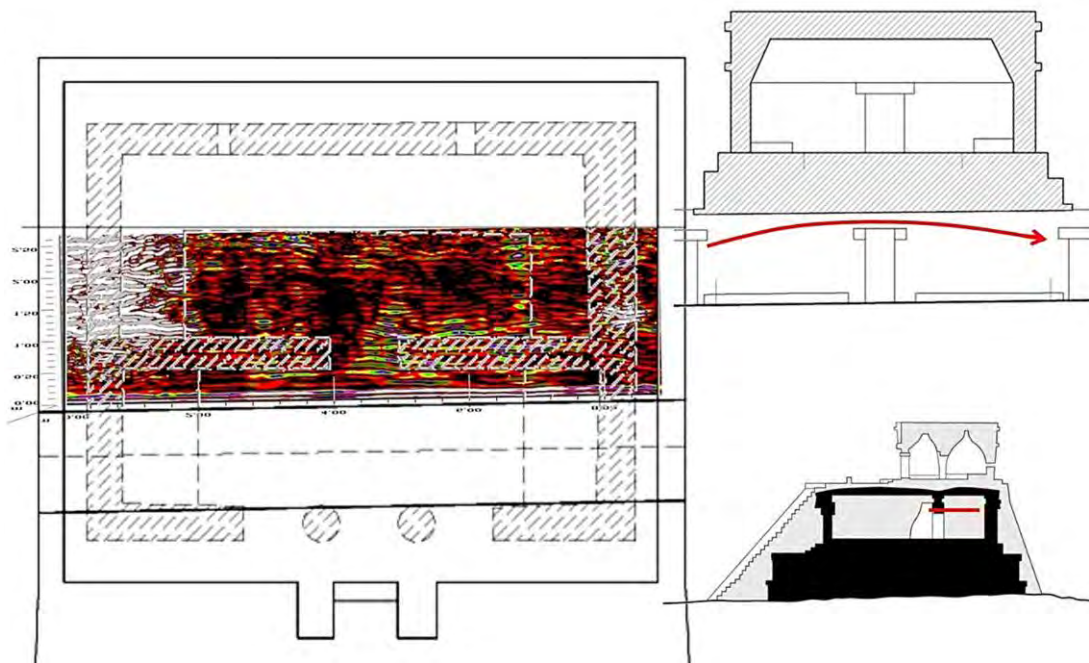




**Figura 77.** Radargrama F108 sobre el piso al centro de la cámara posterior del Templo, Edificio 1 o El Castillo. Obsérvese la homogeneidad en la sección superior e inferior del radargrama divididos por una línea horizontal aproximadamente a 1.50 m desde el piso de la cámara. Esta línea pudiera corresponder con el lecho bajo de la cubierta original de la cámara de la subestructura. En el extremo sur de la cámara –a la derecha del radargrama- se observa una anomalía que se verá más intensa en el radargrama que pasa sobre la banqueta al este de la cámara. Imagen, Barba, Blancas, Magdaleno, 2016.



**Figura 78.** Radargrama F109 sobre la banqueta posterior del Templo, Edificio 1 o El Castillo. Al parecer en este caso que la homogeneidad del material se localiza en la sección central del edificio, no es clara la línea horizontal que correspondería con la posible presencia del techo de la subestructura y las anomalías en los extremos norte sur –izquierda y derecha de la imagen- se intensifican. Imagen, Barba, Blancas, Magdaleno, 2016.

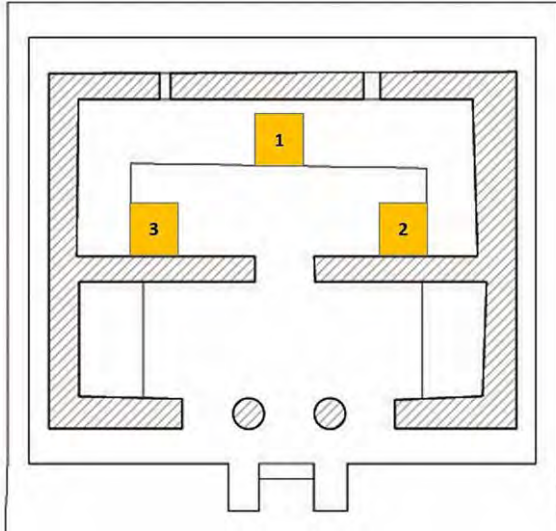


**Figura 79.** Radargrama F170, la trayectoria se realizó por la sección superior del muro oriente del pasillo abovedado, con ella se obtuvo una imagen horizontal del relleno donde se puede observar una reflexión muy homogénea a todo lo largo con una sección aproximada de un metro con correspondencia al ancho del muro del pasillo. En la sección central del radargrama se sugiere un material homogéneo por las características de la reflexión mientras que en los extremos, principalmente en el norte, la reflexión correspondería a una diferencia de material sin poder determinar sus características. Imagen, Barba, Blancas, Magdaleno, 2016.

Proponemos la realización de cuatro calas que podrían no ser ejecutadas si con una sola se obtiene toda la información necesaria. Las calas se localizan en puntos estratégicos de ubicación considerando la información histórica de intervenciones anteriores así como los resultados de los radargramas obtenidos hasta el momento. Tres de ellas se ejecutarán en la cámara posterior del Templo del Castillo (**figura 80**), mientras que la cuarta se realizaría en el tapial del vano central del pasillo abovedado (**figura 81**).

Se planea que las calas en la cámara posterior del Templo tengan un metro cuadrado de superficie como máximo, esto dependerá de la profundidad alcanzada por la cala, ya que esta dimensión permitirá a un trabajador poder profundizar lo necesario y maniobrar al interior de dicho espacio. Si los datos obtenidos por los radargramas son correctos entonces removeremos el relleno de la habitación y localizaremos el techo a menos de 1.50 m de profundidad.

En todos los casos, se realizará una retícula de excavación y se irá descendiendo en estratos de 20 cm para control de los materiales a menos que se detecte elementos arqueológicos diferentes a los rellenos que se buscan y se pretenden encontrar.



**Figura 80.** Ubicación de las calas para identificación de los materiales constitutivos del relleno de la subestructura. Planta esquemática del Templo Edificio 1 o El Castillo. R. Magdaleno, 2016.

La ejecución de la cala 1 –ver figura 80– localizada en la parte central de la banqueta oriente en la sección reconstruida por M. A. Fernández, siguiendo sus reportes esta es la zona del pozo que él rellena con mampostería y cemento, de tal manera, que la cala se haría en material reciente. En esta cala esperamos encontrar a manera de perfil estratigráfico los rellenos originales de la subestructura así como la evidencia del techo original de seguir existiendo.

De no encontrar la información necesaria con la cala 1 se procedería a realizar la cala 2, localizada en la esquina suroeste sobre el piso de la cámara, esta cala permitirá identificar el material del núcleo de la plataforma de desplante del templo y posiblemente los restos del techo original de la subestructura, de ser así, a ese nivel se detendría la exploración. De no encontrar el techo original y descartando la existencia de este, entonces la cala profundizará hasta

encontrar los materiales originales de relleno de la subestructura. Esta misma cala podría permitir identificar sobre su perfil sur la anomalía registrada en los radargramas.



La cala 3, localizada en la esquina noroeste del piso de la cámara posterior del Templo tendrá como objetivos la identificación de los materiales constitutivos de la plataforma de desplante, la identificación del techo original de la subestructura y los materiales de relleno de ésta, así como la identificación de las anomalías detectadas en los radargramas. La ejecución de la cala 3 se determinará de acuerdo a la información obtenida de las dos calas anteriores.

**Figura 81.** Tapial en el vano del pasillo abovedado conformado de mampostería con mortero de concreto. R. Magdaleno, 2011.



La cala 4 se ejecutará sobre el tapial del vano de acceso al centro y sobre el paramento oriente del pasillo abovedado –ver figura 81-, esta cala de efectuarse, se realizaría con sumo cuidado para evitar que las vibraciones generen resonancias sobre las superficies estucadas, solo se realizará en el caso de no encontrar con las calas anteriores los materiales del relleno de la subestructura. El procedimiento consistirá en iniciar los trabajos de percusión en la sección superior y al centro del tapial e ir bajando y acercándose a las jambas con la intención de no producir una vibración intensa. Se efectuará con cinceles pequeños y picoletas, realizados por una mano especializada que controle la intensidad de los golpes de percusión y que únicamente rompa las juntas sin dañar a las piedras que integran la mampostería, siempre bajo la supervisión de los responsables del proyecto.

Todos los materiales extraídos de las calas serán empleados para el relleno de las mismas.

Se estima que cada cala se realice en una semana con su registro y cierre. Por lo tanto, la investigación completa se llevaría a cabo en cuatro semanas.

Se emplearán morteros de concreto para sustituir los morteros de concreto empleados por M. A. Fernández y morteros de cal donde se identifiquen morteros de cal originales. Para la Cala 4 se podrán emplear morteros de cal en sustitución de los de concreto si se estima que será necesario reabrir este frente para el proyecto de intervención de restauración y conservación.

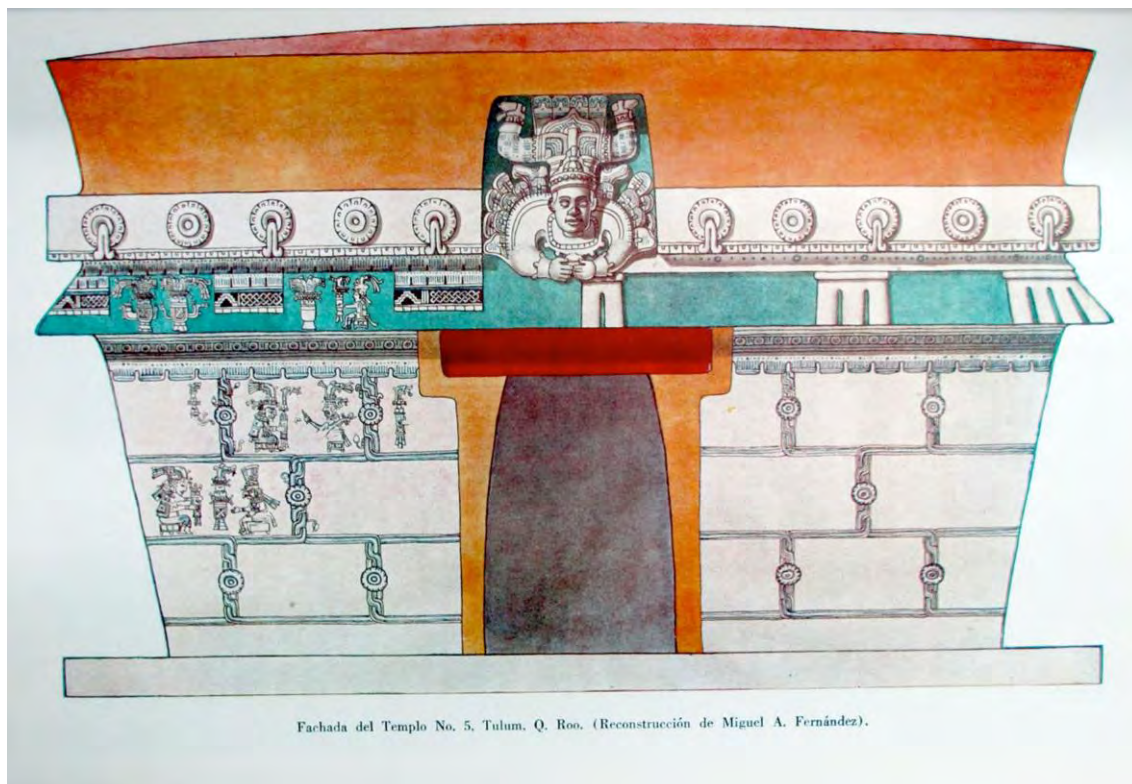
Lamentablemente no fueron autorizados los trabajos de las calas por el Consejo de Arqueología del INAH, quedando en pausa la investigación y la intervención; la principal justificación por parte del Consejo es que dichos trabajos corresponden a la arqueología y no a la restauración, aunque el PMQR siempre ha contado con un arqueólogo como integrante del equipo con la finalidad de ser integral y colaborativo, inter, multi y transdisciplinario.

## Edificio 5 o Templo del Dios Descendente, Z.A. Tulum

### Antecedentes y diagnóstico de conservación

El edificio consta dos etapas constructivas, la primera un edificio horizontal tipo residencial que fue clausurado en su totalidad y rellenado sus habitaciones para transformarse en la plataforma del ahora Edificio 5; por el paramento sur de la plataforma del edificio se observan dos vanos tapiados que daban acceso a la subestructura.

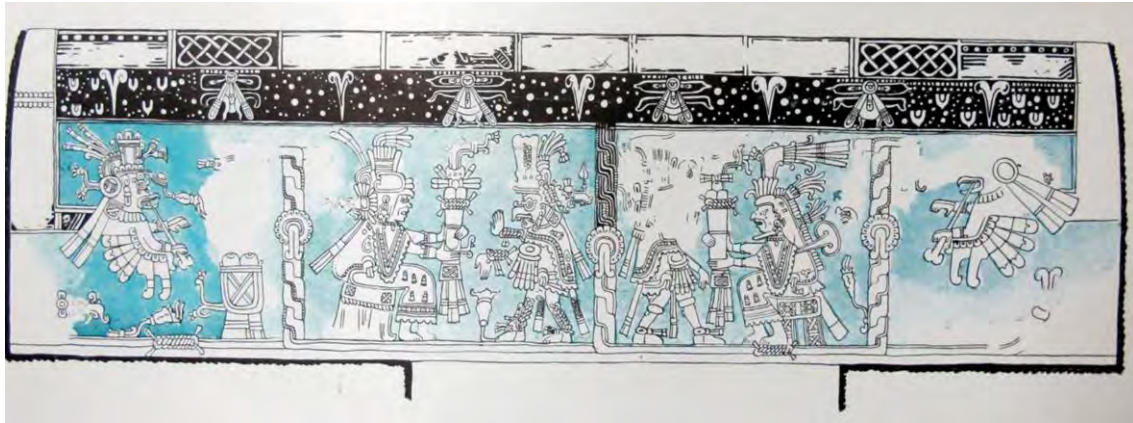
El Templo del Dios Descendente es uno de los arquetipos de la arquitectura de la Costa Oriental, presenta muros inclinados en su sección superior, un solo vano al centro de la fachada principal – oeste- con dintel remetido y un friso sin molduras que presenta el perfil en atadura; la fachada principal aún conserva secciones con pintura mural tipo códice que da vuelta las esquinas – hoy únicamente conservada sobre la esquina noroeste- similar al del interior del Templo de las Pinturas. Sobre el vano de acceso el friso se interrumpe por la presencia de un nicho donde se conserva la imagen del Dios Descendente con acabados modelados en estuco y policromía (**figura 82**).



Fachada del Templo No. 5, Tulum, Q. Roo. (Reconstrucción de Miguel A. Fernández).

Figura 82. Reconstitución del Edificio 5 o Templo del Dios Descendente. M. A. Fernández, 1945.

Al interior únicamente hay una habitación abovedada donde la mayor parte de su superficie está ocupada por dos banquetas laterales al norte y sur. En el muro posterior de la cámara o habitación se realizó un proyecto de pintura mural que abarcó toda su área, lamentablemente esta obra hoy en día ha perdido aproximadamente el 70% de su superficie (**figura 83**).



**Figura 83.** Reconstitución del mural sobre el muro posterior al interior del Edificio 5. M.A. Fernández, 1945.

Sabemos que para la visita de Stephens y Catherwood el edificio era uno de los mejor conservados y completos del sitio hacia 1842; después de la Guerra de Castas, en 1924 Lothrop lo encuentra en muy buen estado de conservación pero de esta fecha al arribo de M. A. Fernández en 1945 alguien ingresó a la subestructura por el vano del poniente extrayendo parte del relleno del interior lo que provocó una desestabilización de la esquina sureste del Templo provocando un hundimiento diferencial y la fractura y casi colapso de la esquina (**figura 84**).

Miguel Ángel Fernández realizó una intervención pronta y oportuna amarrando el muro sur -separado del resto del inmueble- rellenando las grietas con mampostería y concreto. Actualmente esta intervención sigue siendo un libro abierto de la restauración arqueológica de su tiempo.

Actualmente no hay grietas que parecieran corresponder a una falla y el inmueble se encuentra a la fecha estable. Solamente se detectó una grieta menor que corre desde el



**Figura 84.** Edificio 5, apuntalado, fracturado y saqueado. M. A. Fernández, 1945.

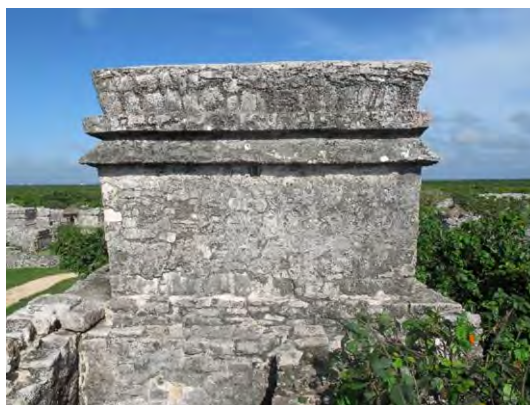


nicho hasta el muro pasando por el lado norte del dintel en la fachada principal, más una grieta menor en la superficie del dintel.

La gran cantidad de humedad y microorganismos al interior del templo, así como el avanzado deterioro de la pintura mural en el muro posterior nos indican que el principal agente de deterioro vuelve a ser el agua, tanto atmosférica como pluvial (**figura 85**). Al revisar la fachada posterior –con orientación al este, al mar- verificamos la pérdida completamente de su aplanado, dejando la mampostería en contacto directo con la brisa, tal como ocurre con el Edificio 1 o El Castillo.



**Figura 85.** Muro posterior en la cámara del Edificio 5, visto desde el acceso al poniente. En la imagen se destaca la pérdida de la superficie pictórica y zonas con microorganismos. PMQR, 2012.



**Figura 86.** Fachada posterior u oriente, Edificio 5. R. Magdaleno, 2011.

Al igual que en los Edificios 1 y 16, M. A. Fernández colocó un entortado de concreto en la azotea con muy buena pendiente y dos canales laterales al oriente y poniente que desaguan hacia las fachada norte y sur, con la intención de evitar la filtración del agua de lluvia al interior, así como para desalojarla y evitar que escurriera sobre los elementos iconográficos de la fachada principal, pero esto no ha tenido tan buen resultado sobre el extremo poniente de la fachada sur, donde los estucos y restos policromos en esta parte del edificio reciben casi directamente la caída de uno de los canales de desahogo de la azotea. El entortado de concreto presenta pequeñas y finas fisuras que se han formado en su superficie y al parecer son el vehículo de filtración pluvial al interior del edificio –no siendo la única vía de filtración- arrastrando consigo las sales solubles del concreto. Por otro lado, este entortado de concreto parece actuar como un gran caparazón que no permite la respiración del edificio, por lo que el agua de lluvia tiende a nuclearse en la bóveda y los muros siendo estas superficies los frentes de evaporación, y sumando la brisa marina sobre la fachada posterior u oriental, encontramos los problemas de sales –eflorescencias y subeflorescencias- en los aplanados de estuco y la pintura mural.

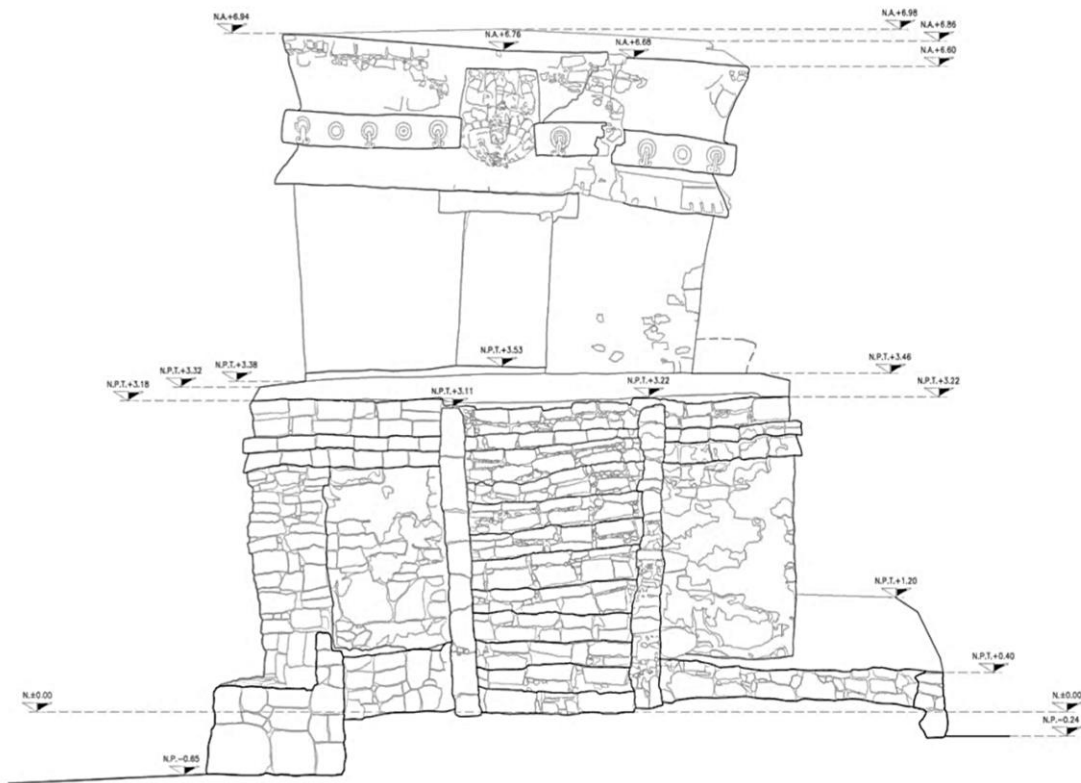
También se detectaron diversas escorrentías sobre la superficie de las cuatro fachadas del inmueble filtrándose el agua al interior a través de las aristas que se forman entre los elementos arquitectónicos –molduras con friso y remate de azotea-, pues se verificó la pérdida de juntas así como el crecimiento de vegetación menor en dichas superficies de filtración. La humedad superficial o nucleada en el inmueble es muy clara por la presencia de microorganismos.





Con el uso de plomadas y reventones se realizó el levantamiento minucioso de la deformación de todos los paramentos –verticales y horizontales- tanto al exterior como al interior, así también se siguió la metodología de triangulación para el levantamiento real de cada esquina y arista del inmueble, con esto se obtuvo el levantamiento real del edificio.

Finalmente se realizó un levantamiento fotográfico por secciones para formar larguillos y mosaicos fotográficos con el programa PhotoShop© para posteriormente realizar una sobreposición de imágenes en AutoCad© y dibujar los sillares, aplanados y detalles ornamentales obteniendo así los planos de fábricas (**figura 88**).



**Figura 88.** Levantamiento de fábricas de la fachada principal o poniente del Edificio 5. Pueden observarse los materiales constitutivos, las deformaciones, los elementos modelados en estuco y la conservación de los aplanados. PMQR, 2012.

## Trabajos de conservación preventivos

Ante el hecho de que la actual cubierta de concreto, colocada sobre los restos de la cubierta original del templo, no cumple correctamente con la función de desalojar, conducir y canalizar correctamente el agua de lluvia sin que en el interior del templo y en sus fachadas se generen

concentraciones de humedad, se pensó en la posibilidad de retirarla y colocar una nueva cubierta elaborada con materiales similares al mortero de cal original. Para ello se ejecutaron dos tareas específicas: primero se observó y registró el estado actual de conservación de toda la cubierta y, posteriormente, se realizaron tres pequeños sondeos o calas sobre la misma, con el objeto de conocer no sólo las características físicas de la actual cubierta de concreto, sino también las características físicas y profundidades (en los extremos y sección media) de los restos de la cubierta original del edificio.

El estado de conservación de la azotea se resume en la presencia de grietas, fisuras, pequeños faltantes y en deformaciones que generan el estancamiento de agua de lluvia. Las grietas y fisuras se presentan sobre la mayor parte de la superficie de la cubierta, especialmente las fisuras, mismas que se aprecian claramente dentro un patrón regular de craqueladuras superficiales, a través de las cuales seguramente ocurren pequeñas, aunque numerosas filtraciones de agua (**figura 89**). Por su parte, los estancamientos de agua se observan con claridad en algunas secciones de los canales de desagüe este y oeste de la propia cubierta, aunque en el canal este se observa mayor cantidad de agua acumulada.

En cuanto a los sondeos, se abrieron tres pequeñas calas sobre la cubierta, una en la esquina noroeste, otra en la esquina sureste y una más en el centro. Las calas de las esquinas fueron trazadas a un lado de los extremos de cada uno de los dos canales de desagüe de la cubierta (canal este y canal oeste) y muy cerca de los extremos laterales, mientras que la cala central se colocó en el punto donde se cruzan las dos diagonales de la cubierta, coincidiendo con el área más elevada de la misma, justamente donde se originan los cuatro niveles de desagüe (**figura 90**).



Figura 90. Azotea del Edificio 5 con las calas. Vista del sureste. F. Godos, 2014.



Figura 89. Detalle craqueladuras y fisuras en la superficie de la azotea del Edificio 5. F. Godos, 2014.

Las tres calas fueron orientadas con base en el eje de los extremos de la azotea, y su trazo se realizó con hilo y clavos para concreto, quedando así conformados tres cuadros de 20 x 20cm cada uno.

El sondeo realizado en la cala sureste dejó ver que el aplanado de concreto correspondiente al piso actual de la cubierta, presentó un rango de espesor que varió entre los 3 mm (en el extremo de la sección sur) y 4 cm en su sección norte. De hecho, justo en la sección sur de la cala, muy cerca de la orilla sur de la

azotea, se apreció con claridad los restos de un aplanado de mortero de cal con enlucido fino, el cual, en algunas áreas, se presentó erosionado, pulverulento y fragmentado.

Por su parte, en la sección norte de esta misma cala, justo al norte del aplanado de estuco antes mencionado y a una profundidad mayor, se localizó un segmento de piedra caliza un tanto erosionada, que formó parte del firme de piedras sobre el que se colocó dicho aplanado (**figura 91**).



**Figura 91.** Detalle de la cala de la esquina sureste en la azotea del Edificio 5. Obsérvese a la derecha de la imagen los restos de un aplanado de cal (estuco) que formó parte del enlucido original de la azotea; a la izquierda de la imagen, por debajo del nivel del enlucido un segmento de piedra caliza que forma la base del aplanado. F. Godos, 2017.

Estas mismas características también fueron observadas en la cala noroeste, aunque la profundidad de la capa del aplanado de concreto varió entre los 2 cm (muy cerca de la orilla norte de la azotea) y los 4cm (en el extremo sur de esta cala). En la sección norte de esta cala, en los 2 cm de profundidad, se presentó nuevamente un aplanado de estuco con restos de enlucido y algunas áreas deterioradas, mientras que en la sección sur, a una profundidad de 4 cm, se apreciaron solamente restos de dicho aplanado, así como un segmento de piedra que formó parte del firme mencionado anteriormente.

Finalmente, la cala central, ubicada altimétricamente por arriba de las dos calas anteriores, presentó profundidades muy similares a éstas, es decir, la profundidad de la capa de concreto varió de manera irregular entre los 2 y los 4.5 cm. Por debajo de estos niveles se localizó únicamente un firme de pequeñas piedras sueltas que muy probablemente corresponda con el firme de piedras localizado en las dos calas anteriores.

Con base en lo observado en estos tres sondeos, se puede concluir que, por debajo del nivel de la cubierta de concreto actual, los restos del aplanado de estuco (con o sin enlucido), así como la evidencia de un firme de piedras localizado por debajo de este último, corresponden muy probablemente con el piso de estuco y firme originales. Esta hipótesis se fortalece tras comprobar que, por debajo del concreto no se observó ningún otro indicio de intervención moderna. Además, por el reducido estado de conservación del aplanado de estuco; por sus características físicas y la relación directa que guarda con el firme de piedras, muestra un parecido muy cercano con evidencias similares observadas en contextos prehispánicos mayas.

A partir de esta conjetura se planteó la posibilidad de optar por una estrategia de trabajo sobre toda la azotea del templo, la cual consistiría en colocar un nuevo aplanado utilizando materiales similares al piso y firme originales, todo ello con el fin de frenar las filtraciones de agua de lluvia observadas a lo largo de diferentes temporadas. No obstante, por falta de tiempo, por condiciones de lluvia constante y por la logística y prioridad de los trabajos a desarrollar para esa temporada en 2014, se tomó la decisión de sólo impermeabilizar con alumbre y jabón la actual cubierta de concreto.



Posteriormente se monitorearán los resultados de dichos trabajos con el fin de decidir si en temporadas subsecuentes se continúa aplicando alumbre y jabón, o si es necesario retirar definitivamente la cubierta de concreto para colocar una cubierta de mortero de cal. En dado caso de que esto último ocurra, convendría realizar dichos trabajos en temporada de secas, esto con una doble intención: evitar posibles filtraciones y accidentes por efectos de las lluvias, y permitir que la humedad del interior del recinto se evapore para que la nueva cubierta fragüe perfectamente. De esta manera, una vez llegada la nueva temporada de lluvias, será posible comprobar si cumple adecuadamente su función.

Finalmente, y una vez decidida la estrategia de trabajo antes mencionada, se fotografiaron las pequeñas calas abiertas y se cerraron nuevamente con una mezcla de cemento gris y carga fina de arena.

En la temporada 2016 se realizaron pruebas de aplanado de sacrificio para la fachada oriente del edificio, con la finalidad de probar físicamente que composición de pasta resiste mejor el intemperismo con las condicionantes específicas de la orientación de la fachada y la brisa marina, para entonces aplicarse al año siguiente.

Las pruebas se aplicaron en la mitad oriente de la fachada norte aproximadamente a 1.55 m de altura respecto al nivel de la terraza y son de 5 x 4 cm en promedio, esta decisión se tomó debido a que la fachada oriente está próxima a uno de los andadores turísticos y las muestras podrían generar una mala vista del edificio.

Las pastas o aplanados de cal que se colocaron como pruebas son tres de los ejemplos ya utilizados y probados en las diferentes intervenciones que se han realizado por el proyecto de conservación, y que por su dureza y acabado nos parecen pueden funcionar impidiendo la penetración de humedad por la fachada.

La composición de las pastas es:

Prueba de aplanado de sacrificio 1 (usado en la Terraza del Edificio 16, Tulum)

- Pasta de Cal 3:1 Base  
2 vol. Polvo de piedra #5  
2 ½ vol. Polvo de piedra #6  
1 vol. Kut  
½ vol. Pómez-Tezontle #6  
2 vol. Cal apagada con pixoy
- Pasta de cal 3:1 Acabado  
2 ½ vol. Kut  
½ vol. Pómez #6  
1 vol. Cal apagada con pixoy

Prueba de aplanado de sacrificio 2 (usado en el piso del Castillo, Muyil)

- Pasta de Cal 3:1 Base  
1 vol. Polvo de piedra #5  
2 vol. Polvo de piedra #6  
2 vol. Sascab #6  
1 vol. Tezontle-Pómez #6  
2 vol. Cal apagada con pixoy

- Pasta de Cal 2:1 Acabado  
3 vol. Polvo de piedra #7  
2 vol. Kut  
1 vol. Tezontle-Pómez #7  
3 vol. Cal apagada con pixoy

Prueba de aplanado de sacrificio 3 (usado en la cubierta del reenterramiento del Castillo, Muyil)

- Pasta de Cal 2.75:1 Base  
1 vol. Polvo de piedra #5  
2 vol. Polvo de piedra #6  
1 ½ vol. Sascab #6  
1 vol. Pómez-Tezontle #6  
2 vol. Cal apagada con pixoy
- Pasta de Cal 2:1 Acabado  
4 vol. Polvo de piedra #7  
2 vol. Kut  
3 vol. Cal apagada con pixoy

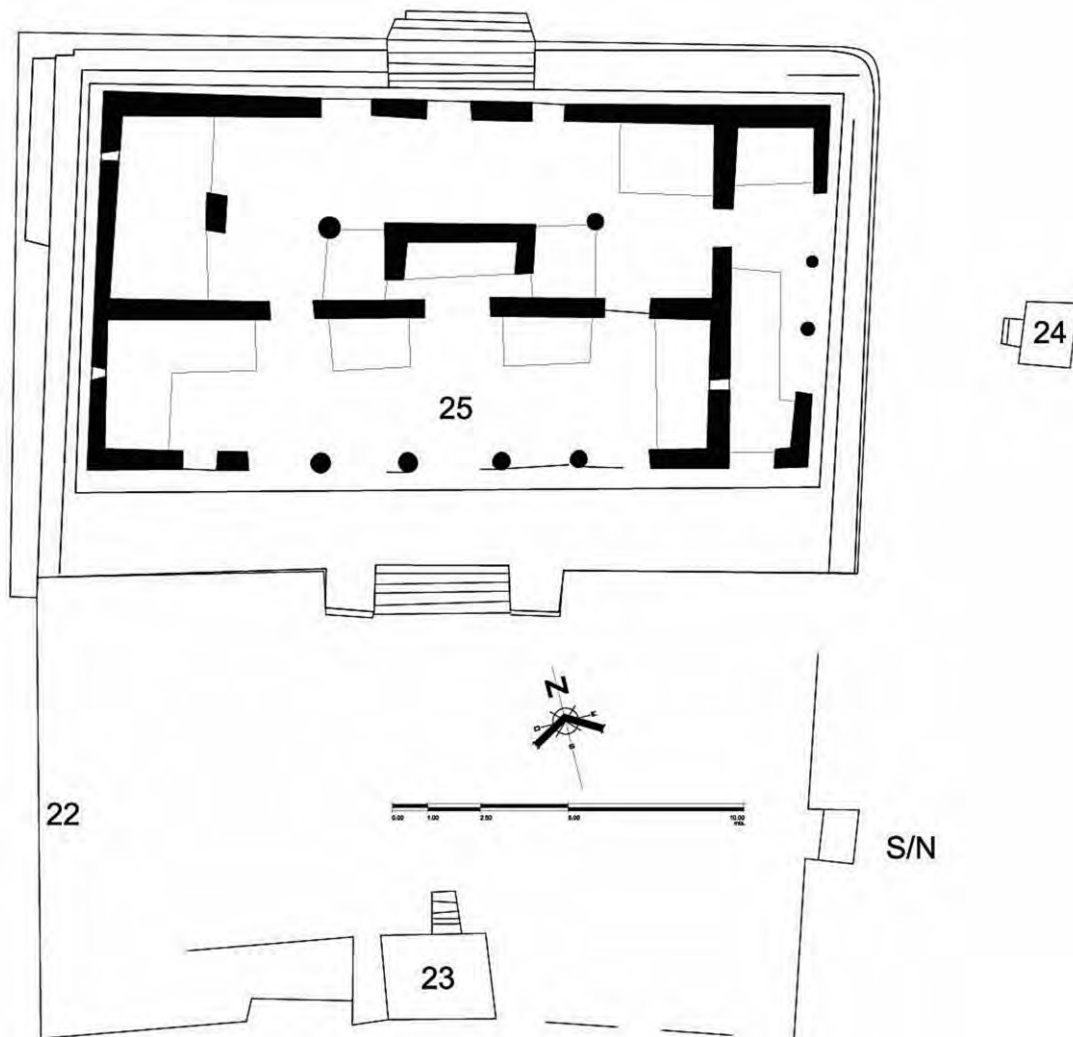
Las pruebas de sacrificio se colocaron de izquierda a derecha –este a oeste- siguiendo el orden anterior. Al aplicarse se observó que la prueba 1 fraguaba muy rápido y por lo tanto se pudo colocar después de la base inmediatamente el acabado y pulirlo. Mientras que las pruebas 2 y 3 fueron más lentos sus fraguados por lo que se esperó para colocar su respectivo acabado y la opción 2 no permitió pulirse.

Si el objetivo es cubrir toda la superficie del muro en la fachada oriente, es deseable que la base y el acabado no fragüen tan rápido.

## Edificio 25 o Casa del Halach Uinic, Z. A. Tulum

### La arquitectura del edificio

El Edificio 25 o también llamado Casa del Halach Uinic, es el más septentrional de las estructuras que conforman los edificios de mayor importancia del sector central de la ciudad fuera del Recinto Interior, se localiza inmediatamente al norte del Edificio 21, al oeste del inmueble se localiza el antiguo sacbe que corría de norte a sur por el centro de la ciudad hoy andador peatonal para el turismo y pasando el sacbe se localizan las plataformas de casa con la nomenclatura arqueológica asignada con los números 29 y 30. En asociación aparente con el edificio se encuentran las estructuras asignadas con los números 22, 23 y 24 según el plano de Lothrop (**figura 92**).



**Figura 92.** Planta arquitectónica del Edificio 25 y estructuras asociadas. R. Magdaleno, 2014.

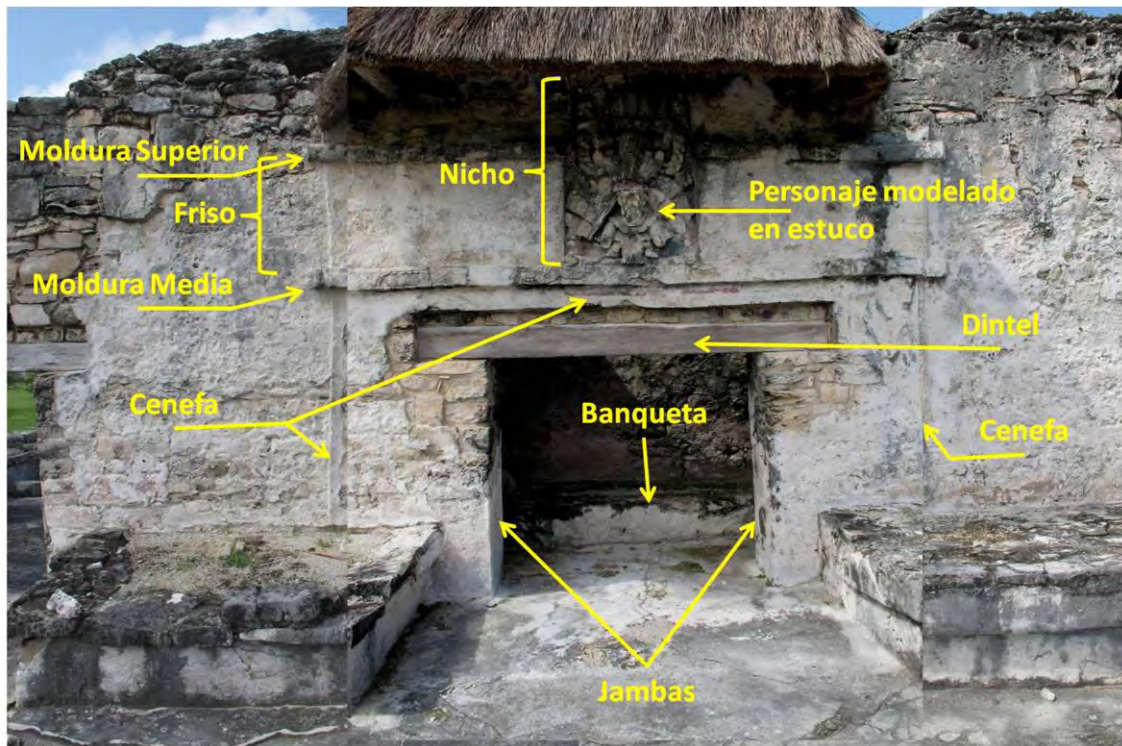
El emplazamiento del edificio se realizó en una parte plana y baja del terreno con una ligera pendiente que va del este al oeste y otra en dirección norte-sur. Siguiendo la topografía general del sitio, el Edificio 25 se localiza en un punto donde se extiende una gran explanada hacia el norte, descendiendo el terreno hacia el noreste hacia una bahía natural y se eleva hacia el sureste donde se localiza el Recinto Interior o las estructuras como El Castillo y el Templo del Dios Descendente con la nomenclatura 1 y 5 respectivamente.

El Edificio 25 presenta una gran plataforma de desplante con escalinatas de acceso en sus lados norte y sur, el perfil de esta plataforma es un talud casi vertical rematado en una moldura. El inmueble cuenta con dos grandes salas o habitaciones en sentido este-oeste y una sala menor con eje norte-sur al oriente de éstas; así como con un santuario al centro del edificio –ver figura 92.

Todo el edificio contó con una cubierta de viguerías de madera formando una techumbre plana. La sala sur tiene 17.20 m en sentido este-oeste y 4.25 en sentido norte-sur en sus medidas generales, presenta un acceso porticado con seis vanos divididos por cuatro columnas y un pilar, es clara la intención arquitectónica que el vano del extremo oeste de tan solo poco más de un metro de claro sea un acceso totalmente secundario y prácticamente aislado de los otros cinco generados por las columnas, ya que estos últimos tienen en promedio dos metros y como constante de la arquitectura maya el vano central de este grupo de cinco es ligeramente más amplio -2.18 m-, enmarcando el centro de la fachada y coincidiendo con la escalinata de acceso de la plataforma de desplante. Al interior la sala sur presenta un total de cuatro banquetas, dos de ellas en sus extremos y dos más adosadas al muro central del edificio mismo que divide esta sala con la mayor al norte, dicho muro central presenta tres vanos, los laterales comunican a esta sala sur con la sala norte, mientras que el central permite el acceso al santuario interior flanqueado por las dos banquetas adosada a este muro.

El santuario es una pequeña habitación al centro del inmueble, presenta tres accesos, el principal por la sala sur y dos más localizados al este y oeste permiten el ingreso desde la sala norte, aunque estos últimos dos vanos son muy angostos -70 cm- y están parcialmente obstruidos en su base por banquetas; el vano principal presenta un claro de 1.90 m y los tres vanos están soportados por dinteles de madera. El santuario genera la percepción de observar un edificio menor dentro de un edificio mayor ya que al vano principal y a los muros laterales y posterior del santuario les construyeron todos los elementos arquitectónicos formales de una fachada, en el caso del vano principal en todo su perímetro se realizó un marco con una banda o cenefa policroma con un pequeño relieve a manera de bisel en estuco, lamentablemente hoy día está casi perdido en su totalidad el diseño de esta cenefa; por encima del dintel se realizó una moldura con perfil de listel simulando una moldura media de una fachada exterior, seguida del friso y rematada por una segunda moldura que hace las veces de moldura superior, al centro del friso y sobre el eje central del vano se realizó un nicho donde fue modelada la imagen de un personaje conocido como el Dios Descendente, este personaje modelado en estuco conserva mucho de su diseño, formas y policromía (**figura 93**); los muros laterales y posterior en su exterior –hacia la sala norte- reproducen también las molduras media y superior, así como el friso y el remate de azotea típico de una fachada exterior. La habitación del santuario tiene 1.75 por 3.20 m y prácticamente la totalidad del interior está ocupado por una banqueta adosada al fondo, dejando libre un angosto pasillo frontal que coincide con el ancho de los dos vanos laterales.





**Figura 93.** Nomenclatura de los elementos arquitectónicos que componen la fachada del santuario en el muro medio del Edificio 25, Tulum. R. Magdaleno, 2013.

La sala norte es la mayor del edificio, al igual que la sala sur, su longitud oscila en los 17.2 m en sentido este-oeste pero con un ancho en promedio de 5 m en sentido norte-sur. Al centro de la sala se proyecta el volumen del santuario por lo que la sala describe una planta en forma de “u” invertida; su acceso principal se realizaba por su fachada norte donde se localizan tres vanos divididos por pilares rectangulares coincidiendo estos vanos con la segunda escalinata de la plataforma de desplante; a diferencia de la sala sur, esta sala tiene comunicación con la sala lateral u oriente además de contar con comunicación con la sala sur por medio de los dos vanos sobre el muro central divisorio entre ambas salas y dos vanos más permiten su comunicación con el santuario. La sala cuenta con un total de cuatro banquetas de mampostería, una adosada a su muro oeste se extiende a todo lo ancho de la sala, otra se localiza adosada a los muros que forman su esquina noreste, mientras que las otras dos flanquean el volumen arquitectónico del santuario y aparecen adosada a los muros laterales del mismo cubriendo todo su ancho y flanqueando los accesos que comunican con la sala sur. Al paño del muro posterior del santuario y haciendo las esquinas exteriores de las banquetas se localizan dos columnas que por su altura parecen haber formado un sistema de apoyo para vigas que se empotraron en las esquinas del friso del santuario, aunque también pudieron formar junto con un pilar en el extremo oeste un refuerzo para las vigas de la techumbre del edificio.

Finalmente, la sala lateral u oriente tiene poco más de 9 m en sentido norte-sur por 2 m en sentido este-oeste, tiene un gran acceso articulado en tres vanos por dos columnas en su lado este pero sin restos de alguna escalinata que permitiera el acceso desde el exterior, también tiene un vano por

su lado sur que permitiría ingresar desde la terraza sur a esta sala pero este vano esta obstruido en su base por la presencia de una de las dos banquetas del recinto; existe un acceso más que permite la comunicación con la sala norte del edificio. En su interior se localizan dos banquetas, una al norte y una más que con forma de “L” ocupa casi la totalidad del muro oeste y sur obstruyendo el vano sur como ya fue mencionado. Es posible que el vano principal de esta sala estuviese relacionado con las actividades asociadas a la Estructura 24, una pequeña plataforma tipo adoratorio, siguiendo el principio de frontalidad.

## Registro arquitectónico

En la temporada 2012 del Proyecto de Conservación e Investigación de la Pintura Mural de la Costa Oriental de Quintana Roo se inició el levantamiento arquitectónico de la planta del edificio, pero durante esa temporada solamente se levantaron los muros y el espacio de las tres salas que integran el inmueble, quedando pendiente el levantamiento integral de la planta arquitectónica y los edificios y/o elementos asociados.

Durante la temporada 2013 se realizó el levantamiento de la plataforma de desplante del edificio, sus escalinatas de acceso y la pequeña plaza de acceso frontal al inmueble, así como de tres estructuras que forman parte del conjunto arquitectónico, figura 92.

El proceso de levantamiento consistió primeramente en la colocación de etiquetas marcadas con una “x” en cada una de las esquinas formadas por la plataforma de desplante y sus elementos arquitectónicos como las molduras, las escalinatas –huellas y peraltes-, así como en el despiece de los paramentos que forman parte de subestructuras o etapas previas de la edificación.

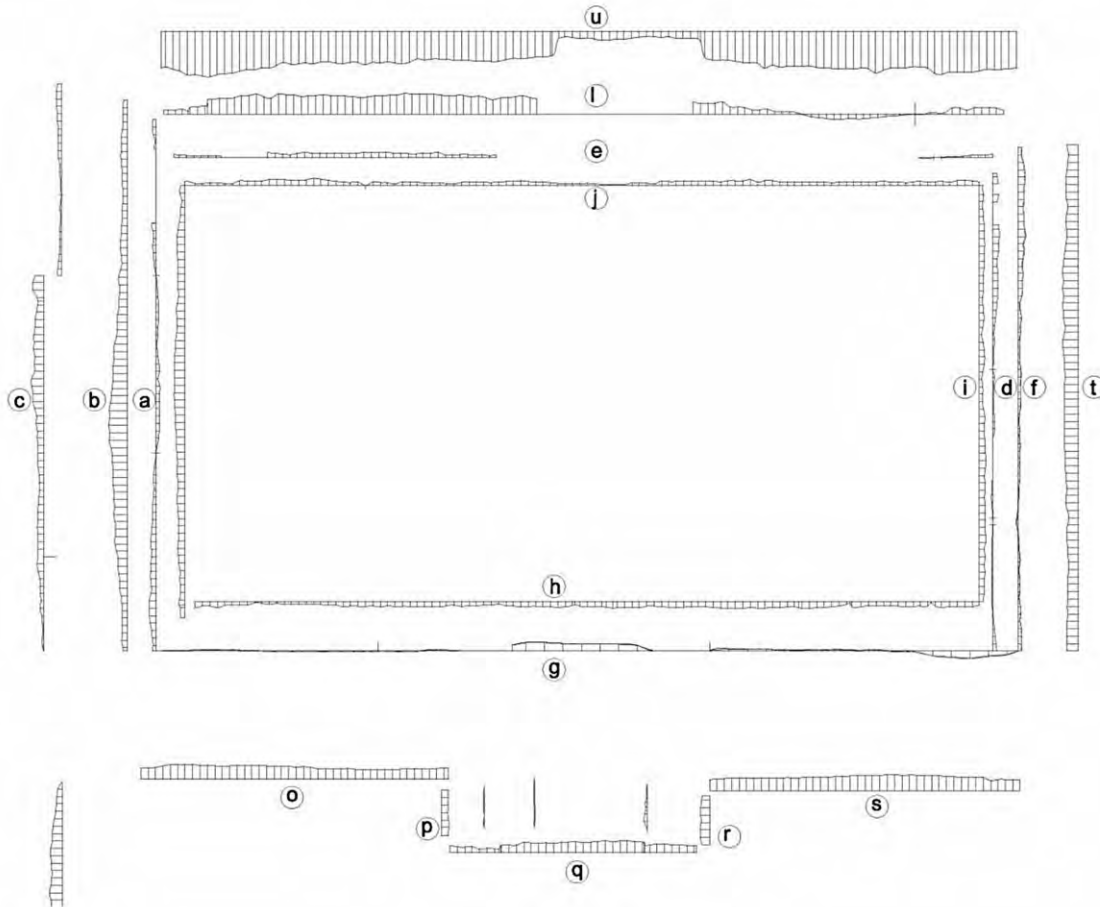
El siguiente paso fue el tomar medidas a cinta corrida para indicar la ubicación exacta de los elementos arquitectónicos que integran cada lado de la plataforma, localizando su ubicación con las etiquetas; cada dato de información era capturado en croquis impresos ex profeso para el levantamiento. Una vez concluido el levantamiento a cinta corrida se prosiguió a la triangulación de esquinas y/o aristas de los elementos arquitectónicos levantados, pues a través de la triangulación se genera una posición exacta del elemento arquitectónico al momento de dibujarse en el programa Autocad®.

En total de estos dos procedimientos de levantamiento, a cinta corrida y de triangulación se realizó un levantamiento de poco más de 750 m lineales.

Con esto se generó un plano donde cada uno de los elementos arquitectónicos dibujados describía una arista totalmente recta –ver figura 92-, que si bien es un auxiliar en el proceso de dibujo y localiza elementos en su real posición y distancia como referencia arquitectónica no presenta la imagen real del inmueble para lo cual se continuó con el levantamiento arquitectónico de estado real.

El siguiente paso fue la generación un levantamiento del estado actual de cada uno de los perfiles arquitectónicos en planta, al igual que como se realizó con la deformación de los muros en la temporada anterior, se colocaron reventones colocados en promedio a 10 cm de las esquinas del elemento arquitectónico a levantar; una vez fijo el reventón se prosiguió a sacar la distancia existente del reventón a la arista del elemento arquitectónico registrado, se tomaron medidas a

cada 10 cm o 20 cm según la deformación del elemento arquitectónico y la necesidad del proyecto. El registro de dichas mediciones se hizo en base a tablas referenciadas con un número o letra al perfil arquitectónico localizado en el croquis auxiliar del edificio (**figura 94**).

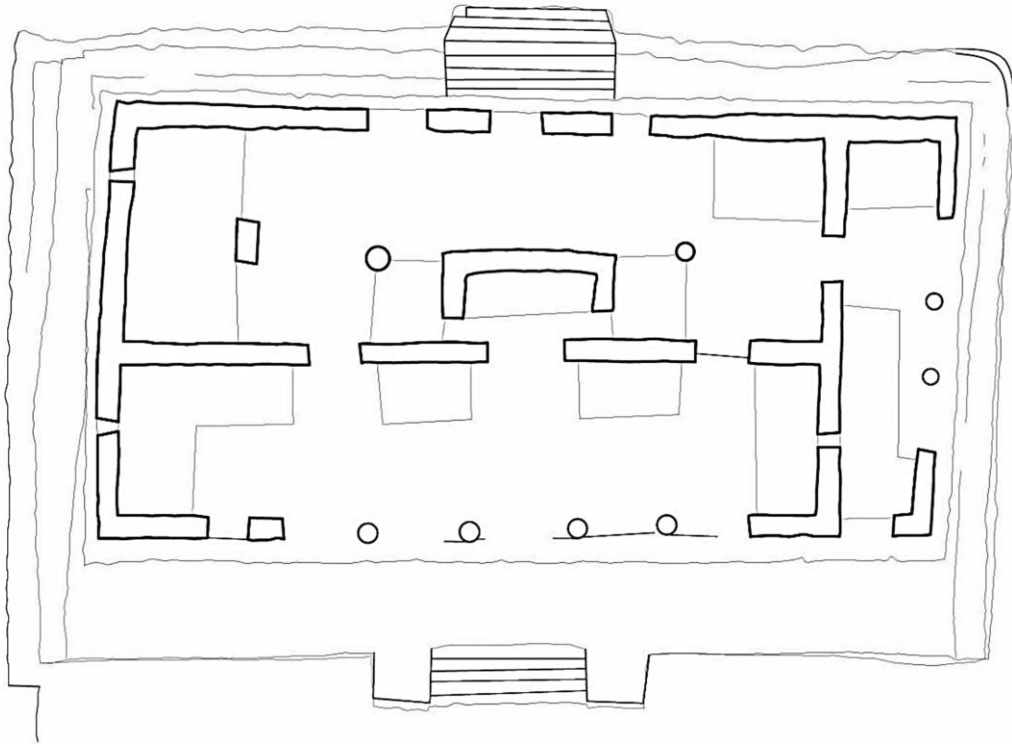


**Figura 94.** Dibujos de los perfiles de deformaciones de la plataforma del Edificio 25, Tulum. R. Magdaleno, 2013.

Se levantaron un total de 24 perfiles de deformación sumando un total de 388 metros lineales. Finalmente se obtuvo con la información de deformaciones un plano en Autocad© que presenta la verdadera forma del edificio o su estado real (**figura 95**), falta determinar con la información generada y con el análisis de los procesos de deterioro si las deformaciones registradas corresponden a un efecto intrínseco de la estructura por sus materiales y sus técnicas constructivas, o de carácter extrínseco debido a los agentes de deterioro o a ambas.

Terminado el levantamiento de deformaciones continuaron los levantamientos de niveles, estos se realizaron con nivel de manguera y con banco de nivel localizado en la esquina sureste del edificio –no de la plataforma-; el banco de nivel se tomó con base a un metro de altura y de este banco se transportaron todos los niveles tanto al interior del edificio, de las terrazas de sus plataformas así como del terreno en su perímetro inmediato; el banco de nivel se transportó en dos ocasiones la

primera a la esquina suroeste de la plataforma y la segunda a la esquina noroeste de la misma, ya que la diferencia de alturas lo obligaba. El resultado final fue un plano arquitectónico de la planta del inmueble y las estructuras asociadas con líneas o perfiles de deformación y niveles de piso (**figura 96**).



**Figura 95.** Planta arquitectónica del estado real del Edificio 25 de Tulum, obsérvese las deformaciones de muros y aristas de la plataforma de desplante. R. Magdaleno, 2013.

En total se tomaron 349 puntos de nivel, para obtener finalmente los cambios de piso por cada espacio o elemento arquitectónico importante.

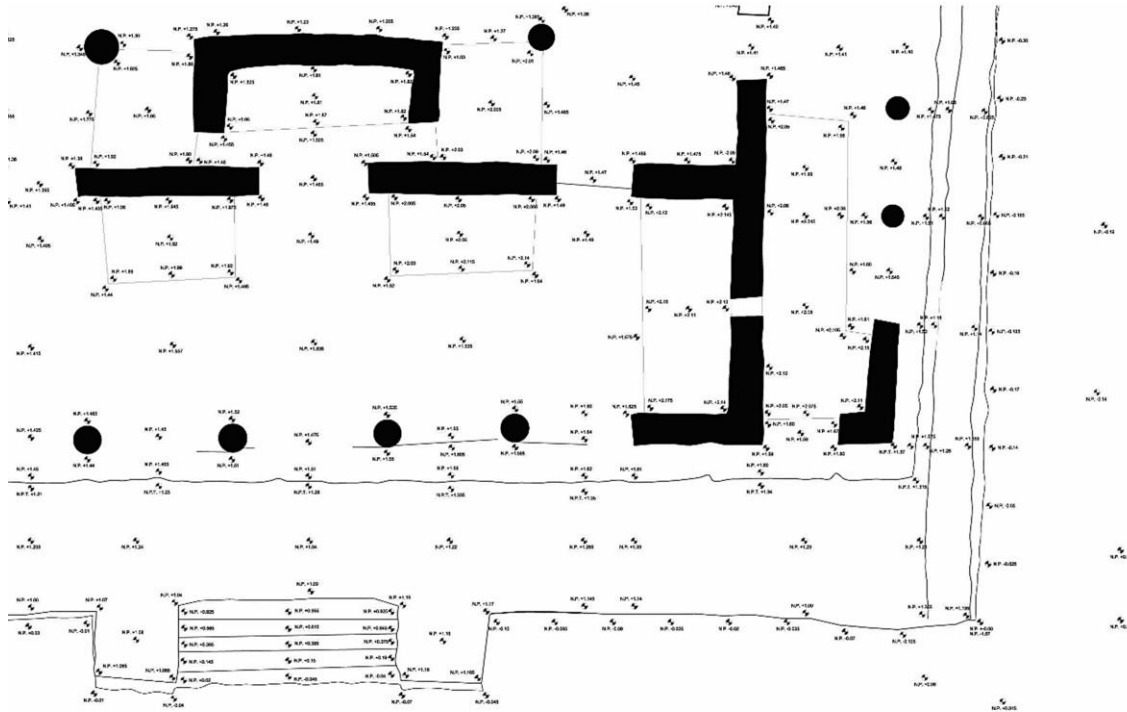
Para la elaboración en gabinete del plano de fábricas en la planta arquitectónica del estado actual del Edificio 25 se realizó un levantamiento fotográfico de todos los perfiles en planta de la plataforma del edificio así como de las banquetas en su interior; dicho levantamiento fotográfico se realizó con un tripíe a una altura fija en 1.30 m en promedio y utilizando dos niveles de burbuja para lograr la nivelación vertical y horizontal de la cámara para que esta siempre se mantenga lo más constante en altura-distancia con el objeto. Dado que el piso se encuentra muy irregular finalmente las imágenes obtenidas se escalaron en el programa de computadora Photoshop®.

Con las imágenes obtenidas se hicieron mosaicos fotográficos que llamamos larguillos (**figura 97**) por cada perfil en planta de la plataforma del edificio y sus banquetas para con ellos dibujar en el



AutoCad© el despiece de los sillares y los restos de aplanado que conforman los elementos arquitectónicos mencionados.

En su cuantificación se levantaron poco más de 450 m lineales en fotografías, dando un total de 931 fotografías para la realización de 73 larguillos fotográficos.



**Figura 96.** Detalle de la esquina sureste del Edificio 25 para mostrar los niveles de piso obtenidos en el inmueble durante la temporada 2013. R. Magdaleno, 2013.



**Figura 97.** Larguillo fotográfico del perfil de la plataforma de desplante del Edificio 25 de Tulum en su fachada sur sección este. R. Magdaleno, 2013.

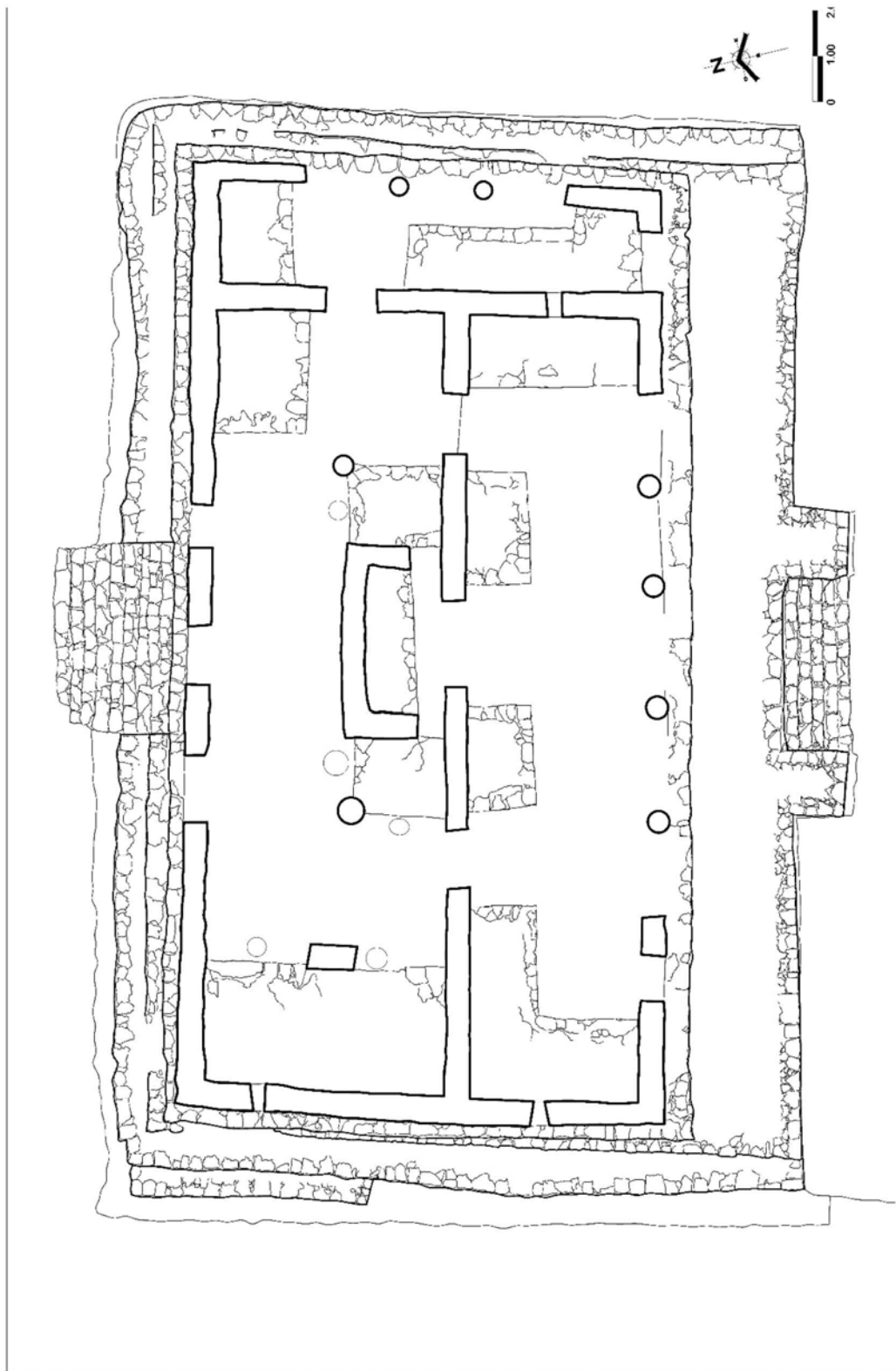


Figura 98. Planta arquitectónica con fábricas, Edificio 25, Tulum. R. Magdaleno, G. Nájera, 2014.

## Resultados preliminares

El Edificio 25 de Tulum constituye un edificio de tipo residencial o como se han llamado últimamente de “casa grande”; con el levantamiento arquitectónico se pudo constatar al menos tres renovaciones de su plataforma que incrementaron sus dimensiones así como las terrazas formadas por ésta por sus lados oriente, norte y poniente; sus paramentos en talud presentan una deformación con perfil ondulante principalmente en sus lados mayores –fachadas norte y sur-, mismas que parecen ser intrínsecas a su construcción sin que se verifique una afectación a la casa o residencia propiamente.

Por su parte la estructura superior o la casa con la subsecuente pérdida de su techo ha sufrido de los embates del intemperismo, principalmente la filtración de agua pluvial en los núcleos de sus muros teniendo como consecuencia la disgregación de sus cementantes y la pérdida de sus dinteles, con esto los muros laterales y el muro central presentan una deformación cuyos paramentos describen superficies cóncavas y convexas.

La presencia de iguanas en el edificio constituye uno de sus principales agentes activos de deterioro, existe una comunidad de varios individuos viviendo en sus muros, realizando cavidades en su interior, rasgando la piedra y sus aplanados con sus garras al trepar por sus superficies y encontrándose sus desechos en todos lados. Posiblemente hoy día sean las iguanas el principal riesgo de conservación de la imagen del Dios Descendente localizado en el nicho del muro central del edificio.

En referencia a este personaje y sus elementos asociados, existe una cubierta a dos aguas que protege a esta escultura modelada en estuco pero es necesario pensar en un nuevo sistema de cubierta ya que el escurrimiento pluvial sobre la cubierta cae sobre otros elementos como la banqueta al interior del santuario o sobre la superficie del muro central donde se conservan elementos de una cenefa pictórica –ver figura 93.

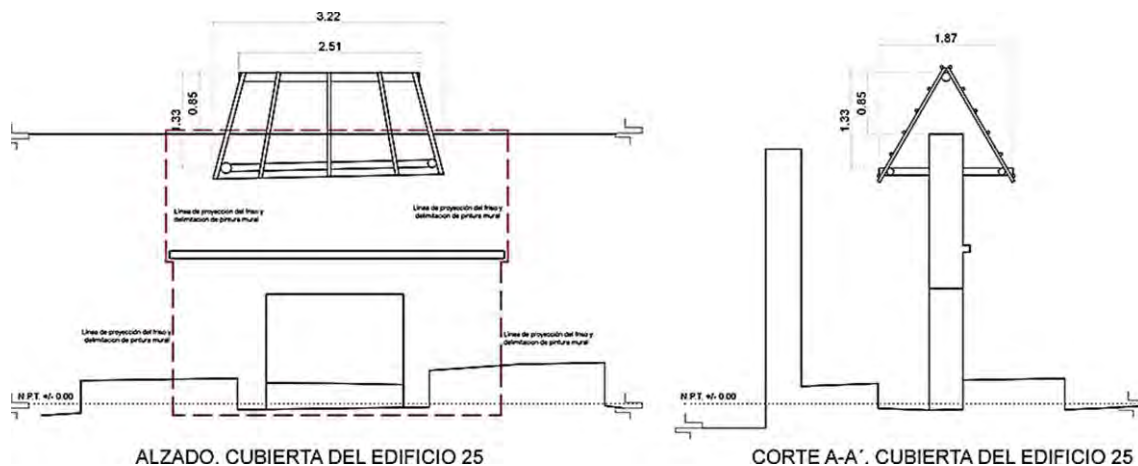
## Proyecto de sustitución de cubierta

Dado que el personaje del Dios Descendente que se encuentra en el nicho del muro central del Edificio 25 presenta un considerable deterioro en los resanes que se han colocado durante las temporadas de trabajo del Proyecto de Conservación, Restauración e Investigación de la Pintura Mural de la Costa Oriental de Q. R. (PMQR), se ha planteado la posibilidad de que dicho deterioro pueda derivarse de un mal funcionamiento de la cubierta que protege el área generando así la inmediata necesidad de realizar un levantamiento arquitectónico y la valoración técnica de la misma –ver figura 93.

Para llevar a cabo dicho estudio se tomaron como base las plantas arquitectónicas generadas en el levantamiento del proyecto, cuya información se complementó con medidas tomadas en campo a base de flexómetro y plomada para así determinar la altura y disposición de los elementos arquitectónicos representativos del área delimitada. Una vez recopilada la información necesaria fue posible generar la sección en alzado del área en cuestión por medio de AutoCad®, mediante el cual se generaron los esquemas arquitectónicos necesarios para llevar a cabo la valoración técnica del funcionamiento y área de impacto de la cubierta existente.

Dada su disposición y dimensiones, la cubierta actual no es apta para proteger la pintura mural y los elementos modelados en estuco, contrariamente a esto y debido a su disposición se generan una serie de escurrimientos sobre la superficie del muro que afectan directamente las cenefas verticales de pintura mural que se encuentran inmediatas al vano central del muro, provocando así una serie de deterioros en los aplanados de estuco original y por ende a la pintura mural que estos contienen, de igual manera se corroboró que la extensión en el costado norte de la cubierta no cumple con las dimensiones necesarias para proteger el relieve del Dios Descendente localizado en la parte superior del muro, ya que el desgaste de los resanes en la parte inferior del personaje es un claro indicativo de la continua exposición del elemento a la intemperie.

Por último cabe señalar que es común en las cubiertas a dos aguas que el guano o la palma que forman la cumbrera o caballete tienden a podrirse y a perderse más fácilmente; la cumbrera actual coincide con el eje al centro del muro, es decir, sobre el área donde se alberga gran parte de la pintura mural y el relieve del Dios Descendente estos serían los más propensos a dañarse en caso de que existiera una pérdida del material en la cumbrera o cualquier tipo de fallo en la cubierta. Todo lo anterior nos lleva a la clara conclusión de que es necesario remplazar la cubierta existente no solo por una de mayores dimensiones sino que también deberá estar dispuesta de modo tal que ayude a la conservación de los pisos, banquetas y muros afectados por los escurrimientos de la cubierta actual (**figura 99**).

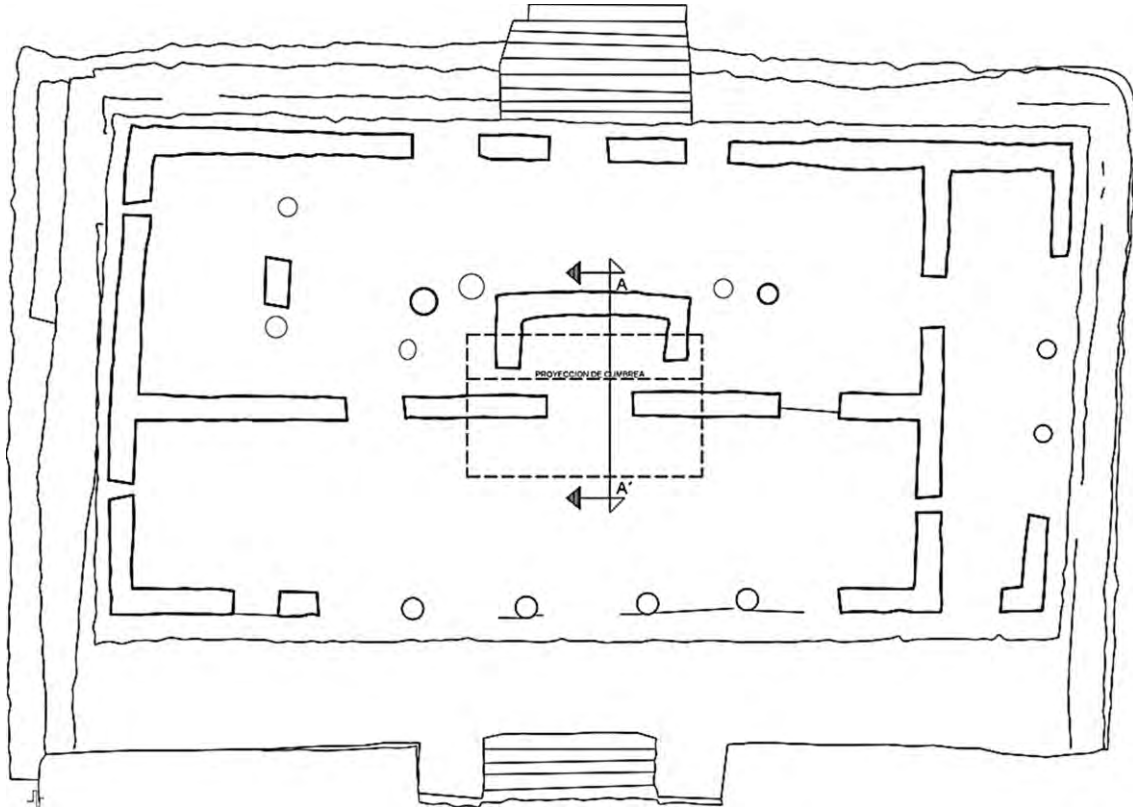


**Figura 99.** Alzado frontal y sección del Santuario Interior del Edificio 25, la línea discontinua en rojo enmarca el área de elementos iconográficos en la fachada. Nótese en el levantamiento de la cubierta actual que no se protege toda la superficie. G. Nájera, 2014.

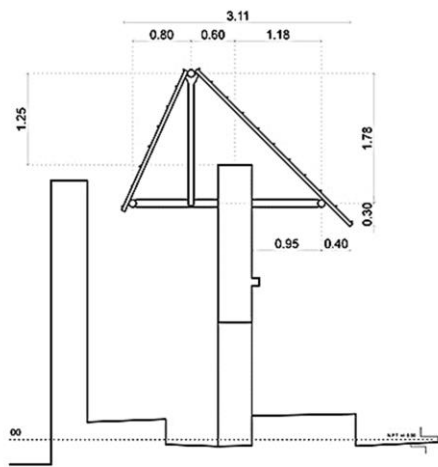
Finalmente se realizó el proyecto de una nueva cubierta para proteger los elementos iconográficos del Edificio 25, el cual consiste en utilizar los anclajes originales de la vigería que atraviesan el muro central del edificio, esto evitará crear nuevas perforaciones o puntos de anclaje y permite mantener el arranque de la cubierta 40 cm por debajo del lecho superior o coronamiento del muro lo que implica un menor impacto visual en el edificio; el proyecto contempla desplazar el eje de la cumbrera 60 cm hacia el norte en relación al centro del muro evitando así posibles afectaciones tanto en la pintura mural como en el personaje modelado en estuco en caso de que la cubierta



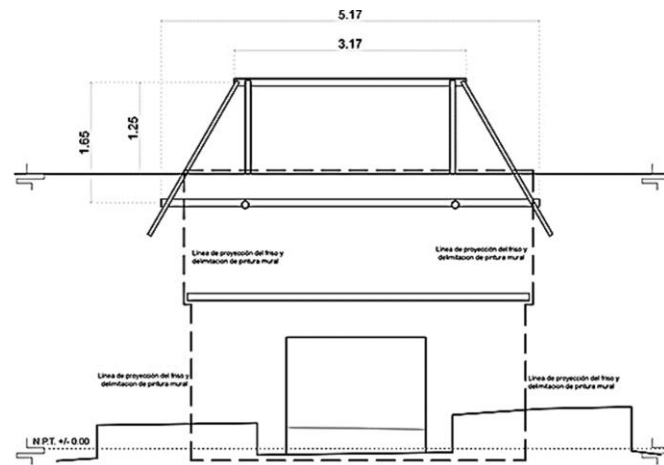
presentase perdida de material o cualquier tipo de fallo en la misma; por último, la nueva propuesta de cubierta cubre una superficie mayor ampliando sus dimensiones y por ende el área de impacto de la misma, resultando en su proyección horizontal de 5.17 x 3.12 m y a 2.08 m de altura total, apenas 40 cm por encima del nivel de cumbrera de la cubierta existente (**figuras 100 y 101**).



**Figura 100.** Planta arquitectónica del Edificio 25, Tulum. El área punteada es la superficie de proyección de la propuesta de la nueva cubierta. R. Magdaleno, G. Nájera, 2014.

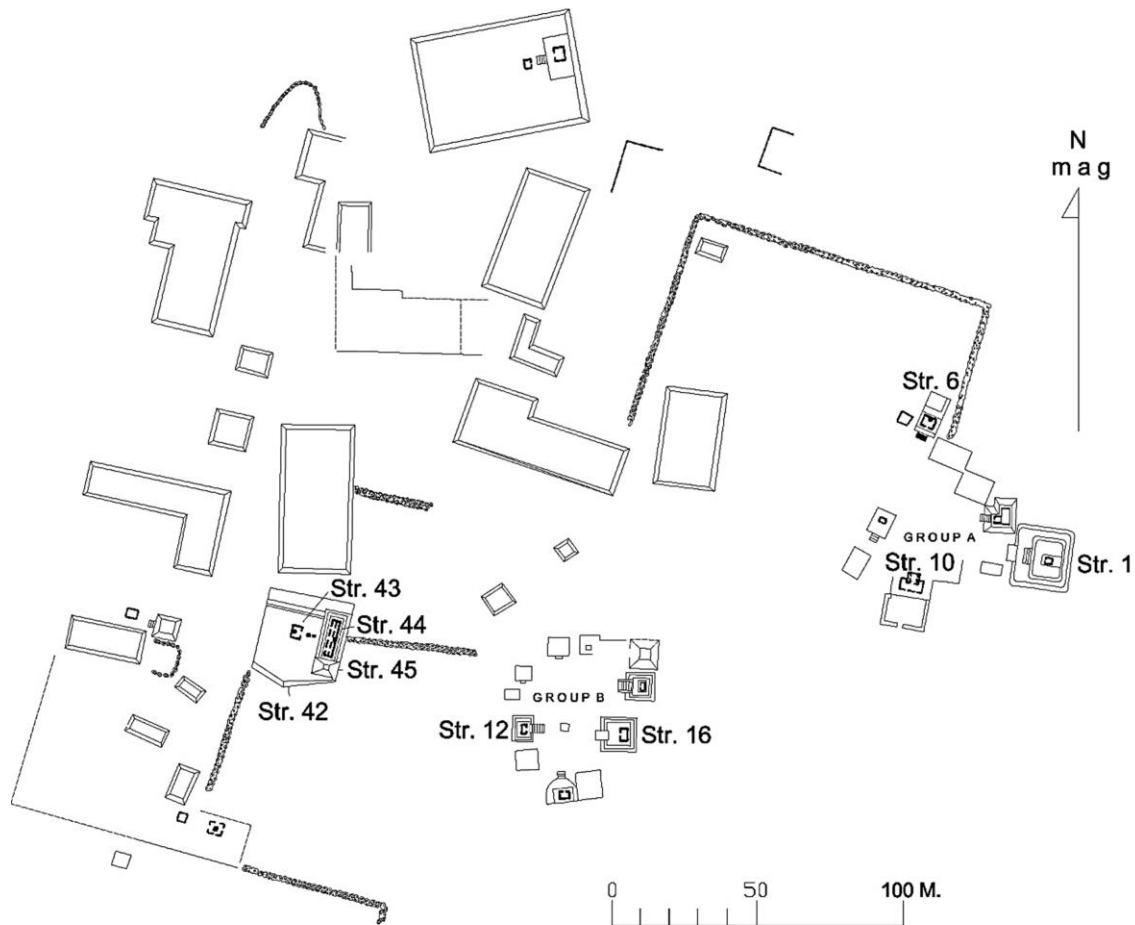


CORTE A-A'. CUBIERTA DEL EDIFICIO 25



ALZADO. CUBIERTA DEL EDIFICIO 25  
DIAGRAMA DE LA ESTRUCTURA BASE

**Figura 101.** Sección y alzado frontal del Santuario Interior del Edificio 25. Se presenta la propuesta de nueva cubierta de protección cubriendo todos los elementos iconográficos (zona punteada), y desfasando la cumbrera del eje del muro. R. Magdaleno, G. Nájera, 2014.



**Figura 102.** Plano de la zona arqueológica de Tanchah. Basado en S. K. Lothrop, 1924; W. T. Sanders, 1960; A. G. Miller, 1982; E. Terrones, 2000. R. Magdaleno, 2012.

## Antecedentes

Se localiza a la orilla de la carretera Tulum-Playa del Carmen, separado únicamente por la malla ciclónica que delimita el sitio, es un basamento piramidal de tres cuerpos coronado por un templo con restos de una crestería que lo coronaba, su fachada principal se encuentra al oriente —opuesta a la carretera— y cuenta con una escalera de pendiente pronunciada. Todo el basamento piramidal presenta deformaciones, muchas de ellas pueden ser producto de la misma constitución del edificio

–sus materiales y las técnicas constructivas- aunque no se descarta en nada que la vibración producida por vehículos pesados sobre la carretera contribuya a los efectos de asentamiento y grietas en el edificio (**figura 103**).



**Figura 103.** Carretera Tulum-Playa del Carmen, a la derecha la Estructura 12, Tancah. El autor de esta tesis se encuentra encima de la azotea del edificio realizando un levantamiento fotográfico. PMQR, 2012.

El templo cuenta con una sola cámara orientada norte-sur abovedada, y aunque al exterior se conserva casi la totalidad del friso hay filtraciones de humedad que parecen provenir del núcleo de la bóveda y claro esta del nivel de azotea directamente. Al interior del cuarto se detectan las fallas estructurales más importantes en el inmueble, pues además de grietas de piso a techo, en el pasado ya se había originado un desfase en horizontal de los muros, partiéndose por la mitad el templo en sus muros este y oeste generando un escalonamiento en sus paños o superficies; estas fracturas fueron intervenidas con rellenos de mampostería y cemento a finales del siglo pasado.

### Diagnóstico de conservación

La Estructura 12 de Tancah parece tener una inestabilidad en alguna sección de su basamento piramidal principalmente en su lado sur. Las grietas del inmueble se presentan en los tres cuerpos de su basamento en este sector y principalmente en los muros y bóveda del templo que remata al edificio. La hipótesis planteada gira en torno a la presencia de oquedades al interior de uno de los cuerpos del basamento o en todos ellos, de tal manera que el templo se está hundiendo diferencialmente hacia el sur, siendo estable la sección norte y por lo tanto partiéndose físicamente en dos secciones. En este caso posiblemente el problema de estabilidad estructural no se origina en el desplante, puesto que los paramentos del primer cuerpo del basamento piramidal no presentan



ninguna deformación aparente, solo las grietas. Cabe señalar que la Estructura 12 de Tanchah se localiza aproximadamente a unos seis metros de la carretera Tulum-Playa del Carmen, y existe una gran posibilidad que las vibraciones generadas por el paso de transporte pesado produzcan una resonancia en el edificio a manera de sismicidad baja pero muy frecuente y que esto altere la estabilidad de la estructura.

Al acceder a la azotea del edificio pudimos observar que las tapas de bóveda del inmueble se encuentran expuestas (**figura 104**), incluso desde el interior del templo se pueden observar líneas de luz a través de la unión entre las tapas, como es claro por ahí se filtra el agua de lluvia al interior detectándose pequeñas horadaciones en el piso de tierra del templo donde se genera una gotera.

En el momento del registro del edificio se localizaron algunos arbustos que ya habían alcanzado un tamaño considerable sobre el friso, la crestería (**figura 104**) y las tapas de bóvedas, en este último caso se encontró que la raíz del arbusto había penetrado al interior del cuarto por la junta entre las tapas de bóveda (**figura 105**).



**Figura 104.** Larguillo de la azotea, Estructura 12. Tanchah. El flexómetro se apoya directamente sobre las tapas de bóveda expuestas. R. Magdaleno, 2012.



**Figura 104.** Estructura 12, Tanchah. Detalle de la crestería del edificio y de la vegetación sobre el nivel de la azotea. R. Magdaleno, 2013.

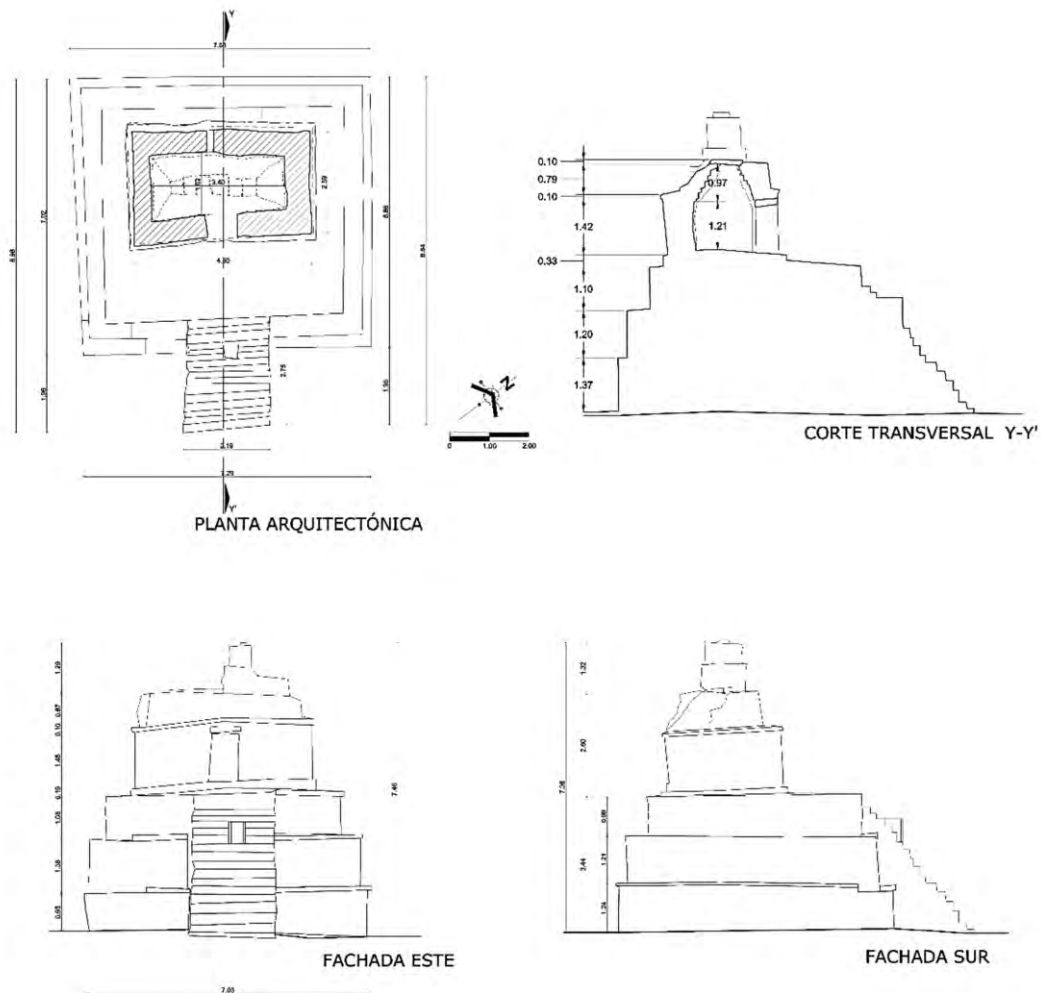
**Figura 105.** Estructura 12, Tanchah. Interior del templo, obsérvese la raíz de vegetación que forma una línea en vertical al centro de la cámara. R. Magdaleno, 2013.



## Registro arquitectónico

Primeramente se procedió a realizar un chapeo alrededor del edificio, pues la vegetación en su perímetro haría imposible el trabajo de levantamiento; concluido lo anterior se colocaron etiquetas en las aristas y vértices del inmueble, se realizaron croquis esquemáticos del inmueble para iniciar la toma de medidas con flexómetro, con el método de reventón y plomada se obtuvieron las deformaciones de muros en planta y de los paramentos en su vertical, así también se realizaron levantamientos de niveles con el método de manguera.

Una vez recabados los datos se procedió a realizar los planos arquitectónicos en AutoCad® (**figura 106**), cotejándose cada uno de los datos y regresando a verificar en caso de ser necesario.

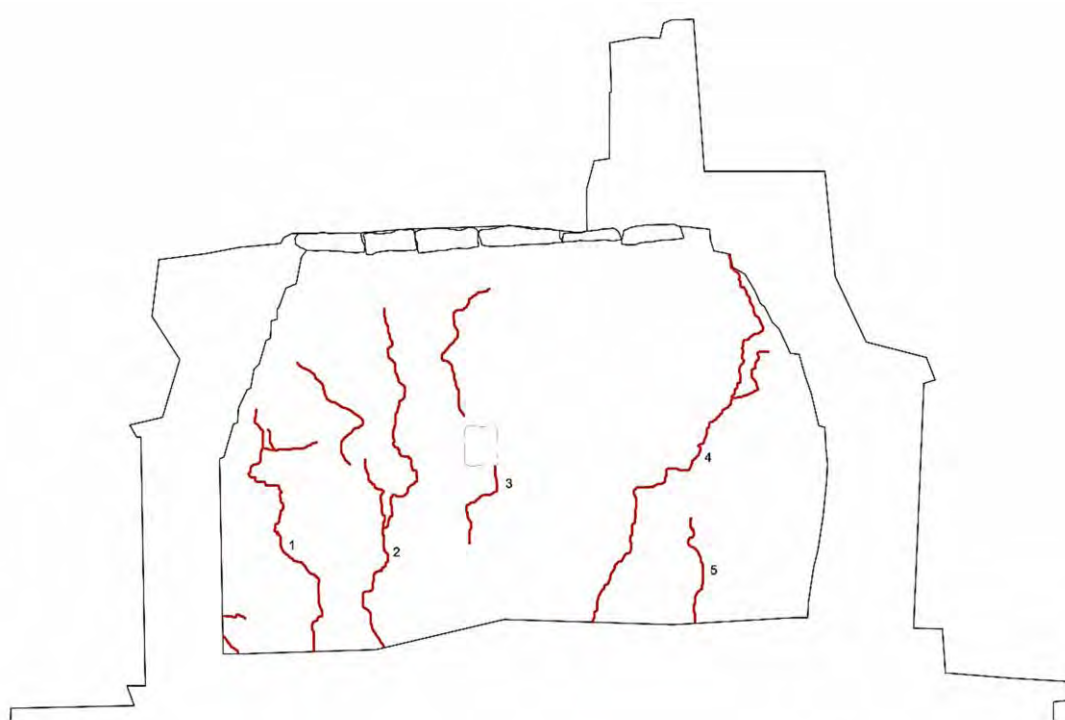


**Figura 106.** Planta, sección y fachadas, Estructura 12, Tancah. R. Magdaleno, 2018.

Para la elaboración de los planos de fábricas se realizaron mosaicos fotográficos con la metodología ya descrita, se hicieron larguillos con las fotografías para cada una de las fachadas del inmueble por cada paramento (cuerpos del basamento, muros del templo, friso) como por cada elementos arquitectónico que así lo requiera (molduras, crestería, etc.); ya con toda esta información recabada se elaboraron los planos de fábricas como parte del trabajo de gabinete que realiza el proyecto.

Con los planos arquitectónicos realizados se elaboraron las fichas para el registro de deterioro, con ellas se realizó in situ el registro de los agentes de deterioro y sus efectos en el inmueble, una vez terminados los planos de fábricas se realizará el levantamiento de deterioros en dichos planos.

### Monitoreo mecánico-estructural



**Figura 107.** Corte longitudinal del templo de la Estructura 12 de Tancah. En el corte se localizan las grietas sobre el muro e intradós oeste. R. Magdaleno, 2013.

Se tienen registradas un total de siete grietas de carácter estructural<sup>9</sup> al interior del templo que corona el basamento piramidal; cinco de éstas se localizan sobre el muro oeste, una sobre el muro norte y una más en el muro este a un costado de la jamba norte. De las grietas sobre el muro oeste tres de ellas tienen testigos colocados en diferentes puntos de su longitud, mientras que las grietas con los números 3 y 5, no cuentan con un punto de cuantificación o medición con el calibrador

<sup>9</sup> Aquellas grietas cuya ubicación está relacionada con elementos de transmisión de cargas y que no son superficiales, es decir, que sean tan finas que no se observe una profundidad de la grieta como comúnmente pueden encontrarse sobre la mampostería, los recubrimientos o aplanados, o relieves escultóricos o superficies pictóricas.

Vernier (**figura 107**). Durante la temporada 2014 se detectaron dos grietas sobre la fachada poniente al nivel del muro que al parecer coinciden con las grietas 1 y 2 del interior del templo.

Desde la temporada 2011 se hizo la observación que las grietas sobre el muro oeste corresponden a un claro asentamiento del inmueble en su sector sur, mismo que ha deformado la horizontal de sus elementos arquitectónicos principalmente en el último cuerpo del basamento así como en la plataforma de desplante del templo y el templo mismo. Las grietas sobre el muro norte y este al interior del templo parecen responder al mismo efecto de hundimiento y fractura por corte de sus elementos arquitectónicos, misma que ocasionó una fractura mucho mayor en la parte media del edificio ahora intervenida y como puede observarse fue necesario recuperar el volumen arquitectónico del muro e intradós de la bóveda con un relleno de mampostería que uniera las secciones norte y sur separadas por la fractura estructural (**figura 108**).



**Figura 108.** Detalle de la dislocación e intervención sobre la sección central del muro e intradós oeste al interior del templo, Estructura 12, Tancah. R. Magdaleno, 2013.

En general las grietas han incrementado su profundidad y algunas su ancho, como una constante dichos incrementos se registran en la parte central y superior de las mismas, coincidiendo con la sección superior al interior del templo, esto parece responder a un movimiento de apertura de esta área, es decir, teniendo un punto fijo como punto de apoyo, en este caso la base de los muros o su desplante, al generarse el hundimiento en esta área el reflejo se genera en el lado opuesto, es decir en la sección superior de los muros y la bóveda.

Un aspecto muy importante por resaltar es que de existir correspondencia entre la grieta 2 en el muro oeste de la cámara del templo con la grieta 2 pero sobre la fachada poniente, la suma de la profundidad registrada en ambas da un total de 68 cm; en promedio el ancho de este muro es de 70 cm, por lo que en hipótesis las grietas ya fracturaron todo el elemento estructural, aunque en los puntos de medición no se ha podido atravesar de un lado a otro el muro, aún.

Durante la temporada 2012 fueron detectadas varias fracturas sobre los cuerpos y las terrazas del basamento piramidal, que lamentablemente fueron tapadas sin que pudiéramos proceder a un monitoreo de cuantificación y comportamiento de las mismas, pero la formación de estas grietas atestiguan una dinámica estructural activa en la mitad sur del edificio, misma que se verifica en las tablas de monitoreo de las grietas interiores del templo.



Al hundimiento diferencial debemos sumar la disgregación de las argamasas en todo el edificio, al menos en sus partes originales no reconstruidas con concretos, ya que el agua de lluvia penetra en el núcleo su bóveda a través de las tapas de bóvedas y núcleos de frisos expuestos, así como la penetración del agua de lluvia en el núcleo del basamento piramidal a través de las aristas de sus terrazas.

Presumiblemente pueden existir oquedades a nivel del desplante del edificio o disgregación de sus materiales constitutivos en los cuerpos del basamento, posiblemente ambos factores originen el hundimiento diferencial hacia el sector sur del inmueble y con esto la generación de fracturas y deformación del edificio al nivel del templo. Será necesario un análisis con instrumentos de prospección para determinar el origen de este asentamiento.

### Estudios geofísicos

En el año 2014 se solicitó la colaboración del Dr. Luis Barba Pingarrón del Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM, en su carácter de especialista en trabajos de prospección y con una extensa y distinguida trayectoria de investigación en el rubro de la prospección arqueológica, en este mismo año realizó una visita de reconocimiento en ambos sitios –Tulum y Tancah- para ver de manera general las características topográficas, hidrográficas, geológicas y arquitectónicas de ambos casos de estudio. Con la información recopilada hasta ese momento se planteó un proyecto de prospección geofísica a realizarse durante el 2015 teniendo el siguiente objetivo:

- Comprender las causas de hundimiento diferencial del templo de la Estructura 12 de Tancah mediante el estudio del núcleo del basamento.

Para determinar estado del núcleo del basamento del edificio se propone efectuar estudios de georradar y resistividad eléctrica en las superficies horizontales y verticales de los tres cuerpos del basamento.

Se realizaron líneas con la antena de 400 MHz por las cuatro fachadas sobre los tres cuerpos del basamento (**figura 109**), así como en las terrazas que rodean al templo y en el interior del mismo, la



**Figura 109.** Trabajos de prospección con la antena de georradar de 400 MHz sobre el paramento del tercer cuerpo del basamento en la fachada norte, Estructura 12, Tancah. R. Magdaleno, 2015.

penetración de la antena fue en promedio de 3.50 m. La antena se colocó en la parte media de cada uno de los paramentos del inmueble excepto en la fachada posterior en el primer cuerpo y en la fachada principal –oriente- en su tercer cuerpo donde la línea se realizó en la sección superior para tomar un dato corrido de esquina a esquina evitando la escalera del edificio, en los dos cuerpos inferiores del basamento se realizaron dos líneas por la irrupción de una continuidad por la presencia de la escalera, misma que no fue posible estudiar.

Por otro lado se realizó una investigación de gabinete referente a las intervenciones anteriores realizadas en la estructura así como de imágenes del estado de conservación del inmueble.

## Resultados Preliminares

Se localizaron imágenes que muestran al edificio invadido por la vegetación con algunos árboles que crecen sobre el templo y el basamento, es perfectamente reconocible el derrumbe parcial de la bóveda del templo producto del peso y principalmente por las raíces de estos árboles (**figura 110**). Por tal motivo se ha considerado la posibilidad de que al interior del basamento existan grandes raíces de estos árboles que en un proceso de descomposición estén alterando la estabilidad estructural del inmueble.



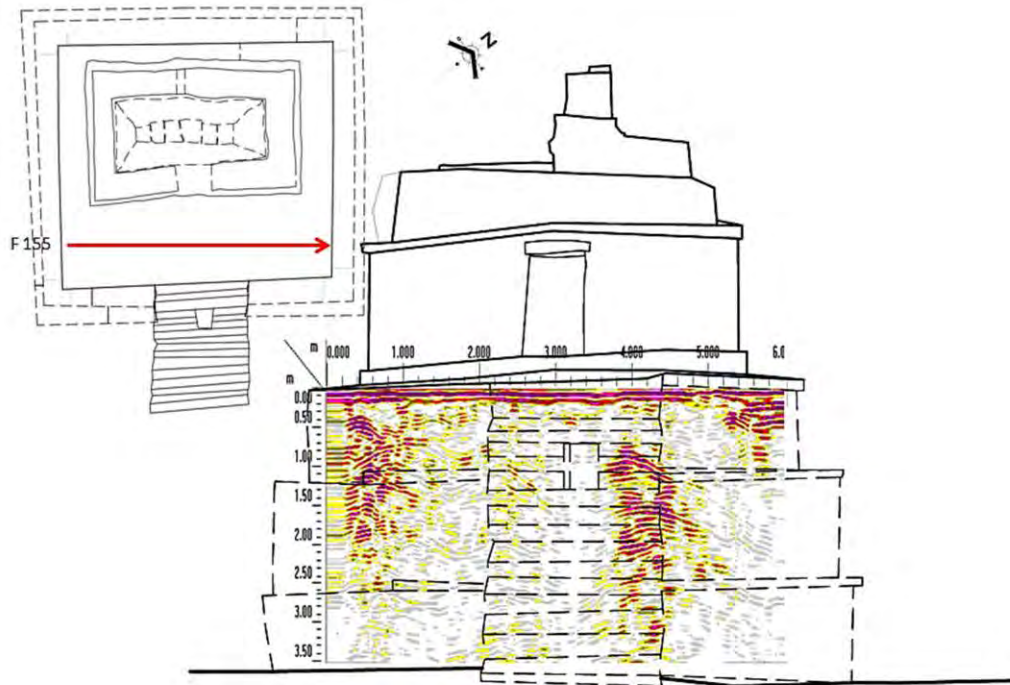
**Figura 110.** Fachada poniente, Edificio 12. Fotografía de 1998.

Por otro lado, los trabajos realizados en el edificio en el año de 2007, bajo la dirección del Arqlgo. Alejandro Martínez Muriel, detectaron dos raíces del árbol llamado Kópo (*Picus yucatanense*) en la sección sur de la fachada poniente (**figura 111**), así como en la esquina sureste. Para el primer caso existe la posibilidad que se tratara de una raíz del árbol registrado encima del edificio, mientras que para el segundo caso parece tratarse de la extensión de las raíces del Kópo localizado algunos metros más al sureste de la estructura.



**Figura 111.** Detalle de la raíz de Kópo localizada en el segundo cuerpo, sección sur, de la fachada poniente de la Estructura 12, fotografía de 2007.

Los avances hasta el momento en las lecturas e interpretación de los radargramas nos llevan a pensar que no existen cavidades considerables que estén alterando o directamente relacionadas con las grietas y la actividad estructural del inmueble. También existe una aparente menor consolidación en las áreas originales del edificio respecto a las intervenidas arqueológicamente. Por lo tanto, parecen existir sectores en el núcleo del basamento más estables que otros, pero aún es muy preliminar esta lectura (**figura 112**).



**Figura 112.** Radargrama sobre la terraza del Edificio 12. Las secciones en blanco parecen corresponder a zonas donde los materiales son más homogéneos y/o compactos, mientras que las anomalías mostradas en color rojo pueden corresponder a materiales menos homogéneos y menos compactos. L. Barba, J. Blancas, R. Magdaleno, 2015.

Es muy latente la posibilidad de que las raíces del Kópo localizado hacia la esquina sureste del edificio estén penetrando al núcleo del basamento, ya que éste último funciona como un gran captador de agua pluvial y tiene menor dureza que la roca madre, por lo tanto sería natural que la extensión de las raíces del árbol sea en esta dirección, hoy en día parte del follaje de su copa llega a la terraza frontal del edificio (**figura 113**).

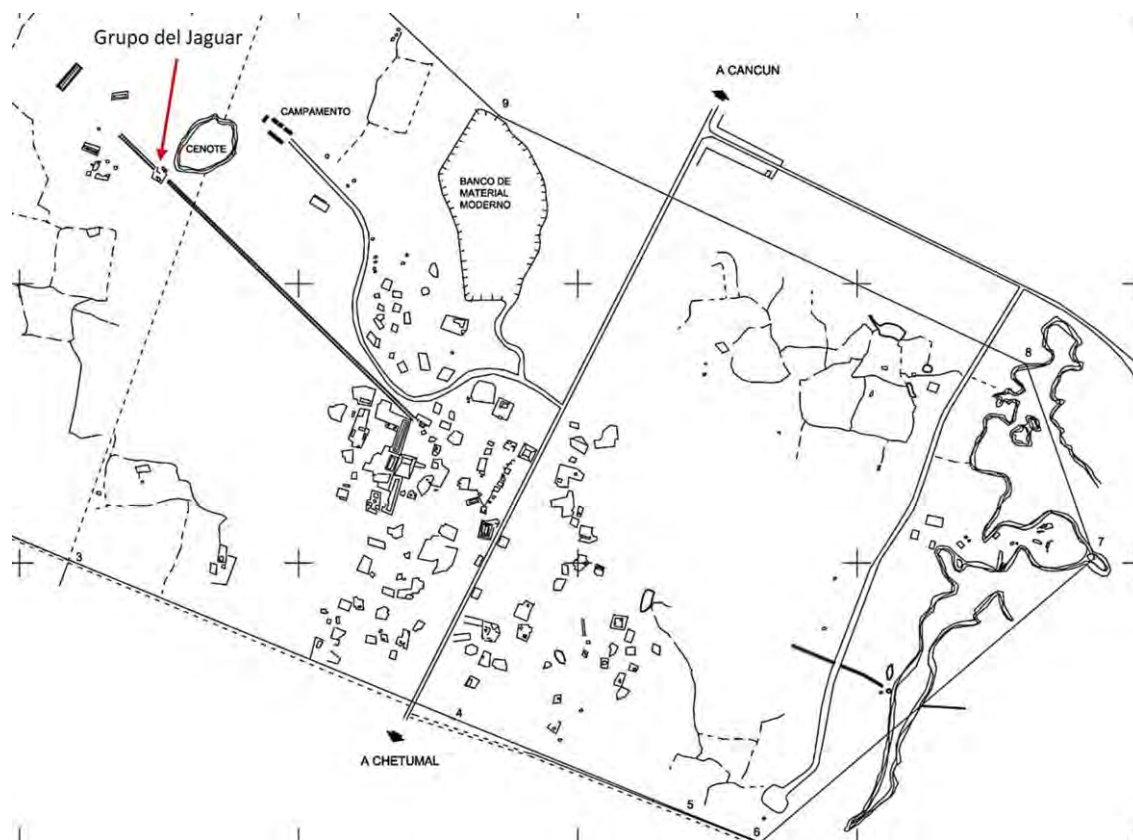




**Figura 113.** Edificio 12 de Tanchah y árbol de Kópo actual –izq. R. Magdaleno, agosto 2015.



## Templo del Jaguar, Z. A. Xelhá



**Figura 114.** Plano general de la zona arqueológica de Xelhá.

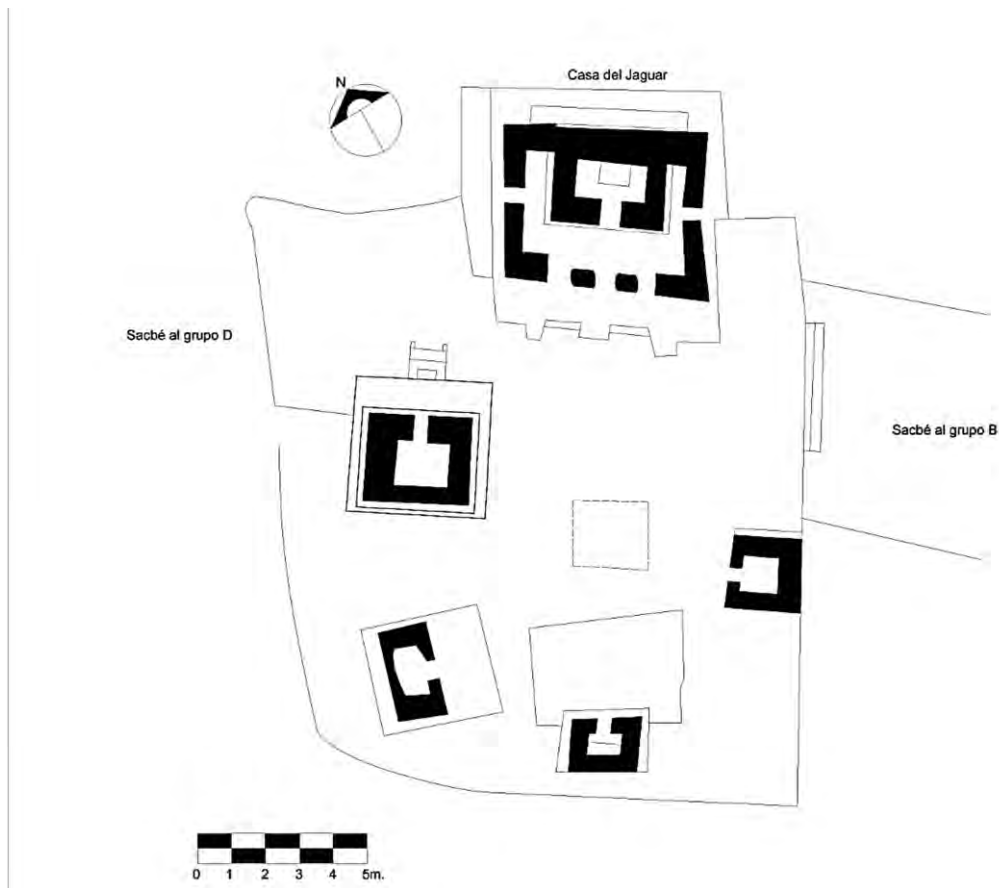
### Antecedentes y diagnóstico de conservación

El Grupo del Jaguar se localiza en el extremo noroeste de la zona arqueológica (**figura 114**), a poco más de 500 m del grupo B –el más grande del sitio– directamente comunicado por un sacbé que continua hacia el grupo D. El sacbé no solo servía de acceso al Grupo del Jaguar, también al cenote que se localiza al noreste de este conjunto arquitectónico, al que seguramente se vinculaba en espacio ritual y de culto.

El Grupo del Jaguar está integrado por cinco estructuras desplantadas sobre una misma plataforma a la que llega por su sección sureste el sacbé y continúa por el noroeste. Los cinco edificios del conjunto presentan la tradicional arquitectura de la Costa Oriental (**figura 115**), al norte del grupo se localiza el Templo del Jaguar, del que se toma el nombre para el conjunto arquitectónico.

La estructura presenta dos etapas constructivas, el primer edificio fue un templo pequeño con acceso por su lado sur y ricamente decorado con pintura mural en sus fachadas, es este edificio se le circunscribe con una ampliación o segunda etapa por sus lados este, sur y oeste, se conserva la

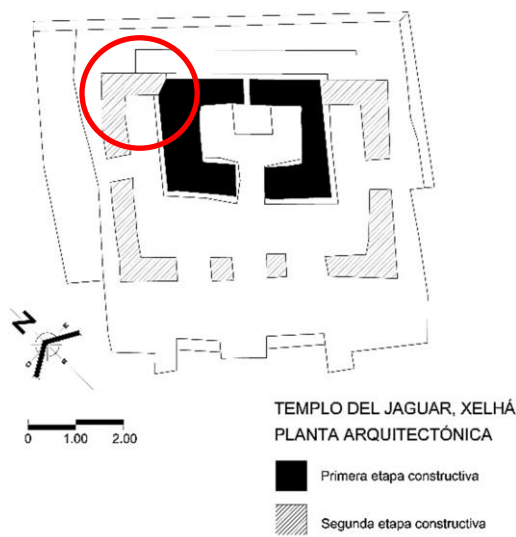
fachada sur como fachada principal y se hace un acceso de tres entradas y dos columnas, se generan además acceso laterales por las fachadas este y oeste (**figura 116**).



**Figura 115.** Planta arquitectónica del Grupo del Jaguar. R. Magdaleno, 2014; basado en plano del INAH.

Como es común en estos casos de ampliación de un primer templo a uno mayor las juntas constructivas y las bóvedas construidas para cubrir las galerías o crujías interiores producto de la ampliación, o de la segunda etapa, presentan fallas estructurales de amarre o anclaje entre los elementos, es decir, la bóveda tiende a filtraciones por las tapas de bóvedas y algo de lo más común es que empiezan a fallar en las esquinas, en algunos casos las fracturas provocan inclusive la pérdida de materiales y el colapso de elementos arquitectónicos; así también el adosamiento de los muros de la segunda etapa con los de la primera en la fachada posterior suelen carecer de amarre generando una junta fría, es decir, una separación entre elementos que tan solo se tocan, de ahí que trabajen estructuralmente por separado (**figura 117**). Todo esto está presente en el edificio.

Actualmente el edificio presenta pérdida de materiales como la sección norte de la bóveda en la crujía oeste; el friso en las esquinas sureste y noreste, dejando expuesto el núcleo de la bóveda y produciéndose filtración pluvial al interior.



**Figura 116.** Planta arquitectónica del Templo del Jaguar, Xelhá. En esta se presentan las dos etapas constructivas. La sección enmarcada con el círculo es la que se puede observar en detalle en la figura 117. R. Magdaleno, 2014.



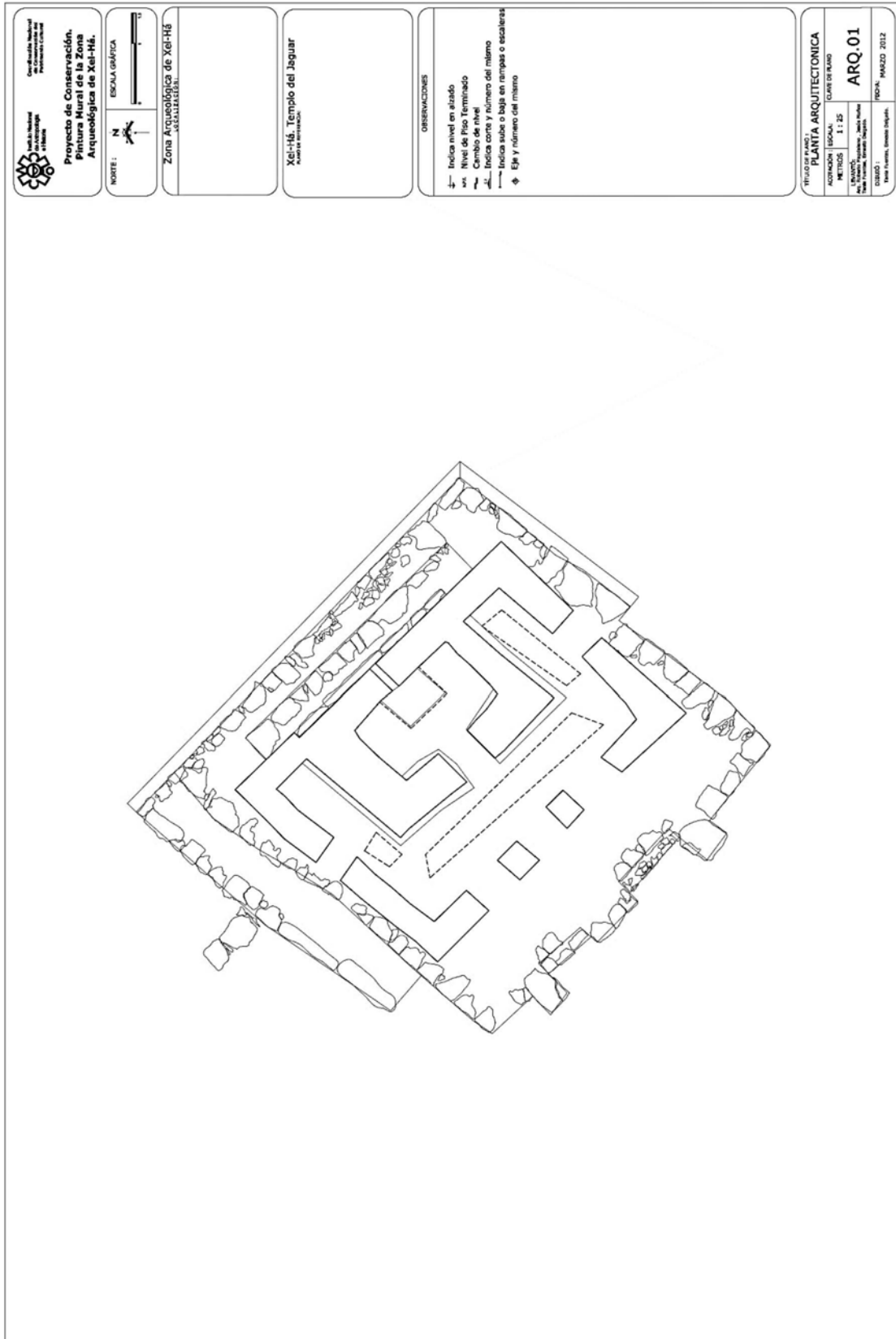
**Figura 117.** Detalle de la junta fría entre la primera y segunda etapa constructiva en la sección norte de la fachada posterior. Obsérvese la pérdida de la bóveda. R. Magdaleno, 2011.


A todo esto deben sumarse las posibles fallas por manufactura –materiales y sistemas constructivos- intrínsecos al edificio, así como al de la presencia de vegetación y animales que sumen al deterioro del inmueble, sin olvidar aquellas intervenciones humanas anteriores que no siempre tienen buenos resultados; de esto se destaca el posible asentamiento del edificio sobre su propia plataforma de desplante, donde la plataforma presenta deformaciones mismas que se reflejan en el edificio estando este asentado hacia el oriente.

Prácticamente en las cuatro fachadas se localizaron grietas, muchas de ellas han sido intervenidas con cemento sin que se pueda comprobar si se realizó una inyección o solamente un repellado superficial, algunas de estas grietas intervenidas se están volviendo a abrir mientras que a su vez han aparecido nuevas lo que representa un constante movimiento estructural del edificio.

La azotea en la actualidad presenta un aplanado con intención de generar una superficie impermeable, con pendiente y canalización hacia la esquina noreste donde se localiza un desagüe de tubería de PVC ahogado en la esquina del edificio y con la salida del canal en la base de la esquina del templo. Por la humedad identificada en los intradoses de las bóvedas interiores es claro que el entortado de concreto de la azotea no evita la filtración del agua de lluvia, ésta al parecer también encuentra puntos de filtración sobre las aristas de las molduras en donde se identifica pérdida de juntas y crecimiento de vegetación menor.

# Registro arquitectónico




  
 Instituto de Cultura y Artes de Yucatán
   
 Proyecto de Conservación
   
 Pintura Mural de la Zona
   
 Arqueológica de Xel-Há.

NORTE: 
  
 ESCALA GRÁFICA: 

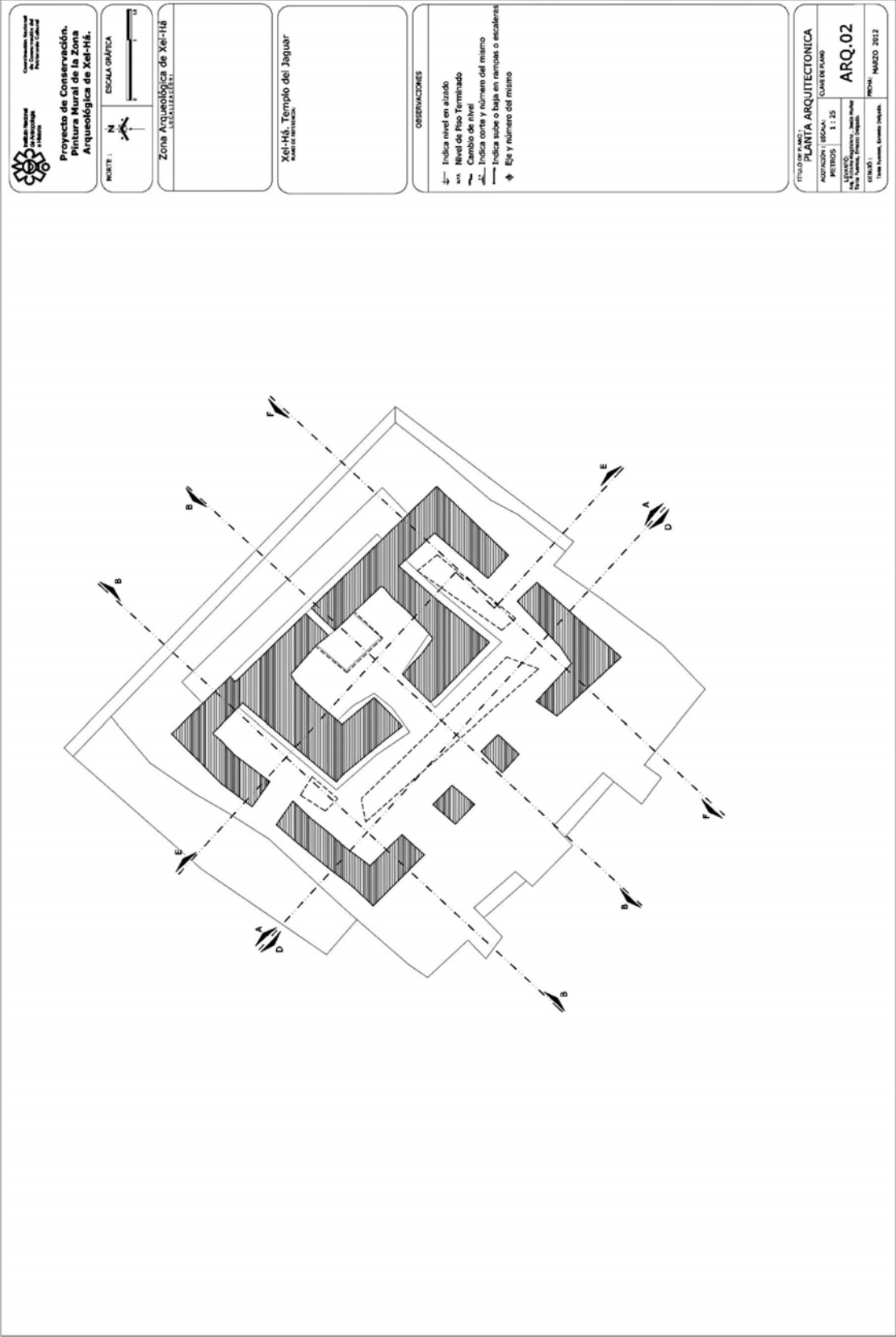
Zona Arqueológica de Xel-Há
   
 YUCATECÁN


Xel-Há, Templo del Jaguar
   
 PLANTA ARQUITECTÓNICA

OBSERVACIONES
   
 — Indica nivel en alzado
   
 = Nivel de Piso Terminado
   
 - - - Cambio de nivel
   
 - - - Indica corno y número del mismo
   
 - - - Indica sube o baja en rampas o escaleras
   
 + Eje y número del mismo

TÍTULO DE PLANO:
   
 PLANTA ARQUITECTÓNICA
   
 ACCIÓN: CLAVE DE PLANO
   
 MÉTRICO: 1 : 25
   
 ARQ. 01
   
 DISEÑO:
   
 LUIS FERRER, INÉS DE JAGUAR
   
 FECHA: MARZO 2012






 Instituto de Investigaciones y Estudios Prehistóricos de Yucatán  
 Proyecto de Conservación y Pintura Mural de la Zona Arqueológica de Xel-Há.

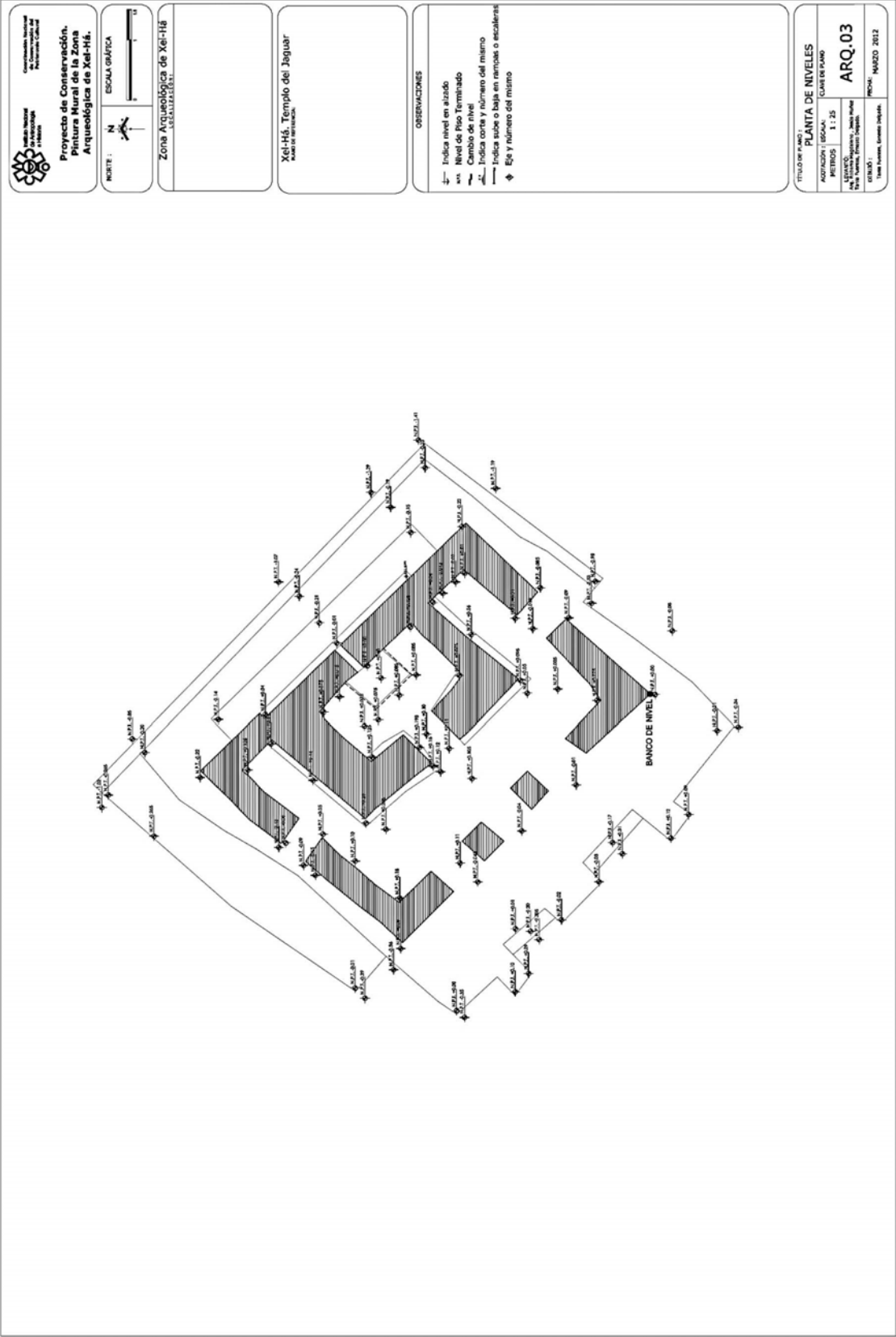
NORTE : N  
 ESCALA GRÁFICA  



Zona Arqueológica de Xel-Há  
 LEGALIZACIÓN

Xel-Há. Templo del Jaguar  
 PLAN ARQUITECTÓNICO

**OBSERVACIONES**  
 — Indica nivel en alzado  
 --- Nivel de Piso Terminado  
 - - - Cambio de nivel  
 — Indica corte y número del mismo  
 — Indica sube o baja en rampe o escalera  
 ◆ Eje y número del mismo

TÍTULO DE LA OBRA: PLANTA ARQUITECTÓNICA  
 AUTORIZACIÓN: ESCALA: CLASE DE PLANO  
 METROS: 1 : 25  
 ELABORADO POR: José María Pérez Torres, Patricia Trujillo  
 CORREO: josemaria@iiepyucatan.mx  
 FECHA: MARZO 2012




  
 Instituto de Investigaciones y Estudios Prehistóricos de Yucatán
   
 Proyecto de Conservación
   
 Pintura Mural de la Zona
   
 Arqueológica de Xel-Há.

NORTE : N
   
 ESCALA GRÁFICA
   


Zona Arqueológica de Xel-Há
   
 LOCALIZACIÓN

Xel-Há, Templo del Jaguar
   
 PLANIMETRÍA

OBSERVACIONES
   
 — Indica nivel en alzado
   
 = Nivel de Piso Terminado
   
 - - - Cambio de nivel
   
 - - - Indica corte y número del mismo
   
 — Indica sube o baja en rampa o escalera
   
 ◆ Eje y número del mismo

TÍTULO DEL DIBUJO: PLANTA DE NIVELES
   
 AUTORIZACIÓN: ESCALA: CLASE DE PLANO
   
 METROS: 1 : 25
   
 ELABORADO POR: José María
   
 Yucatán, Yucatán, México
   
 FECHA: MARZO 2012



Comisión Nacional  
de Conservación del  
Patrimonio Cultural

Proyecto de Conservación,  
Pintura Mural de la Zona  
Arqueológica de Xel-Há.



Zona Arqueológica de Xel-Há  
LOCALIZACIÓN:

Xel-Há, Templo del Jaguar  
Punto de referencia:

OBSERVACIONES

- ± Indica nivel en alzado
- ≡≡≡ Nivel de Piso Terminado
- Cambio de nivel
- Indica corte y número del mismo
- ↕ Indica sube o baja en rampas o escaleras
- ◆ Eje y número del mismo

TÍTULO DE PLANO:

CORTE A-A' Y B-B'

ACOTACIÓN | ESCALA:

CLAVE DE PLANO

METROS

1 : 25

LEVANTÓ:

ARQ.04

ARQ. INAH: Pizarro, Jesús Muñoz

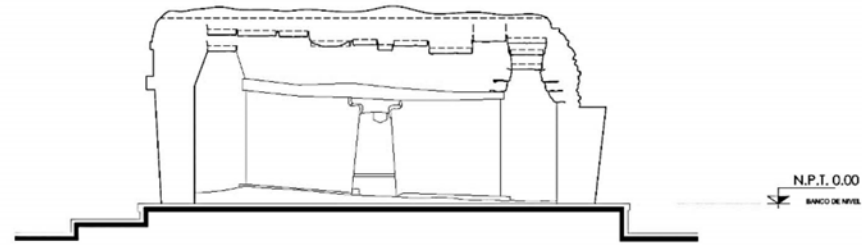
ARQ. INAH: Pizarro, Ernesto Delgado

DIBUJÓ:

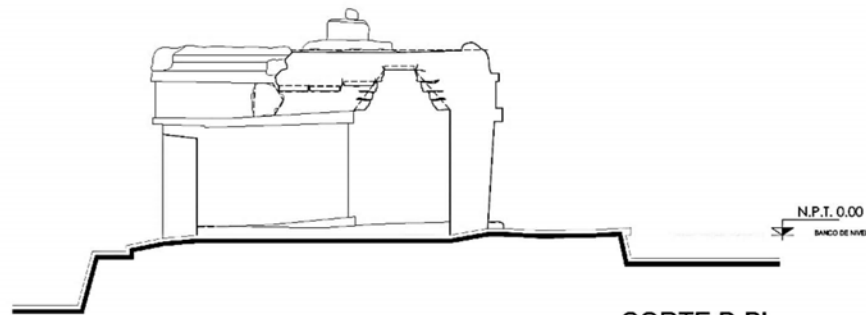
Pizarro, Ernesto Delgado

FECHA:

MARZO 2012



CORTE A-A'

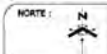


CORTE B-B'



Comisión Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

**Proyecto de Conservación.  
Pintura Mural de la Zona  
Arqueológica de Xel-Há.**



Zona Arqueológica de Xel-Há  
LOCALIZACIÓN:



Xel-Há. Templo del Jaguar  
Plan de ubicación.



**OBSERVACIONES**

- ↕ Indica nivel en alzado
- ±±± Nivel de Piso Terminado
- ~ Cambio de nivel
- /— Indica corte y número del mismo
- /— Indica sube o baja en rampa o escaleras
- ⊕ Eje y número del mismo

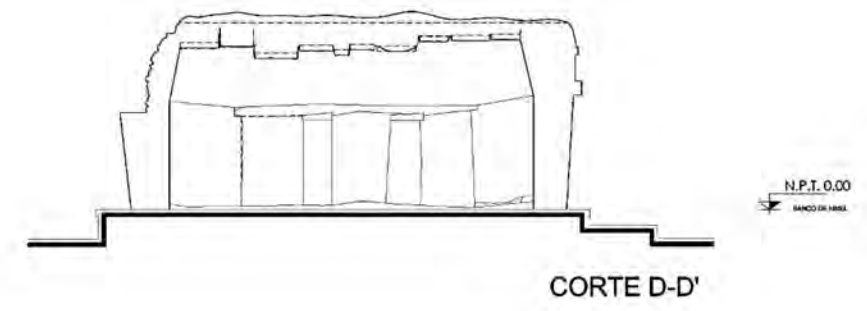
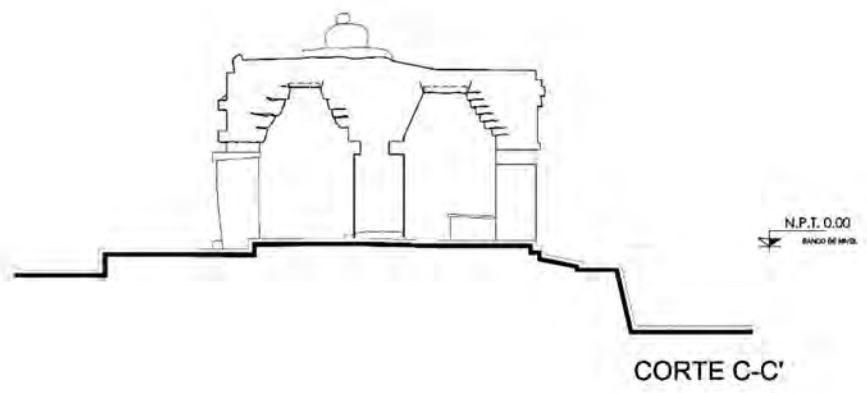
TÍTULO DE PLANO:  
**CORTE C-C' Y D-D'**

NOTACIÓN / ESCALA:  
METROS 1 : 25

CLAVE DE PLANO  
**ARQ.05**

ELABORÓ:  
ING. Esteban Rodríguez, JEFE PLANO  
Sara Fuentes, Esteban Rodríguez

FECHA:  
MARZO 2012

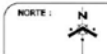






Comisión Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

**Proyecto de Conservación.  
Pintura Mural de la Zona  
Arqueológica de Xel-Há.**



**Zona Arqueológica de Xel-Há**  
LOCALIZACIÓN:

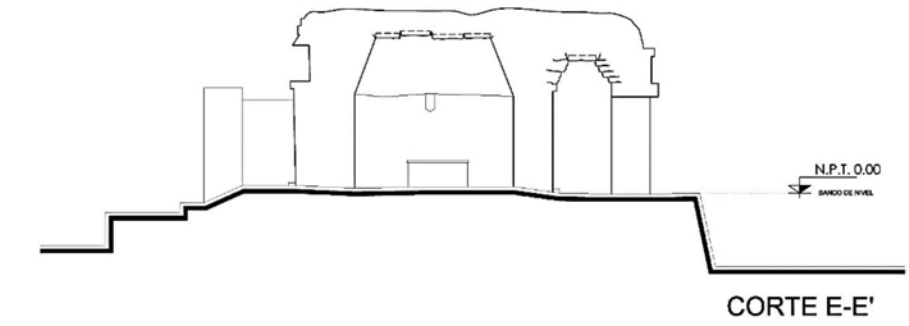


**Xel-Há, Templo del Jaguar**  
PLANO DE ENTENEDIDA:

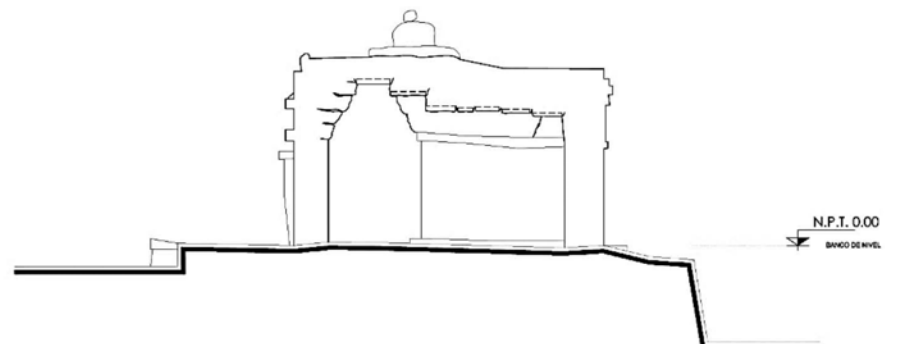


**OBSERVACIONES**

- Indica nivel en alzado
- \*\*\* Nivel de Piso Terminado
- Cambio de nivel
- Indica corte y número del mismo
- Indica sube o baja en rampas o escaleras
- ◆ Eje y número del mismo

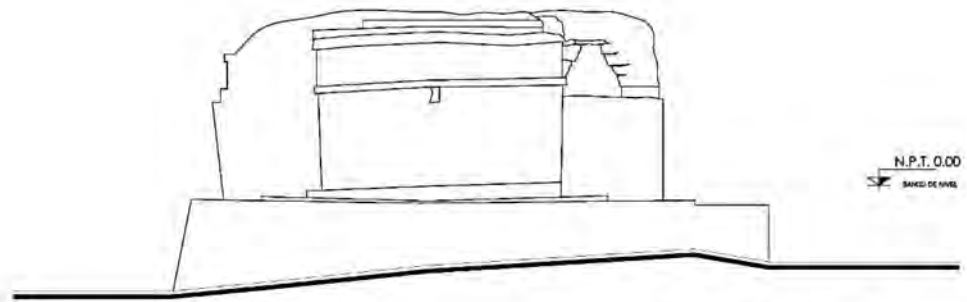


**CORTE E-E'**

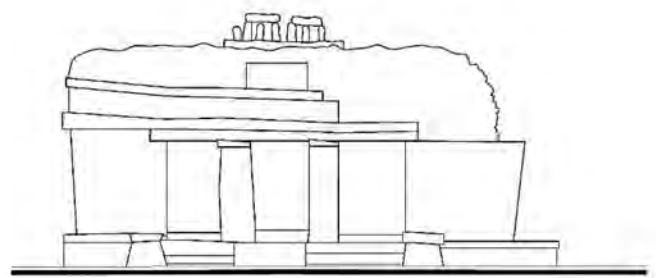


**CORTE F-F'**

TÍTULO DE PLANO:		<b>CORTE E-E' Y F-F'</b>	
ACOTACIÓN:	ESCALA:	CLAVE DE PLANO	
METROS	1 : 25	<b>ARQ.06</b>	
LEVANTÓ:		FECHA:	
Ing. Esteban Magallanes, Jesús Muñoz Tania Fuentes, Ernesto Delgado		MARZO 2012	
DISEÑÓ:		PROYECTO:	
Tania Fuentes, Ernesto Delgado		MARZO 2012	



FACHADA NORTE



FACHADA SUR



Instituto Mexicano de Patrimonio Cultural

Comisión Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

Proyecto de Conservación.  
Pintura Mural de la Zona Arqueológica de Xel-Há.

NORTE: 

ESCALA GRÁFICA 

Zona Arqueológica de Xel-Há

UBICACIÓN

Xel-Há, Templo del Jaguar

NOMBRE DE LA OBRA

OBSERVACIONES

- ± Indica nivel en alzado
- \*\*\* Nivel de Piso Terminado
- Cambio de nivel
- Indica corte y número del mismo
- Indica sube o baja en rampas o escaleras
- ◆ Eje y número del mismo

TÍTULO DE PLANO

FACHADAS NORTE Y SUR

ACTIVIDAD	ESCALA	TIPO DE PLANO
LEVANTADO	1 : 25	ARQ.07
AUTOR	FECHA	
Yanet Fuentes, Estelmi Ojeda	MARZO 2012	



Comisión Nacional  
de Conservación del  
Patrimonio Cultural

Proyecto de Conservación.  
Pintura Mural de la Zona  
Arqueológica de Xel-Há.



Zona Arqueológica de Xel-Há  
LOCALIZACIÓN:

Xel-Há. Templo del Jaguar  
PLANO DE ELEVACIÓN:

OBSERVACIONES

- ± Indica nivel en alzado
- ≡≡≡ Nivel de Piso Terminado
- Cambio de nivel
- Indica corte y número del mismo
- Indica sube o baja en rampas o escaleras
- ◆ Eje y número del mismo

TÍTULO DE PLANO:  
FACHADAS NORTE Y SUR

ACOTACIÓN | ESCALA:  
METROS | 1 : 25

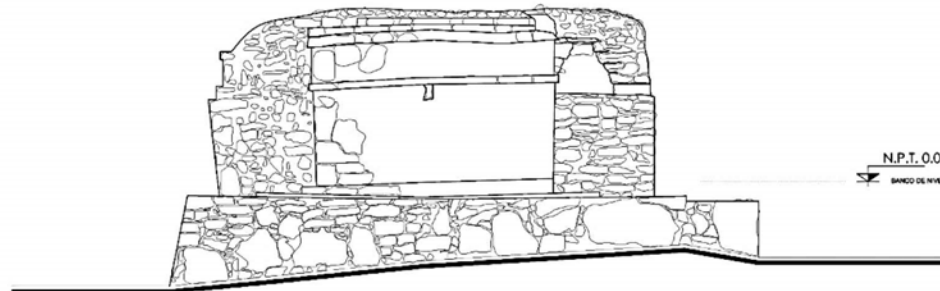
CLAVE DE PLANO

LEVANTADO:  
Ana Sofía, Rogelio, Jesús Muñoz  
Tania Torres, Renato Sargento

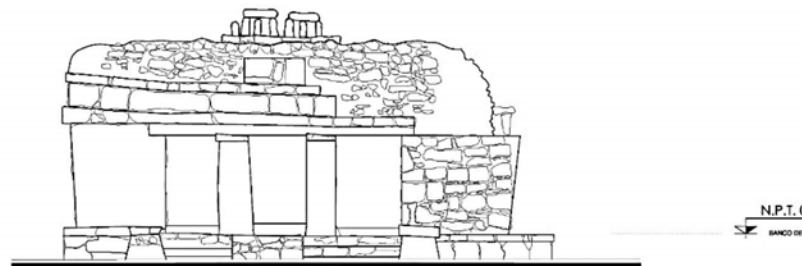
ARQ.08

DISEÑO:  
Tania Torres, Ernesto Delgado

FECHA:  
MARZO 2012



FACHADA NORTE



FACHADA SUR



Comisión Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural

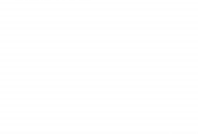
Proyecto de Conservación.  
Pintura Mural de la Zona  
Arqueológica de Xel-Há.



Zona Arqueológica de Xel-Há  
LOCALIZACIÓN:



Xel-Há, Templo del Jaguar  
Punto de referencia:



OBSERVACIONES

- ↔ Indica nivel en alzado
- \*\*\* Nivel de Piso Terminado
- Cambio de nivel
- Indica corte y número del mismo
- Indica sube o baja en rampas o escaleras
- ◆ Eje y número del mismo

TÍTULO DE PLANO:  
FACHADAS OESTE

ADOPCIÓN METROS

ESCALA: 1 : 25

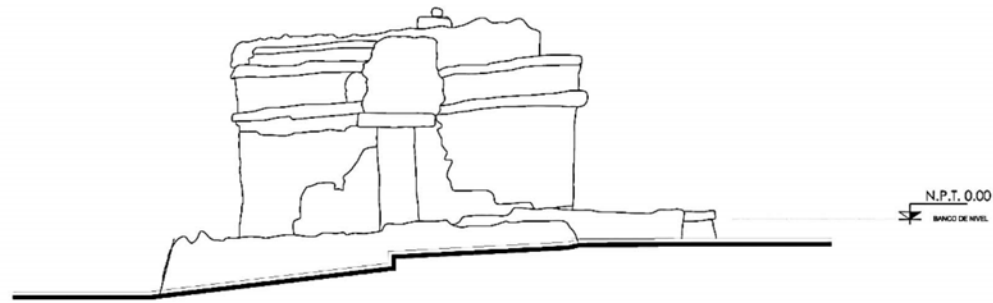
CLAVE DE PLANO

ARQ.09

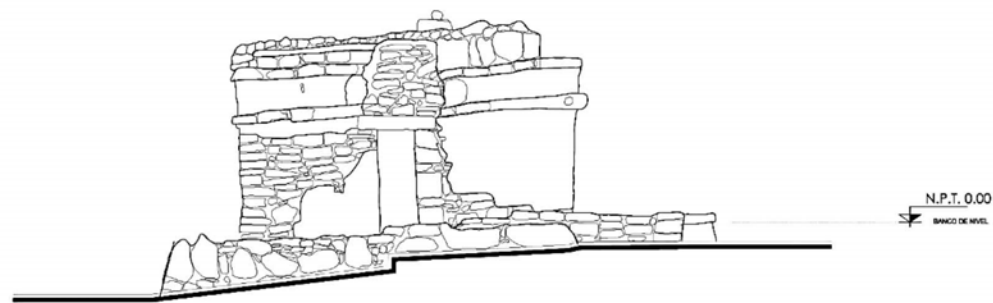
LEVANTÓ:  
JOS. SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, JESSICA MORA  
TATIANA YUQUÉ, EDUARDO ESCOBAR

DIBUJÓ:  
TANIA FUENTES, ERNESTO DELGADO

FECHA: MARZO 2012



FACHADA OESTE



FACHADA OESTE





Coordinación Mexicana de Conservación del Patrimonio Cultural

Proyecto de Conservación.  
Pintura Mural de la Zona  
Arqueológica de Xel-Há.



Zona Arqueológica de Xel-Há  
LOCALIZACIÓN:

Xel-Há, Templo del Jaguar  
PLANO DE RESTAURACIÓN:

OBSERVACIONES

- ± Indica nivel en alzado
- Nivel de Piso Terminado
- Cambio de nivel
- Indica corte y número del mismo
- Indica sube o baja en rampas o escaleras
- ◆ Eje y número del mismo

ETIQUETA DE PLANO 1

FACHADAS ESTE

ACOTACION METROS

ESCALA: 1 : 25

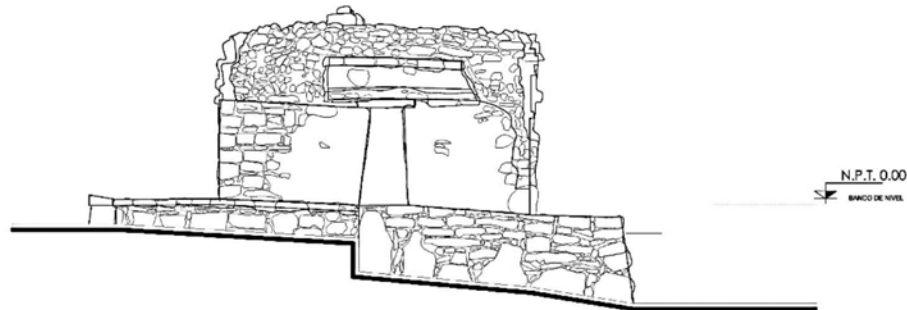
CLAVE DE PLANO

LEVANTADO POR: Roberto Piquero, Jesús Muñoz, Tania Fuentes, Ernesto Delgado.

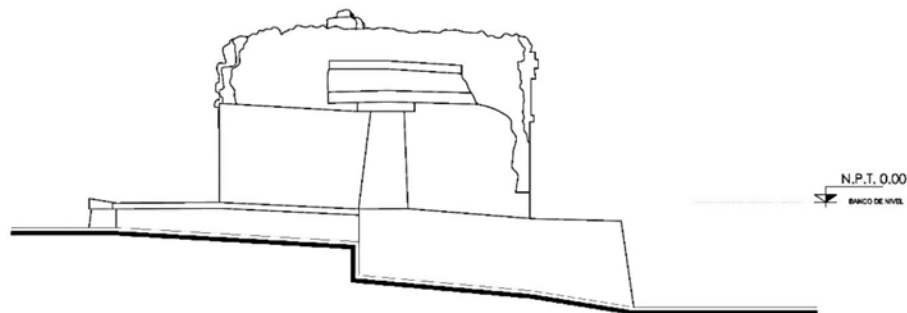
ARQ.10

DIBUJO POR: Tania Fuentes, Ernesto Delgado.

FECHA: MARZO 2012



FACHADA ESTE



FACHADA ESTE

## Estructura 7H-3, Z. A. Muyil

### La arquitectura del edificio

La estructura se localiza en el conjunto arquitectónico denominado Grupo de la Entrada, su emplazamiento es frente a un basamento piramidal de baja altura ubicándose justo en el arranque de su escalinata dando la impresión de obstruir su acceso. Siendo el basamento piramidal a espaldas de la Estructura 7H-3 una estructura aún sin intervención arqueológica parte del escombros producto del derrumbe de algunas secciones del edificio se encuentran en contacto con el muro posterior de esta estructura sin conocerse la separación entre ambos edificios (**figura 118**).

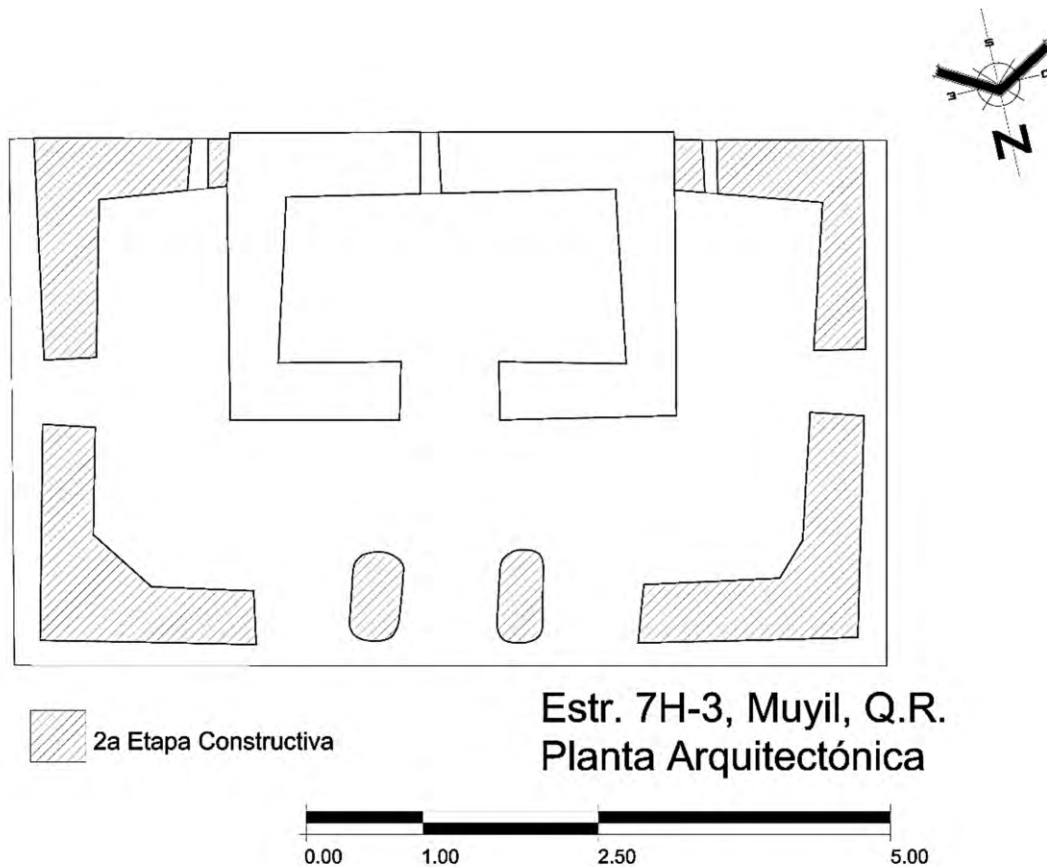


**Figura 118.** Vista general de la Estructura 7H-3 y algunos de los edificios del conjunto arquitectónico llamado Grupo de la Entrada, Zona Arqueológica de Muyil. R. Magdaleno, 2013.

El inmueble presenta una de las tradicionales tipologías arquitectónicas de la región Costa Oriental, se trata de una Estructura tipo Templo con Santuario Interior; originalmente se construye un edificio con apariencia de Templo Miniatura –tipología arquitectónica regional- de una sola cámara o habitación al que posteriormente se le sobrepone una segunda edificación de mayor tamaño, esta segunda estructura de templo agrega a la anterior tres crujías perimetrales que le rodean por sus laterales y frente, teniendo el muro posterior del templo original como límite de extensión; con este crecimiento del edificio, el templo miniatura original queda ahora como un santuario al interior del nuevo templo o segunda etapa constructiva (**figura 119**).

En su exterior el edificio presenta otras características regionales como los muros ligeramente desplomados y un friso angosto, en su fachada principal –norte- se localizan tres vanos de acceso separados por dos columnas que en planta describen una elipse y para su construcción los mayas utilizaron dos cilindros de piedra –tambores- adosados; en sus fachadas laterales se localiza un vano central donde la jamba sur presenta un desplome o inclinación de su sección superior; siguiendo la tradición arquitectónica de la región los dinteles son de piedra y se encuentran remetidos al menos en las dos fachadas laterales ya que los dinteles de la fachada principal, por las dimensiones de sus claros, debieron ser de madera, mismos que se colapsaron al paso del tiempo y el intemperismo, ocasionando el derrumbe de la bóveda en la crujía frontal.

Otra característica regional atañe a las bóvedas en saledizo, a diferencia de otras regiones del Área Maya, muchas de las bóvedas construidas en la Costa Oriental arrancan al nivel del desplante de los muros eliminándose en los interiores los paramentos de los muros exteriores; teniendo como resultante interior de la habitación una superficie inclinada –curva o recta- que corresponde al intradós de la bóveda.



**Figura 119.** Planta arquitectónica de la Estructura 7H-3 de Muyil; en ella se indican las etapas constructivas que presenta el edificio. R. Magdaleno, 2013.



**Figura 120.** Detalle de la fachada del Santuario Interior de la Estructura 7H-3 de Muyil. R. Magdaleno, 2013.

El Santuario presenta prácticamente las mismas características descritas para el Templo, muros ligeramente desplomados, un solo vano de acceso en su fachada norte con jambas desplomadas y dintel de piedra remetido, su interior está constituido por una sola cámara y su bóveda inicia cerca de los 60 cm del nivel del piso. El Santuario conserva aún mucho del aplanado de estuco que recubrió su mampostería así como dos bandas verticales paralelas de pintura mural del lado oeste del vano de acceso una en azul y la otra en un tono color crema delineadas ambas con negro (**figura 120**).

## Diagnóstico de conservación

La Estructura 7H-3 se localiza frente a la Estructura 3 (un basamento piramidal) en el Grupo de la Entrada, con el que formó una unidad espacial, la 7H-3 se emplaza al eje de la escalera de acceso del basamento –ver imagen 118; para el inicio del PMQR en el año 2011, mucho del material del colapso de la Estructura 3 se ha rodado hacia el muro posterior o la fachada sur del edificio de estudio, generando concentraciones de humedad y crecimiento de vegetación menor entre los escombros y el muro de la fachada.

El templo exterior es el que presenta la mayoría de los daños, la pérdida de bóveda en su sección central constituye una discontinuidad en la estabilidad estructural del edificio, con esto quedó expuesta la fachada del santuario interior que conserva sus aplanados originales y restos de policromía; para evitar que el agua de lluvia penetre y dañe la superficie fue colocada una techumbre de palma, lamentablemente sin la pendiente mínima necesaria para que la misma cubierta escurra adecuadamente el agua y que sus materiales tengan mayor durabilidad (**figura 121**).



**Figura 121.** Fachada principal con el techo de palma como protección que sin la pendiente adecuada la palma se está pudriendo –sección izquierda de la imagen en contorno azul- y genera filtraciones al interior, Estructura 7H-3, Muyil. R. Magdaleno, 2011.

Una constante observada en el edificio, tanto en el templo interior como exterior son las grietas sobre las esquinas, principalmente en la mitad superior de los paramentos y la dislocación de algunos de sus sillares, así como la disgregación de juntas y el crecimiento de vegetación, su origen parece deberse a varios factores como el asentamiento del edificio, los empujes laterales generados por el escombros del basamento piramidal al sur, y la pérdida de elementos arquitectónicos como las molduras así como a la filtración del agua de lluvia por el núcleo de la bóveda expuesto actualmente, entre otros.

El edificio presenta algunas grietas que ya fueron intervenidas, la más importante de ellas se encuentra en la esquina norte de la fachada este, donde los sillares que constituyen la esquina se aparentemente se dislocaron por una gran grieta que cubre toda la longitud del muro, ésta fue intervenida con piedras y cemento; se ha formado actualmente una grieta pequeña contigua a la descrita anteriormente que muy probablemente sea producto del mismo origen pero al ser más dura la grieta original por el concreto empleado la falla abre nuevas grietas; es muy probable que la falla tenga origen en los materiales constructivos y la forma del edificio –con muros inclinados- aunque puede darse también por las raíces de la palmera localizada en la esquina noreste del inmueble (**figura 122**).

La mayor de las grietas que presenta la estructura se localiza en la esquina sur de la fachada oeste, corre por las juntas y está dislocando los sillares que forman la esquina suroeste del edificio; es muy fina pero llega hasta el piso cubriendo la totalidad de la altura del inmueble; a la formación de la grieta debe sumarse el crecimiento de vegetación menor sobre las juntas.





**Figura 122.** Detalle sección norte, fachada este, Estructura 7H-3; en naranja la sección intervenida, en rojo las nuevas grietas. Muyil. R. Magdaleno, 2011.

## Registro arquitectónico

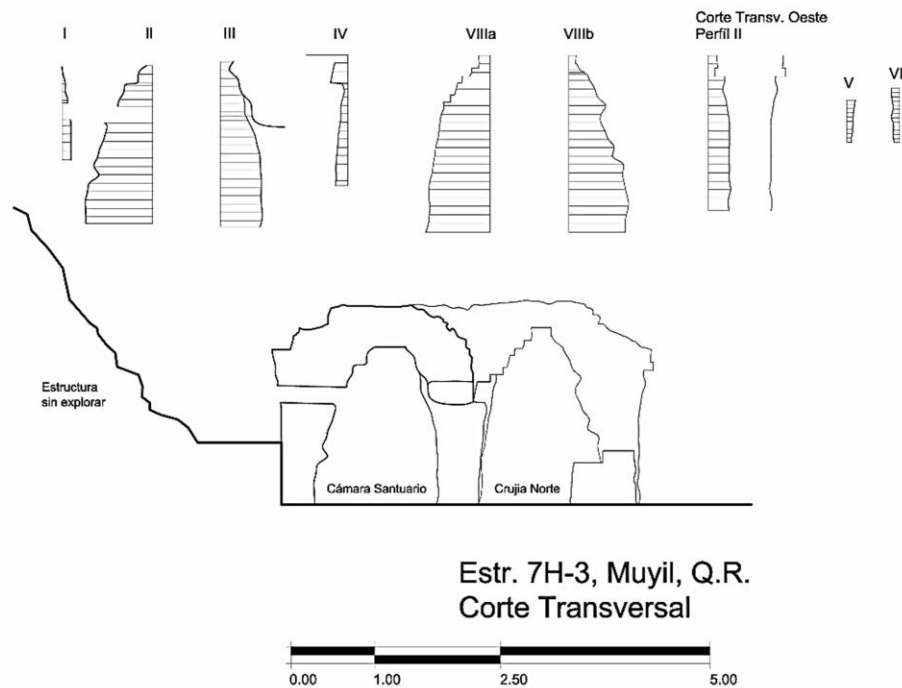
Teniendo en croquis la planta arquitectónica del edificio se tomaron medidas de sus elementos compositivos, muros y vanos, previamente fueron colocadas etiquetas en todas sus aristas como puntos fijos de referencia de las medidas a levantar. Los datos obtenidos fueron tomados a cinta corrida y por triangulación, ubicando una arista o elemento arquitectónico referenciado a dos o más puntos para ubicar en el espacio del dibujo la posición exacta del elemento a dibujar. Los levantamientos de medidas y su triangulación se realizaron tanto al interior como al exterior del inmueble.

Posteriormente se hicieron croquis in situ de las fachadas y de los cortes arquitectónicos que se van a realizar para contar con dibujos de referencia y vaciar los datos del levantamiento. Para las fachadas y cortes se colocaron reventones de referencia fija a un metro de altura, los reventones o cintas horizontales se utilizaron como una línea fija para referenciar las alturas tanto en las fachadas como en los cortes, es decir, se generó como un sistema de coordenadas con referencia al eje de las "x" y obteniendo la distancia en "y" en distancias específicas sobre "x", así ubicamos aristas y elementos arquitectónicos en el espacio bidimensional del plano; con ello obtuvimos la localización y dimensiones de aristas, ventanas, jambas, dinteles, molduras, deformación del nivel del piso, etc.

Se realizaron más de 80 metros lineales de levantamiento arquitectónico para la realización de la planta y aproximadamente un total de 225 m<sup>2</sup> de levantamiento arquitectónico para cortes y fachadas.

Obtenidos los datos de levantamiento arquitectónico *in situ* se inició la elaboración de los planos arquitectónicos del inmueble, completándose en campo la planta arquitectónica y las fachadas quedando y en gabinete los cortes arquitectónicos.

El siguiente paso in situ fue realizar el levantamiento del estado actual del inmueble con sus deformaciones en todos los elementos arquitectónicos que lo componen, para ello se tomaron medidas a cinta corrida y con ayuda de reventón como línea fija auxiliar para obtener deformaciones en todas las aristas, así también fueron colocadas plomadas para obtener deformaciones verticales o perfiles arquitectónicos en los intradós de las bóvedas. Con la cinta corrida fueron tomadas medidas a cada 5 o 10 cm según lo pidiera la deformación del elemento arquitectónico, para los intradós de las bóvedas los perfiles se levantaron con medidas en cada arista y superficie de deformación, es decir, se referenciaba con la cinta corrida la altura de un cambio de ángulo en la superficie de la bóveda así como su profundidad respecto al punto fijo de la plomada, de no encontrarse aristas bien definidas se tomaban profundidades a cada diez centímetros de altura (**figura 123**).



**Figura 123.** Muyil, Estructura 7H-3, corte transversal y perfiles arquitectónicos. R. Magdaleno, 2013.

Para las esquinas exteriores del inmueble se colocaron también plomadas fijas para referenciar altura y profundidad de cada arista, tanto del templo como del santuario interior.

Para la generación de la planta arquitectónica en estado actual se realizó un total de 132 metros lineales de levantamiento y para las deformaciones de elementos arquitectónicos verticales se realizaron un total de 30 metros lineales.

Actualmente la azotea del edificio está constituida por piedra irregular que forma parte del núcleo de las bóvedas que aún se conservan en pie –bóveda del santuario y de las dos crujías laterales del templo-, su accidentada estereotomía hacen imposible un levantamiento exacto de su forma por lo que solamente se tomaron alturas generales y su dibujo se basará en fotografías y en los puntos de referencia de alturas tomados in situ.

Una vez concluidos los planos arquitectónicos de estado actual el siguiente paso fue la generación de las fábricas del inmueble, planos en los que se muestran los materiales constitutivos del edificio –mampostería, aplanados, pintura mural, cementos, etc.-; para su elaboración se realizó un levantamiento fotográfico tanto de sus fachadas como de sus interiores.

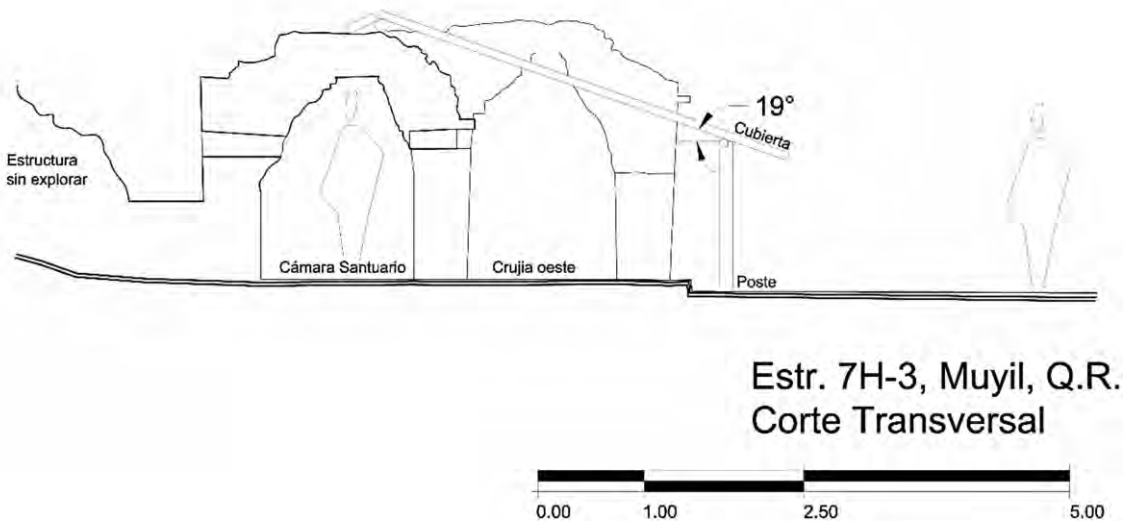
El levantamiento fotográfico consistió en sacar cuadro por cuadro a distancias fijas y alturas determinadas una serie de fotografías que en gabinete se trabajarán para formar un mosaico que permita obtener una imagen plana y sin deformación de los elementos arquitectónicos. Los mosaicos o larguillos fotográficos se elaborarán en el programa Photoshop®.

Posteriormente cada larguillo o mosaico fotográfico se insertará en el programa de AutoCad® para ensamblarse con la fachada o dibujo arquitectónico correspondiente, en este programa se escalará y ajustará al plano pues este último rige ya que tienen las medidas reales; ajustada y/o escalada la imagen se procede a dibujar sobre la fotografía los elementos materiales que constituyen el elemento arquitectónico, -sillares, estucos, dinteles, núcleos de piedra, etc.

Para la realización de los mosaicos fotográficos se realizaron un total de 399 fotografías que se emplearon para la realización de 19 larguillos o mosaicos fotográficos.

### Propuesta de intervención

La cubierta de materiales perecederos es una buena alternativa para proteger la sección central en la fachada principal del inmueble, donde se ha colapsado la bóveda, sin embargo la cubierta que existía en el año 2012 no tenía la pendiente adecuada, dejaba espacios sin cubrir por los laterales y su sección oriente desagua directamente sobre la bóveda del santuario (**figura 124**), lo que genera filtraciones al santuario por su bóveda y muro, teniendo como resultante que el muro que conserva aplanados de estuco y pintura mural contenga humedad, exista eflorescencia de sales y desprendimiento de aplanados o disgregación del mismo.



**Figura 124.** Corte transversal donde se muestra la cubierta sobre la entrada –ver figura 121- en sus apoyos y grado de inclinación, el apoyo superior en la cumbre o caballete es directamente sobre el núcleo expuesto de la bóveda y una de las hojas de la cubierta desagua directamente sobre dicha superficie generando filtraciones a través de la bóveda y los muros al interior del santuario, por otro lado la cubierta tiene una diferencia de altura con la bóveda de la crujía frontal u oeste por donde se produce otra filtración de agua –ver figura 121-; finalmente la cubierta presenta un pendiente de diecinueve grados que no es adecuada para un buen desagüe ni para la durabilidad o tiempo de vida del zacate. R. Magdaleno, 2012.

La cubierta al no contar con una pendiente adecuada genera filtraciones entre el zacate, pudriéndolo en algunas áreas, se destaca la sección norte donde se origina un cambio de inclinación o pendiente a un ángulo menor –ver figura 121-, dándose una mayor filtración de agua.

En el año 2012 realicé un trabajo de evaluación, dictamen y propuesta de cubiertas para tres edificios de Muyil, la siguiente información se desprende del estudio particular a la Estructura 7H-3.

### **Análisis, propuesta y conclusiones**

Las cubiertas parciales originan otros problemas de deterioro al no canalizar adecuadamente la dirección del agua pluvial, a esto sumamos que una cubierta de materiales perecederos –zacate o guano- necesita una pendiente mínima de 45° para que el mantenimiento sea menor y funcione perfectamente sin problemas de filtraciones.

Las directrices de tiempo de ejecución, mano de obra y presupuesto fueron imperantes para desarrollar un proyecto de cubierta para el inmueble que fuera de los mismos materiales de la cubierta existente –madera para vigas y postes, zacate para la cubierta-; para que una cubierta de estos materiales sea totalmente funcional y no genere efectos secundarios es necesario cubrir todo el edificio, pero aún y con esto, la caída de agua por su lado oriente –donde se localiza el escombro del basamento piramidal- provocaría filtraciones y reblandecimiento del escombro con posibles derrumbes hacia el templo.

El análisis y proyecto de una cubierta total dan como resultante un altura de la cubierta de poco más de los 5.50 m con una longitud mayor a los ocho metros, los postes y la viga de cumbrera o caballete tendrían que ser muy largos lo que incrementaría el costo de la cubierta y dificultaría la obtención de los materiales (ver planos del proyecto).

En conclusión:

- Un funcional proyecto de cubierta necesita cubrir toda la edificación por los núcleos de bóveda expuestos
- La cubierta por las dimensiones necesarias para su funcionalidad de protección e inclinación termina siendo masiva e invasiva, tanto para el edificio como al basamento piramidal localizado por detrás del inmueble
- La cubierta rompe con el contexto arqueológico y tectónico de la arquitectura del Grupo Plaza de la Entrada
- No justifican plenamente su construcción como única opción de conservación

Deben considerarse otras alternativas de conservación, como la reintegración de núcleos de bóvedas, reconstrucción del intradós colapsado y regeneración del aplanado de estuco en la azotea perfectamente bruñido y pulido como parte de la recuperación del sistema original de impermeabilización del inmueble.

Otras alternativas es diseñar una cubierta menos masiva y más acorde con la tectónica del inmueble y del conjunto, que sea reversible y de bajo mantenimiento, claro está, empleando nuevos materiales ya sea orgánicos o industrializados.

No hay que descartar la posibilidad de un reenterramiento de los elementos pictóricos y los aplanados con recubrimientos de sacrificio y la reproducción de la pintura mural sobre estos.”

Este informe fue entregado a las autoridades del INAH Quintana Roo, y siendo claras las conclusiones del estudio sobre lo negativo de generar una cubierta masiva e invasiva, esta se llevó a cabo a finales del mismo año 2012 o inicios del 2013, que si bien cubre la totalidad del inmueble, alteró espacial y visualmente al contexto arquitectónico de todo el Grupo de la Entrada de Muyil – ver figura 118.

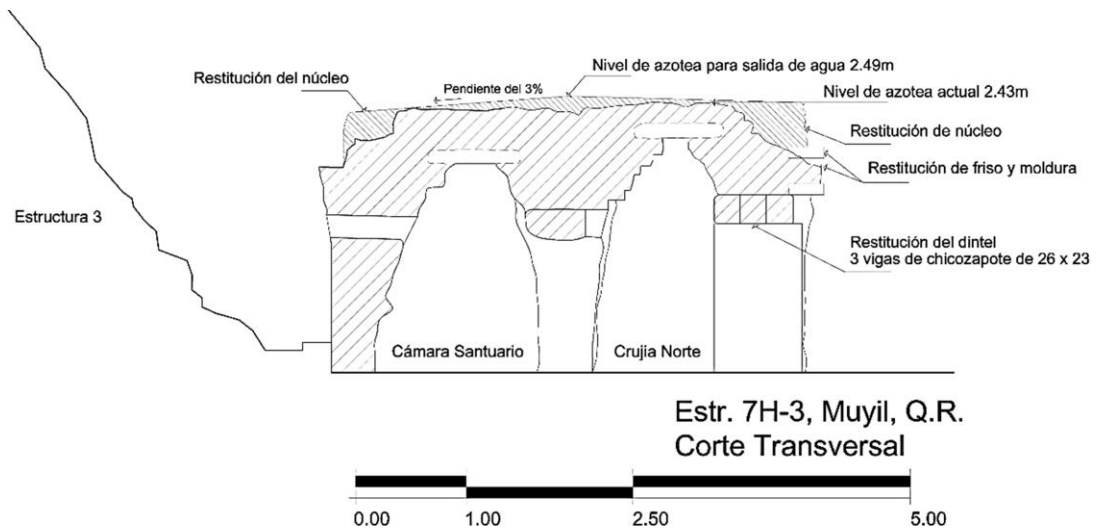
En el año 2013, un equipo de arqueología de la Dirección de Estudios Arqueológicos (DEA) adscrito al INAH, genero un proyecto de restauración en paralelo al existente por parte de la CNCPC-INAH; el proyecto de la DEA se concentró en las excavaciones y consolidaciones de los edificios del Grupo de la Entrada, y particularmente en la estructura 7H\_3.

Para el 2015, el proyecto de la DEA ya había retirado el escombros de la parte posterior de la estructura y tenía como objetivo reconstruir la bóveda frontal del edificio y retirar la cubierta existente; con un espíritu de colaboración interdisciplinaria y de concentrar esfuerzos para el buen desarrollo de la intervención en el inmueble sostuvimos varias pláticas y generamos un intercambio de ideas, conocimientos, así también compartimos datos e información relevante sobre nuestra investigación. Finalmente desarrolle un proyecto de reconstrucción de la bóveda y azotea (**figura 125**) con base en las siguientes directrices:

- Emplear materiales y técnicas acorde a los utilizados originalmente en el edificio
- Reconstitución del friso
- Respetar la altura del inmueble con base al testigo *in situ* más alto en la azotea
- No alterar la forma y volumetría original del edificio
- Generar una pendiente adecuada para el desalojo pluvial de la azotea
- Recubrir la superficie de la azotea con un aplanado (estuco) e impermeabilizarla con alumbre y jabón

Lamentablemente no fueron consideradas estas directrices y el resultado de la intervención realizada por la DEA terminó alterando la estereotomía arquitectónica, con formas y acabados muy diferentes a la tradición arquitectónica maya de la región Costa Oriental (**figura 126**).





**Figura 125.** Propuesta de la recuperación volumétrica de la bóveda y la azotea de la Estructura 7H-3, con base a la estereotomía propia del edificio y sus componentes, así como de las tradiciones mayas de la región Costa Oriental. R. Magdaleno, agosto 2015.



**Figura 126.** Estructura 7H-3 después de la reconstrucción de la bóveda y el retiro de la palapa de protección por el proyecto de la DEA-INAH. Nótese que la azotea resultó una cubierta a cuatro aguas, rompiendo con toda estética de la arquitectura maya de la región Costa Oriental. Foto R. Magdaleno, 2015.

## Estructura 8I-13 o El Castillo, Z. A. Muyil

### Antecedentes generales

Muyil se encuentra a 25 km al sur de Tulum, su emplazamiento es contiguo a las lagunas Muyil y Chunyaxché, las que permitieron en el pasado que los habitantes pudieran obtener una gran cantidad de recursos incluyendo el acceso a las rutas marítimas del caribe a través de dichas lagunas. La antigüedad del sitio data del Preclásico Tardío (400 a.C.- 200 d.C.) pero no se han conservado vestigios arquitectónicos de esa temporalidad; la arquitectura que hoy se observa en la zona abierta al público (grupo Muyil A) corresponde al Clásico Tardío (600-900 d.C.) y al Posclásico (900 al contacto español).

Su patrón de asentamiento urbano es de carácter disperso, las estructuras que forman grupos arquitectónicos no presentan ninguna orientación o alineamiento específico, no hay ejes o tramas en la organización espacial, al igual que en casi todas las ciudades mayas parece que la topografía, algunos elementos naturales así como las diversas etapas constructivas fueron las causantes del carácter disperso del asentamiento, falta aún por realizar un buen levantamiento topográfico y arquitectónico, determinar secuencias cronológico-constructivas entre otros muchos datos para determinar de mejor manera el desarrollo urbano de la ciudad.

Hacia la parte centro sur del área denominada como Muyil A, se localiza El Castillo o Estructura 8I-13. El edificio se desplanta sobre una plataforma rectangular conformándose una modesta plaza frente a la fachada poniente de la estructura, donde se localizan cuatro pequeñas estructuras de tipo adoratorio, la plaza y plataforma se conectan con el Sacbé 3 que comunica este conjunto con el llamado Grupo Plaza de la Entrada hacia el poniente; la plataforma por su lado oriente se conecta al Sacbé 1 del sitio, comunicando a El Castillo con una pequeña estructura no bien conservada en la actualidad así como a la parte norte de un manglar y con la laguna de Muyil.

En su última etapa constructiva el inmueble se conformó de cinco cuerpos escalonados y un templo, cada cuerpo del basamento piramidal presentaba paramentos verticales ligeramente inclinados rematándose con una moldura superior. Por su parte el templo contaba con tres vanos de acceso en su fachada poniente o principal, que conducían a una estrecha y baja crujía que en sus extremos conecta con otras crujías laterales que rodean un macizo central y comunicaban a una crujía posterior hoy desaparecida por el derrumbe de la sección oriente del templo, derrumbe que no nos permite saber si existió una entrada por este lado. El macizo al centro del templo es un gran cilindro de mampostería que parece sobrepasa en mucho el nivel de la azotea del templo, no existe en la región de la Costa Oriental ni en el área maya un caso similar, y se desconoce la función que éste pudo tener. Hoy en día la estructura cuenta con 17 metros de altura y constituye la edificación más alta de la ciudad arqueológica y de la región (**figura 127**).

El Castillo cuenta con una subestructura, éste primer edificio se constituía de un basamento piramidal con tres cuerpos escalonados con perfil en talud y molduras superiores de remate, así como las esquenas remetidas o escalonadas –ver figura 127-, característica de algunas tradiciones arquitectónicas asociadas a Cobá y a la región del Petén en un ámbito mucho mayor. Este basamento piramidal se coronaba con un templo que al menos tendría una fachada por el lado oriente, sin que se encuentren elementos claros para definir la existencia de otra fachada por el

poniente. La fachada oriente del templo está conformada por dos muros y sus jambas que flanquean un amplio vano de acceso cerrado con dinteles de madera que no se conservaron, por encima de los dinteles y del coronamiento del muro se desarrolló un friso ligeramente proyectado hacia el frente y los lados de la fachada, este friso se divide en dos tableros enmarcados por molduras laterales y una superior, en el panel que se forma al centro de cada tablero se localizó un relieve modelado en estuco que representa a un ave acuática, denominadas en conjunto “Las Garzas”, cada ave está orientada con la cabeza en dirección opuesta (**figura 128**).



**Figura 127.** Estructura 8I-13 o El Castillo, vista desde el suroeste. En la imagen se pueden observar las dos etapas constructivas del edificio coexistiendo en la actualidad, los cuerpos del basamento con paramentos verticales (primer, cuarto y quinto nivel) corresponden con la segunda etapa constructiva, mientras que los cuerpos segundo y tercero, con paramentos en talud y esquinas remetidas, corresponden a la subestructura. Zona Arqueológica de Muyil, Quintana Roo. R. Magdaleno, 2015.

El amplio vano de acceso conduce a una crujía abovedada baja y angosta que a través de un segundo vano localizado al eje del primero se llega a una segunda crujía paralela a la frontal, es abovedada y es igual de estrecha que su sucesora y conduce a dos crujías perpendiculares en sus extremos que parecen rodear un macizo cuadrangular al centro del templo, posiblemente un ejemplo previo del macizo cilíndrico de la última etapa constructiva.





**Figura 128.** Fachada oeste del Templo de la Subestructura de El Castillo, vista desde el sureste. Fotografía previa a los trabajos de intervención en 2012, en ella se puede observar el estado de conservación de los componentes arquitectónicos y sus relieves de “Las Garzas”. Imagen PMQR.

### Historia de su hallazgo e intervenciones

En el año de 1998 las arqueólogas Elia del Carmen Trejo Alvarado y Verónica Rodríguez Almazán localizaron la subestructura de El Castillo, al momento del hallazgo el friso y sus relieves de “Las Garzas” se encontraban en perfecto estado de conservación, identificándose solo algunos problemas menores como zonas abombadas, desprendimientos menores, algunas áreas disgregadas o con pérdida de adherencia al soporte. En el mismo año la restauradora Elda Anrrubio Vega del Centro INAH Quintana Roo, realizó las intervenciones necesarias para su conservación.

Hacia el año 2011 la subestructura contaba ya con una cubierta de protección, aún y con ello el deterioro por intemperismo había generado algunas pérdidas y problemas de disgregación en los materiales constitutivos de la fachada –piedra, estuco y relieves-. En este mismo año se intervinieron los relieves de “Las Garzas” y los miembros del Proyecto de Conservación e

Investigación de la Pintura Mural de la Costa Oriental de Quintana Roo (a partir de ahora referido como PMQR) de la Coordinación de Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural (CNCPC) del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) realizaron un primer diagnóstico acerca del estado de conservación del friso y sus problemas de deterioro.

Para el siguiente año, 2012, se realizó un diagnóstico del friso, la fachada en general y la cubierta de protección, las conclusiones nos guiaron a la necesidad de pensar en un sistema de cubierta diferente y a la intervención de los relieves, los estucos y la piedra. El PMQR generó un nuevo proyecto de cubierta, pero para poder cubrir integralmente todas las necesidades de protección de la fachada la cubierta resultaba en dimensiones que de llevarse a cabo terminaría siendo completamente invasiva y contrastante con el edificio y el contexto arqueológico. De tal manera, se empezaron a considerar otras alternativas para la conservación de la fachada y sus componentes.

### Proyecto de restauración, conservación y re-enterramiento

Los aplanados de estuco originales se encontraban en un avanzado proceso de deterioro, existían grandes áreas de pérdida de material, disgregaciones, poca adherencia al soporte y en el caso de los relieves de “Las Garzas” la superficie lisa o pulida final del estuco se había perdido en gran parte, permitiendo observar que la manufactura de dichos relieves fue primeramente la ejecución de las figuras burdas con una mezcla de pasta de cal con cargas gruesas visibles a simple vista y el acabado final fue la aplicación de un estuco muy fino con el cual se realizaron los detalles del acabado y el pulido superficial final. Algo importante a resaltar es la falta aparente de pigmento para los relieves y los aplanados por lo que posiblemente estos solo fueron del color blanco del estuco. Así también la piedra de la mampostería de los muros presentaba principalmente disgregación de los morteros de las juntas, exfoliación y superficies pulverulentas todo esto generado por la presencia de sales y los procesos de humectación y evaporación a los que los materiales estaban siendo sometidos aún y con la cubierta de palma existente.

La primera acción a realizar fue la intervención o restauración de la piedra, los aplanados de estuco y los relieves, iniciando dichos trabajos con la limpieza de la superficie de la fachada tanto en su muros, jambas, friso y azotea; se emplearon brochas de pelo suave para el retiro de tierra y telarañas sobre las superficies mencionadas y posteriormente se realizó la limpieza de los microorganismos – algas y hongos- con agua-alcohol (1:1), brochuelos e hisopos rodados, eliminando a estos y las manchas verdes, negras y cafés que generaban.

Se prosiguió con la intervención de la piedra aplicando pastas de cal en las superficies petras más deterioradas y donde fuera necesario se hicieron injertos con piedra; a la par de estos trabajos se realizó la estabilización de las superficies estucadas a través de dos procesos de consolidación, primeramente se roció con aspersor agua de cal en la superficie de los estucos y una vez que estuvieron más fuertes se inyectaron aplanados con agua de cal y lechada de cal, la primera para facilitar la penetración de la segunda. Posteriormente se retiraron resanes y ribetes anteriores y se sustituyeron con pastas nuevas a base de materiales derivados de la caliza (cal, sascab, kut) para que sean materiales compatibles con los originales, en donde se encontraron cavidades se rellenaron también con pasta.

Posteriormente se recuperaron algunos volúmenes en los aplanados, principalmente en las superficies alrededor de los relieves de las aves, en la moldura lateral sur y en la Garza norte. En el



caso de los aplanados se recuperaron volúmenes en áreas con gran pérdida otorgándole estabilidad a las secciones aún *in situ*, el criterio de diferenciación entre aplanados originales y modernos fue el dejar ligeramente remetido o en bajo nivel el equivalente al grueso de una espátula el aplanado nuevo.

En el caso de “Las Garzas” la de la sección sur se encontraba en mejor estado, por lo tanto la reintegración de volúmenes fue menor (**figuras 129 y 130**); la del lado norte presentaba una pérdida mayor, en ambos casos se siguieron los datos que aún se pueden observar en los restos originales de volumen, textura y detalles diseño; de la misma manera que en los aplanados se dejaron los estucos modernos a un nivel bajo o inferior al original y en el caso particular de la Garza norte se realizó un acabado rugoso para diferenciar a simple vista el original de la intervención. Estos trabajos también generaron estabilidad a los relieves.



**Figura 129.** Detalle de la Garza sur previo a los trabajos de restauración, nótese las áreas de pérdida de material y en general el estado de conservación. Imagen PMQR.



**Figura 130.** Detalle de la Garza sur posterior a los trabajos de restauración, obsérvese la recuperación de volúmenes y la aplicación de pastas en los aplanados con el criterio de remetimiento para diferenciación de las intervenciones. Imagen PMQR.

Más adelante se realizó una integración visual patinando las áreas intervenidas ya que los aplanados nuevos eran de un tono más claro que el original, se hizo una pátina con agua de cal, ceniza de cigarro y algas procedentes de los muros; a la aplicación de la pátina también se realizó un trabajo de texturizado en los aplanados del friso y molduras.

Una vez estabilizada la fachada y restaurados sus aplanados y relieves se realizó el re-enterramiento del friso con dos objetivos a conseguir: 1. Cubrir con materiales suaves los aplanados y relieves de estuco y, 2. Emplear al exterior materiales de gran durabilidad y resistencia al intemperismo. El resultado, diseñar una caja de re-enterramiento con materiales acordes a los originales, y que se integrara visual y tectónicamente al edificio, cubriendo los objetivos antes mencionados.

De tal manera, el proyecto consistió en replicar la fachada completa del edificio, con todos sus componentes arquitectónicos, con su misma escala y dimensiones, reproduciéndola al frente de la original, empleando los mismos materiales utilizados en la fachada original: piedra caliza y morteros de cal; la caja para el re-enterramiento sería el nuevo friso diseñado como caja de mampostería y

en su interior se colocarán los materiales suaves que en contacto directo con los aplanados y relieves del friso original serán el primer proceso de su protección.

Teniendo las dimensiones de la fachada el proyecto del re-enterramiento replicó dichas dimensiones, los muros de 40 cm de espesor sostendrán al friso que al estar 6 cm ligeramente volado sobre el paño de los muros da un espesor de 46 cm, por su parte los dinteles originales se han perdido y fueron sustituidos por dinteles de madera de menor sección pero afortunadamente se formó una caja que nos permitió conocer su sección original -15 cm- y reproducirlos en madera de zapote, material suficientemente resistente para el intemperismo.

El friso se proyectó como la caja del re-enterramiento, al frente y en sus laterales estaría constituido por mampostería con todos los componentes de la fachada original –molduras y tableros- teniendo un espesor aproximado de 26 cm; el interior de la caja, de 20 cm de ancho en promedio, se rellenarían con los materiales para re-enterrar los relieves y aplanados. El interior de la caja se constituiría de tres materiales divididos formados estratos verticales que van del contacto con la mampostería de la caja a la superficie del friso original de la forma siguiente: una capa de gravilla de piedra caliza limpia y seca sin ningún mortero o aglutinante seguida de una malla de geotextil que permita respirar a la capa final de sascab (arena de caliza) extrafino –cernido con malla del número 6- en seco y en contacto directo con la superficies estucadas y los relieves.

Siguiendo los preceptos de intervención reversible y diferenciada de la original la réplica de la fachada mantiene una junta fría con los muros originales de 1 cm de separación en promedio rellenándose con sascab que a su vez es el material suave y de protección de las pequeñas zonas con aplanados de estuco sobre los muros, de igual manera las jambas de la réplica se remetieron 2 cm respecto a la superficie de las jambas originales.

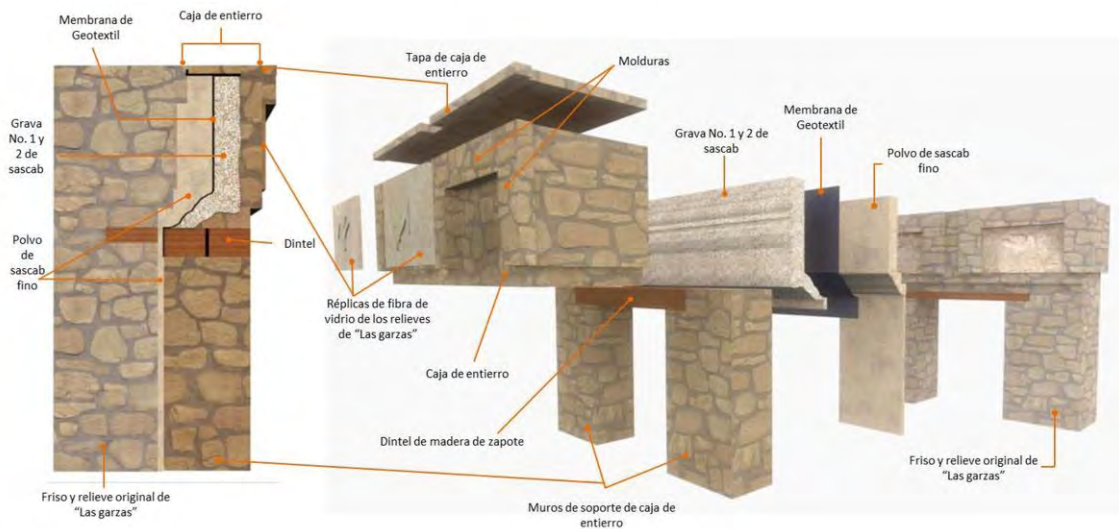
Al ser este templo en origen una subestructura, al momento de su descubrimiento se dejó parte del relleno de mampostería empleado para enterrar al edificio y soportar la siguiente etapa constructiva en los lados norte y sur de la fachada. Con el proyecto de la réplica fue necesario reproducir también los rellenos laterales para evitar contrastes en la volumetría del edificio, ya que la réplica se proyecta casi medio metro al frente de la original, así como para cerrar las juntas frías en los muros y la caja y evitar la filtración de agua de lluvia.

Finalmente en los tableros del friso se colocarán reproducciones en fibra de vidrio de los relieves de “Las Garzas”, que con la proyección de la fachada 46 cm hacia el frente y con el retiro de la cubierta de palma existente, permitan al visitante observar desde la base del basamento a la subestructura y sus relieves (**figura 131**).

### Proceso constructivo de la réplica y caja del re-enterramiento

Para la edificación de la réplica y su caja de re-enterramiento primeramente se hizo una recolección de piedra procedente de tres bancos distintos, dos localizados en el mismo Muyil y uno en la Zona Arqueológica de Tulum. La selección de la piedra consistió en buscar las características más afines con la empleada en la construcción de la fachada original por lo que se buscaron piedras por dimensiones, texturas, color, forma y número de caras regulares. Una vez obtenidas se trasladaron al pie de la fachada oriente de El Castillo y fueron lavadas con cepillos suaves y agua para eliminar tierra y microorganismos, ya limpias se pusieron a secar al sol para posteriormente clasificarlas por

forma (regulares e irregulares), dimensiones (piedras chicas, medianas, grandes y cuñas), número de caras regulares (una, dos y tres), formando bancos separados que facilitarían el proceso constructivo. En promedio se lavó y clasificó un volumen de 2.0 m<sup>3</sup> de piedra caliza aproximadamente 2.2 toneladas de material.



**Figura 131.** Esquema arquitectónico del proyecto de la réplica arquitectónica para la caja del re-enterramiento. Imagen PMQR, gráfico Claudia Trejo.

En la construcción de la réplica se emplearon morteros de cal única y exclusivamente, sin agregados de cemento portland y en ningún momento se emplearon concretos modernos, esto en base a una de las directrices importantes del PMQR de utilizar materiales afines a los originales y donde sea posible reproducir los mismos sistemas tecnológicos y constructivos. Los morteros de cal se prepararon con los materiales que previamente son cernidos, lavados y secados, separados por características físicas de granulometría y color, trabajos realizados en la Zona Arqueológica de Tulum donde el PMQR tiene su base y de ahí trasladados a Muylil.

Los morteros de cal se prepararon en una proporción 3:1 empleando los siguientes materiales:

- 0.5 volúmenes de Polvo de Piedra del No. 3
- 1 volumen de Polvo de Piedra del No. 4
- 1.5 volúmenes de Polvo de Piedra del No. 6
- 1 volumen de Cal

A la preparación del mortero se le agregó medio bote -10 litros- de agua de chacá (*Bursera simaruba*) como aglutinante para la mezcla, más la cantidad de agua simple necesaria para hacer la mezcla. El chacá es un árbol cuya corteza se corta en tiras, se machaca y se macera en agua de llave o agua de cal dejándose reposar de 24 a 36 horas, los extractos vegetales obtenidos se agregan para el apagado de la cal o como lo hicimos en este caso para la preparación de la mezcla; los aglutinantes vegetales en morteros de cal le otorga mayor plasticidad y adherencia, retardar el fraguado evitándose agrietamientos, incrementan su densidad reduciendo su porosidad y por lo tanto favorecen la poca absorción de agua incluso vapor, y en algunos casos puede aumentar ligeramente la dureza de los morteros; en nuestro caso el empleo del chacá dio como resultado un lento

fraguado retrasando mucho los tiempos de ejecución, por lo que se decidió no agregar chacá para el mortero empleado en la construcción del friso.

Los muros se desplantaron directamente sobre el piso nivelado de la terraza al frente de la fachada original, previa limpieza del área de desplante, se colocó mezcla al nivel del piso y se prosiguió con la colocación de hiladas de piedras junteadas con mortero buscando el cuatrapeo de las piedras, técnica no identificada en la construcción de los muros originales que nos pareció pertinente hacerlo para otorgarle mayor estabilidad a los nuevos muros; se emplearon cuñas de piedra para igualar los niveles de las piedras en cada hilada donde fuera necesario y cada una de las piedras se fue colocando por sus características específicas como iba pidiendo la construcción –forma, dimensiones, caras-. En la colindancia con el muro original se dejó la junta fría de 1 cm misma que se rellenó con sascab para la protección de las áreas que aún conservan aplanados de estuco sobre los muros, ésta junta fría se cerró en sus laterales con la aplicación de pasta de cal y piedras evitando que se quedara abierta la separación entre muros y logrando la contención del sascab. La construcción de los muros concluyó al llegar a nivel del dintel formado por dos vigas de madera de zapote previamente tratada previa a su colocación para evitar que insectos e intemperismo pusieran en riesgo su estado, las vigas contaban con las dimensiones de 1.80 x 0.20 x 0.15, a sabiendas que la sección de veinte centímetros trabajará mejor a los esfuerzos de flexo compresión se empleó la sección de quince ya que era la medida original del dintel, a su vez, ambas vigas con un ancho de veinte cubren la totalidad del ancho de las jambas o muros. Fue muy importante esperar a que fraguara los morteros del muro para evitar que el peso de las vigas generara deformación o desplazamiento de algunas piedras.

Como se describió en el proyecto de la caja, la mitad de ésta llevaría sascab del número 6 (extra fino en granulometría) previamente lavado y seco como material suave en contacto directo con los relieves modelados en estuco y los aplanados del friso, y grava de piedra caliza de los números 1 y 2 (granulometría grande y mediana) como material que permita respirar y drenar la humedad en dado caso que ingresara a la caja. Entre ambos materiales era necesario colocar una membrana de separación empleando el geotextil –tela permeable de fibras sintéticas no tejidas, de gran resistencia y capacidad drenante-; el geotextil se fijó a la cara interior de la viga posterior sujetándola con clavos de 1 1/2 pulgadas a cada 10 cm. Una vez sujeto se colocaron las vigas previamente aplicado mortero de cal en la superficie de los muros y concluyéndose la altura de éstos llegando al enrase de las vigas para dar inicio a la construcción del friso-caja.

El friso se proyecta 6 cm al frente y 7 cm en sus laterales por lo que desde este momento se seleccionaron las piedras que permitieran tener la primera hilada aproximadamente de 10 cm de altura previa al desarrollo de las molduras que forman los tableros. La selección de la piedra a partir de este momento fue muy minuciosa cuidando en todo momento la forma, dimensiones y las caras que estas presentaban pero más importante aún es que al interior dejaran un espacio libre de entre 15 y 18 cm que formaría el vacío de la caja a rellenarse con la arena (sascab) y la grava (polvo de piedra); a partir de la segunda hilada del friso se dio inicio a la formación de las molduras laterales de cada tablero (cuatro molduras en total) que se proyectan a su vez 7 cm respecto al panel del friso; al igual que el muro, los laterales del friso dejaron una junta de separación con el friso original de entre 1 y 2 cm en donde, a diferencia del muro, en este espacio se extendió el geotextil para proteger los restos de aplanado sobre las molduras laterales del friso a re-enterrar y se cerraron de forma lateral con pequeñas piedras y cuñas con pasta de cal al igual que en los muros para retener los materiales que se vaciarían en la caja.

Se fue levantando el friso y sus molduras hasta llegar a la altura de 65cm –previo al inicio de las molduras superiores- donde se ejecutó un primer relleno de la caja (**figura 131**), para ello se tensó la membrana de geotextil y se vertió primeramente el sascab en contacto con el friso original hasta llegar a una altura de cinco centímetros (**figura 132**) para verter del otro lado del geotextil la grava (**figura 133**), este proceso se repitió hasta alcanzar los 50 cm de altura del relleno con el sumo cuidado de no deformar el geotextil o que perdiera su vertical, así también se iban compactando los materiales con golpes suaves.



**Figura 131.** Detalle del proceso de edificación del friso-caja, previo a empezar los trabajos de relleno al interior. Imagen PMQR.



**Figura 132.** Detalle de la Garza sur y el primer nivel de sascab durante el proceso de reenterramiento, nótese el geotextil en primer plano. Imagen PMQR.

El siguiente paso fue la colocación de una hilada homogénea de 10 cm de espesor que corresponde con la mitad inferior de las molduras, alcanzando los 75 cm totales de altura del friso, a este nivel al interior de la caja se terminó el relleno siguiendo el mismo procedimiento descrito, y se cubrió con geotextil toda la superficie del área de relleno y la moldura superior del friso original para su protección de la mampostería que correspondería con el cerramiento del friso, tapa de la caja y superficie de azotea de la nueva fachada. Esta superficie se concluyó con lajas de piedra formando una mampostería de mayor grosor al fondo de la caja, es decir, en contacto con el núcleo de piedra original del basamento, formando una pendiente del 7%.

Finalmente se limpió toda la superficie de la réplica, retirando material escurrido de los morteros y se homogeneizaron las juntas con la aplicación de una pasta de cal y apretando el material, procedimiento necesario para obtener un mejor trabajo mecánico del mortero de cal a diferencia de los morteros de cemento; así también todas las juntas de la tapa o azotea fueron selladas y pulidas para eliminar huecos donde se pudiera acumular agua o penetraran insectos (**figura 134**).

Previamente a la construcción de la réplica de la fachada se recurrió a la diseñadora industrial Alejandra Kurtycz para realizar una réplica de los relieves de “Las Garzas”, se definió que la fibra de vidrio con agregados de kut (arenas arcillosas) proporcionaría las características de resistencia y durabilidad al intemperismo, así como la perfecta





**Figura 133.** Proceso de relleno con grava entre el geotextil y la mampostería que forma el friso. Imagen PMQR.



**Figura 134.** Réplica (caja de re-enterramiento) de la fachada del Templo de la subestructura de El Castillo previa a la colocación de las reproducciones de “Las Garzas”, vista del oriente. Imagen PMQR.

diferenciación entre materiales originales y réplicas como proceso fundamental de la restauración. Finalmente se obtuvieron dos placas de fibra de vidrio en resina poliéster y carga de kut, que ajustadas *in situ* fueron colocadas por medio de taquetes expansivos y tornillos sobre la mampostería de los nuevos paneles del friso. La pequeña junta o separación entre las placas y las molduras de los tableros en el friso se sellaron con pasta de cal para evitar la acumulación de polvo, formación de microorganismos, nidos de insectos y una integración visual entre las placas y la mampostería, para esto último fue necesario realizar una pátina en los ribetes o juntas con ceniza de cigarro y algas diluido todo en agua de cal y aplicada con brochuelos siguiendo la técnica de puntillismo.

El re-enterramiento de “Las Garzas” se concluyó hasta las siguientes dos temporadas con la elaboración de un aplanado de protección en la azotea del friso-caja y un piso de sacrificio en la terraza frente al templo. Estos trabajos se desarrollaron durante las temporadas 2014 y 2015 sucesivamente para permitir que todos los materiales se asentaran e interactuaran con la intemperie (**figura 135**). Para este momento aún no se retiraba la cubierta de palma que protegía la fachada original favoreciendo los trabajos de ejecución del aplanado en la superficie del friso-caja de re-enterramiento.

## Conclusiones del proyecto de re-enterramiento

El proyecto del re-enterramiento de la fachada del templo de la subestructura de El Castillo de Muyil permitió estabilizar los materiales constitutivos, componentes arquitectónicos y ornamentales del edificio sometidos a un intemperismo que aceleraba sus mecanismos de deterioro, así también generar instrumentos de protección y conservación que garantizan su permanencia y que permitan un monitoreo constante de su estado; además fue una oportunidad única para acercarnos a los trabajos de producción arquitectónica maya desde la obtención de las materia primas, sus procesos de transformación, el empleo de las técnicas y tecnologías y comprender la complejidad de todos y cada uno de dichos procesos de principio a fin sumando a ello las variables de tiempo y costo.

Finalmente, se pudieron recuperar los volúmenes y las proporciones arquitectónicas del edificio de la última etapa constructiva y la réplica acerca al visitante a entender las tradiciones de

sobreposición arquitectónica en los edificios de Muyil, del Área Maya y de Mesoamérica, así como poder observar un ejemplo de acabados arquitectónicos como los relieves modelados en estuco de “Las Garzas” ahora replicadas pero fieles a los originales (**figuras 136 y 137**).



**Figura 135.** Estado final de la réplica de la fachada del Templo de la subestructura de El Castillo con el proceso final de colocación de la reproducción de los relieves y los aplanados en cubierta y piso de sacrificio. R. Magdaleno, 2015.



**Figura 136.** Fachada oriente de El Castillo, previo a los trabajos de re-enterramiento y retiro de la cubierta. Imagen PMQR, 2013.



**Figura 137.** Fachada oriente de El Castillo, concluidos los trabajos de re-enterramiento y el retiro de la cubierta, nótese la recuperación de los volúmenes arquitectónicos y la visual que se tiene de la sub-estructura; fue colocada una cédula informativa al pie del edificio (abajo en la imagen) para explicar al visitante todo el proceso de restauración y re-enterramiento. R. Magdaleno, 2015.



## Conclusiones

El proyecto de conservación, restauración e investigación arquitectónica de la Costa Oriental está cosechando sus primeros frutos; el trabajo ha sido arduo y exhaustivo y estamos conscientes que hay muchas líneas de investigación que no han sido abordadas, pero la cimentación del proyecto se ha dado en base a la metodología planteada inicialmente, donde muchos de los pasos se han dado en paralelo y no precisamente de manera secuencial.

Algunas de las líneas de investigación fueron generándose respecto a los avances del proyecto, sus alcances y limitaciones, por lo que la misma metodología ha tenido la flexibilidad deseada para adaptarse o modificarse a lo largo de seis años del proyecto (2011 -2016); de esta manera tenemos como base metodológica lo siguiente:

- Investigación documental
  - Revisión de las fuentes
  - Análisis de la información
  - Banco de datos
  - Conclusiones preliminares
- Registro arquitectónico
  - Levantamientos arquitectónicos
  - Registro fotográfico
  - Levantamiento de fábricas
  - Levantamiento de deterioros
  - Análisis de la información
  - Banco de datos
  - Conclusiones preliminares
- Estudios de prospección
  - Investigación con georradar
  - Investigación de resistividad eléctrica
  - Levantamientos topográficos
  - Análisis de la información
  - Banco de datos
  - Conclusiones preliminares
- Monitoreo estructural
  - Identificación de agentes y procesos de deterioro directamente asociados con la estabilidad estructural
  - Monitoreo de grietas
  - Banco de datos
  - Análisis de la información
- Conservación preventiva
  - Prevención de procesos de deterioro
  - Disminución de los procesos de deterioro
  - Eliminación de agentes de deterioro

La investigación documental es básica en todo proyecto de restauración, la información obtenida nos ha permitido generar una historia clínica del estado de conservación, proceso de deterioro y de las intervenciones para cada caso de estudio. Ha sido fundamental para un análisis cuantitativo y

cualitativo de los datos y contrastarlos con el estado actual del inmueble. La carencia de levantamientos reales -y no ideales como se encuentran en todos los casos- nos ha llevado a la generación de esta información y esto nos permitió conocer cada edificio centímetro a centímetro literalmente; cada uno de los datos tomados *in situ*, de las fotografías realizadas o de las líneas dibujadas nos permitió comprender a la unidad elemento por elemento.

Los levantamientos arquitectónicos realizados nos llevaron a identificar las etapas constructivas de los inmuebles, entender sus procesos constructivos, conocer cada uno de los componentes y reconocer las tradiciones constructivas regionales, así también ha sido la base para el levantamiento de deterioros y los análisis estructurales del mismo.

La identificación de una dinámica estructural a través del monitoreo de grietas ha sido fundamental para dimensionar los problemas de conservación en los inmuebles como los Edificios 1 y 16 de Tulum o la Estructura 12 de Tancah; esto a su vez nos ha generado diversas líneas de investigación como la prospección geofísica.

Siguiendo los datos hasta ahora obtenidos a través de la prospección, los problemas de estabilidad estructural en el Edificio 16 parecen ser extrínsecos al mismo, los estudios sugieren la presencia de cavernas de disolución en el subsuelo localizadas entre los 1.5 y 2.5 m de profundidad y con una altura entre uno y dos metros y medio; cavernas generadas a través de la filtración pluvial y la disolución de los altos contenidos de carbonatos presentes en la matriz de la roca; misma característica de la mampostería en algunos de los edificios de la región. Estas mismas características geológicas son compartidas por el Edificio 1 o El Castillo, además de los problemas de los altos contenidos de agua nucleada en la base del Templo. Por otro lado, la prospección realizada en la Estructura 12 de Tancah nos conduce a la hipótesis de que el origen de la inestabilidad estructural se encuentra en la penetración de raíces del árbol localizado hacia su esquina sureste.

Por otro lado, la identificación del agua como uno de los principales agentes de deterioro, la incidencia en los inmuebles y los daños que genera, nos condujo a realizar diversas intervenciones de carácter preventivo disminuyendo, previniendo y/o eliminando el proceso de deterioro. Entre las diversas acciones se destacan la generación de pisos o aplanados de sacrificio, la impermeabilización con alumbre y jabón, o el reenterramiento del friso en la subestructura de la Estructura 8I-13 o El Castillo de Muyil. Así también de forma paralela realice el análisis de diferentes cubiertas para la protección de los bienes arqueológicos, de donde concluimos que no en todos los casos una palapa u otro tipo de cubierta es lo mejor para la conservación, como en los casos expuestos de Muyil.

Las conclusiones aquí presentadas deben tomarse como preliminares, dado que el proyecto aún no ha terminado y los avances venideros respecto a la investigación, la prospección o las intervenciones con seguridad arrojarán nuevos datos que pueden ratificar o rectificar estas conclusiones preliminares.



## Fuentes bibliográficas.

### **Abrams, Elliot M.**

- 1994 *How the maya built their world: Energetics and Ancient Architecture*, Universidad de Texas, Austin.
- 2010 “La construcción de las grandes pirámides de México”, en *Arqueología Mexicana*, Vol. XVII, No. 101, enero-febrero, Raíces, México, pp. 64-67.

### **Andrews, George F.**

- 1995 “Arquitectura Maya”, en *Arqueología Mexicana*, No. 11, Editorial Raíces, México, pp. 4-15.

### **Anrubio Vega, Elda Justina**

- 1998 “Proyecto Muyil 1998. Informe preliminar de los trabajos de conservación y restauración en el sitio. Templo de las Garzas” Texto inédito.

### **Barba Pingarrón Luis e Isabel Villaseñor Alonso (Eds.)**

- 2013 *La cal. Historia, propiedades y usos*, Instituto de Investigaciones Antropológicas-UNAM, Asociación Nacional de Fabricantes de Cal, A.C., México, 288 p.

### **Córdova Tello, Mario**

- 1987 *Proyecto Chunyaxché*, Informe de la Temporada de 1987, Parte A, Mapas, Centro INAH Quintana Roo, texto inédito.
- 1990 *Proyecto Chunyaxché, Investigaciones en la Zona Arqueológica de Muyil (Chunyaxché)*, Informe Interino de la Temporada de 1990, Consejo de Arqueología INAH, México, texto inédito.
- 1994 “Informe de los trabajos de Conservación y Mantenimiento de la Zona Arqueológica de Tulum, Estado de Quintana Roo”. Subdirección de Registro Público de Monumentos y Zona Arqueológicas. Texto inédito.

### **De La Fuente, Beatriz (Dir.) y Leticia Staines Cicero (Coord.)**

- 1998 *La Pintura Mural Prehispánica en México, Vol. II, Área Maya*, T. I, II, III y IV, Instituto de Investigaciones Estéticas-UNAM, México.

### **Del Villar, Mónica**

- 2002 “Costa de Quintana Roo”, en *Arqueología Mexicana*, No. 54, Editorial Raíces, México, pp. 80-81.

### **Díaz Coutiño H.; H. Ramírez de alba y R. Pérez Campos**

- 2001 “Aspectos químicos y estructurales de la matriz cementante utilizada en la cultura maya” en *Ingeniería. Investigación y Tecnología*, Vol. II, No. 3, julio-septiembre, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, pp. 139-146.

### **Díaz del Castillo, Bernal**

- 1960 *Historia Verdadera de la conquista de la Nueva España*, Editorial Porrúa, México.

**Fernandez, Miguel Ángel**

- 1941 “Templo Num. 5 de Tulum, Quintana Roo” en *Los Mayas Antiguos. Monografías de Arqueología, Etnografía y Lingüística Mayas, publicadas con motivo del Centenario de la Exploración de Yucatán por John L. Stephens y Frederick Catherwood en los años 1841-1842*. El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica, México D.F., primera edición, p. 157-180.
- 1945a “Las Ruinas de Tulum I” en *Anales del Museo Nacional de Arqueología, Historia y Etnografía Tomo III*, Secretaría de Educación Pública, Publicaciones del Museo Nacional de México, México, 109-131pp.
- 1945b “Las Ruinas de Tulum II” en *Anales del Instituto Nacional de Antropología e Historia Tomo I 1939-1940*, Secretaría de Educación Pública, México, 95-120pp.

**Freidel, David y Jeremy A. Sabloff**

- 1984 *Cozumel: Late Maya Settlement Patterns*, Academic Press, Orlando.

**García, Claudia y Yareli Jáidar**

- 2013 “El uso de aditivos orgánicos en mezclas de morteros de cal en el área maya” en *La cal. Historia, propiedades y usos*. Barba, Luis e Isabel Villaseñor (eds.), UNAM-IIA, México, p. 118.

**Gendrop, Paul**

- 1997 *Diccionario de Arquitectura Mesoamericana*, Editorial Trillas, México.

**González de la Mata, Rocío y Anthony P. Andrews**

- 1999 “Navegación y comercio en la costa oriental de la península de Yucatán”, en Schmidt, Peter; Mercedes de la Garza y Enrique Nalda (coord.), *Los Mayas*, coedición CNCA-INAH/Landucci Editores, Milán, Italia, pp. 427-449.

**Goñi Motilla, Guillermo**

- 1994 “Informe de actividades de mantenimiento efectuadas en noviembre y diciembre de 1993. Tulum, Quintana Roo”. Mayo 1994, 55 pp. 1 dib., 36 fotos. Texto inédito.

**Griffin, Isobel**

- 2004 “Pozzolanas as additives for grouts: an investigation of their working properties and performance characteristics”, en *Studies in Conservation*, Vol. 49, No. 1, pp. 23-34.

**Grube, Nikolai (Ed.)**

- 2001 *Los Mayas, Una Civilización Milenaria*, Könemann, Italia, 480 pp.

**Jaidar Benavides, Yareli**

- 2006 “Los extractos vegetales usados como aditivos en los morteros de cal con fines de conservación”, Tesis de licenciatura, Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía “Manuel Castillo Negrete”, México, D.F.

**Larios Villalta, Carlos Rudy**

- 2000 “Criterios de restauración arquitectónica en el Área Maya”, informe presentado a la Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies, Inc. (FAMSI).

**López Portillo Guzmán, Mónica Alejandra**

- 2010 “Proyecto Norte de Quintana Roo: Tulum, El Meco, El Rey y Xelhá. Subproyecto del Programa Nacional de Conservación de Pintura Mural de la Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural. Informe de los trabajos realizados en cuatro zonas arqueológicas del norte de Quintana Roo, Temporada 2010.” Texto inédito.
- 2011 “Proyecto Norte de Quintana Roo. El Meco, San Gervasio, Muyil, Tulum, Xelhá y El Rey. Proyecto de continuidad del Programa Nacional de Conservación de Pintura Mural (Atención a Centros INAH en materia de conservación arqueológica (Región Norte y Sur), Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural – INAH. Informe de los trabajos realizados en 6 zonas arqueológicas del norte de Quintana Roo, Temporada 2011.” Texto inédito.

**López Portillo Guzmán, Mónica A. y Octavio Q. Esparza Olguín**

- 2018 “Mural paintings of the Tulum Castillo: Discovery, Conservation, and Study of New Pictorial Elements” en *The PARI Journal*, volume XVIII, No. 4

**Lothrop, Samuel K.**

- 1924 *Tulum. An archaeological study of the east coast of Yucatán*, The Carnegie Institution of Washington, Publication 335, Washington D. C.

**Magaloni, Diana**

2001. “Materiales y técnicas de la pintura mural maya” En Fuente B. y L. Staines (editores) *La pintura Mural Prehispánica en México*, II Área Maya, Tomo III., México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Estéticas, pp. 155-198.

**Magaloni, Diana; R. Pancilla, Y. Fruh, Jacqueline Cañetas y V. Castaño**

- 1995 “Studies on the Maya Mortars Technique” en Vandiver, Pamela V.; James R. Druzic, José Luis Galván Madrid, Ian C. Freestone y George Segán Wheeler (Eds.), *Materials Issues in Art and Archaeology IV*, Materials Research Society, Symposium Proceedings Vol. 352, pp. 469-479

**Magdaleno Olmos, Roberto**

- 2011a “Ek’ Balam: Nuevas tendencias. Sistema de protección contra vientos de las fachadas teratomorfos de la Acrópolis o Estructura 1”, en Lilia Rivero Weber (Coord.), *Memoria y lineamientos del taller sobre implementación de cubiertas arquitectónicas en contextos arqueológicos*, Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural, INAH, p. 151–166.
- 2011b “Dictamen estructural del Edificio 16 o Templo de los Frescos de Tulum, Segunda Temporada de los trabajos de Conservación 2011. Proyecto de Investigación y Conservación de Pintura Mural de la Costa Oriental de Quintana Roo, 2011”, Programa de Conservación de Pintura Mural Prehispánica, CNCPC-INAH, Octubre 2011. 7 pp. Texto inédito.
- 2013 “Proyecto de conservación e investigación de la Costa Oriental de Quintana Roo. Informe sobre la evaluación, dictamen y propuesta de cubiertas de protección para las Estructuras 8I-13 o Castillo, 7H-3 o Templo 6 y 9K-1 o Templo 8 de la Zona Arqueológica de Muyil, Quintana Roo”. Programa Nacional de Conservación de Pintura Mural Prehispánica, Texto inédito. CNCPC-INAH. Febrero, 2013

**Magdaleno Olmos, Roberto** (continuación)

2017 “El reenterramiento del friso de Las Garzas, El Castillo, Zona Arqueológica de Muyil, Quintana Roo: un caso de restauración y conservación arquitectónica”, en *Restauración UNAM 50 años: medio siglo de contribuciones de la maestría en Restauración de monumentos*, Facultad de Arquitectura, UNAM, pp. 574-590.

**Marquina, Ignacio**

1990 *Arquitectura Prehispánica*, facsímil de la primera edición de 1951 más el apéndice de la segunda edición de 1964, INAH, México, 1055pp.

**Martínez Muriel, Alejandro**

2007 “Informe general de actividades correspondientes a los meses de agosto-noviembre del año 2007. Proyecto Arqueológico Tulum-Tancah (PATT), Quintana Roo, México”. Texto inédito. Archivo del Centro INAH Quintana Roo.

**Martos L., Luis Alberto**

2002 “Costa Oriental de Quintana Roo”, en *Arqueología Mexicana*, No. 54, Editorial Raíces, México, pp. 26-33.

**Meehan Hermanson, Patricia, Valerie Magar Meurs, Roberto Magdaleno Olmos**

2011 “Informe de las actividades en la primera temporada de trabajos 2011. Proyecto de conservación e investigación de pintura mural de la Costa Oriental de Quintana Roo.”, Texto inédito, CNCPC-INAH, México, D.F.

**Meehan Hermanson, Patricia, Valerie Magar Meurs, et al.**

2012 “Proyecto de conservación e investigación de pintura mural en la Costa Oriental de Quintana Roo. Informe de la segunda temporada de campo 2011”, Texto inédito, CNCPC-INAH, México, D.F.

2013 “Proyecto de conservación e investigación de pintura mural en la Costa Oriental de Quintana Roo. Informe de la temporada de campo 2012”, Texto inédito, CNCPC-INAH, México, D.F.

**Meehan Hermanson, Patricia, Roberto Magdaleno Olmos, et al.**

2014 “Proyecto de conservación e investigación de pintura mural de la Costa Oriental de Quintana Roo. Informe de la temporada de campo 2013”, Texto inédito, CNCPC-INAH, México, D.F.

2015 “Proyecto de conservación e investigación de pintura mural de la Costa Oriental de Quintana Roo. Informe de la temporada de campo 2014”, Texto inédito, CNCPC-INAH, México, D.F.

2016 “Proyecto de conservación e investigación de pintura mural de la Costa Oriental de Quintana Roo. Informe de la temporada de campo 2015”, Texto inédito, CNCPC-INAH, México, D.F.

**Miller, Arthur G.**

1982 *On the edge of the sea. Mural painting at Tancah – Tulum, Quintana Roo, México*. Harvard University, Washington, D.C.

**Morley, Silvanus G.**

1947 *La Civilización Maya*, Fondo de Cultura Económica, México.

**Rubio Chacón, Alonso**

1998 "Informe de los trabajos de mantenimiento mayor realizados en el Castillo y en el Palacio de la Zona Arqueológica de Tulum, Quintana Roo". Trabajos Diciembre 1997. INAH Centro INAH-Quintana Roo.

**Sanders, William T.**

1960 *Prehistoric ceramics and settlement patterns in Quintana Roo, México*. Contribution to American Anthropology and History No. 60, Washington Publication 606.

**Sharer, Robert J.**

1998 *La Civilización Maya*, Fondo de Cultura Económica, México, 882 pp.

**Stephens, John Lloyd**

*Viaje al Yucatán*, Volumen 1 y 2, Colección Crónicas de América, Ed. Dastin, Madrid.

**Trejo A., Elia Del Carmen y Walter R.T. Witschey**

1991 *Muyil, Quintana Roo*, Miniguía INAH, México.

**Trejo A., Elia Del Carmen Y Luis Leira**

1996 *Proyecto Muyil*, Centro INAH Quintana Roo, texto inédito.

**Vargas Pacheco, Ernesto**

1997 Tulum. Organización político-territorial de la Costa Oriental de Quintana Roo, UNAM-IIA, México: 255p.

**Vázquez de Ágredos Pascual, María Luisa**

2010 *La pintura mural maya. Materiales y técnicas artísticas*, Monografías 11, Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales, UNAM, Mérida.

**Velázquez Morlet, Adriana**

2002a "Tulum, ciudad del amanecer", en *Arqueología Mexicana*, No. 54, Editorial Raíces, México, pp. 52-55.

2002b "Costa de Quintana Roo", en *Arqueología Mexicana*, No. 54, Editorial Raíces, México, pp. 85-86.

**Witschey, Walter R. T.**

1987 *Proyecto Chunyaxché*, Informe Preliminar de la Temporada de 1987, Parte A, Mapas, Centro INAH Quintana Roo, texto inédito.