
EL USO DEL ESCÁNER LÁSER 3D COMO PARTE DEL PROCEDIMIENTO HEURÍSTICO PARA LA EXPLORACIÓN DEL TÚNEL BAJO EL TEMPLO DE LA SERPIENTE EMPLUMADA EN TEOTIHUACAN

Sergio Gómez Chávez y Julie Marie Caroline Gazzola

INTRODUCCIÓN

Entre el 2002 y el 2003 los autores de este trabajo iniciamos un ambicioso programa de investigación que incluía también acciones para lograr la conservación de los espacios y estructuras que conforman el complejo arquitectónico de La Ciudadela. El Templo de la Serpiente Emplumada, el edificio principal y más emblemático de uno de los tres mayores complejos que existieron en la antigua ciudad, venía padeciendo graves deterioros desde hacía algunos años, por lo que teníamos la obligación de aplicar todos nuestros esfuerzos y conocimientos para su conservación.

Hasta la fecha hemos desarrollado y puesto en práctica con buenos resultados una estrategia para solucionar el problema de conservación, la cual incluye dos actividades: la rehabilitación del sistema de drenaje y la restitución de los pisos en los conjuntos adyacentes al templo citado. El objeto de ambas acciones es impedir la filtración de agua al subsuelo que, por efecto de capilaridad, actúa como el principal agente del deterioro, ya que, en conjunto con otros factores, incide de manera negativa en la conservación.

Con la finalidad de obtener información que nos brindara elementos para la solución de diferentes problemas académicos, durante varias temporadas realizamos excavaciones en distintos espacios de este importante y singular complejo arquitectónico. Excavamos en el área de la gran plaza, en los conjuntos 1D y 1E, ubicados al norte y sur del templo, así como al norte de La Ciudadela, en los espacios identificados como 2R, 2 y N, hasta la ribera sur del río San Juan.

Toda la información recuperada es diversa y ha sido suficiente para proponer el establecimiento de un nuevo paradigma, el cual difiere en parte de lo planteado anteriormente por otros autores respecto de la función, el uso y las

características de la ocupación de La Ciudadela. Más aún, podemos decir que la información obtenida y el procesamiento de todos los datos generados nos han permitido cuestionar y plantear novedosas ideas tanto sobre el proceso de desarrollo urbano, el uso de materiales y sistemas empleados en la construcción de los espacios arquitectónicos, como acerca del cambio en la orientación de la ciudad sucedido en fases tempranas. Estos tres aspectos son de gran trascendencia para la comprensión del desarrollo de la sociedad urbana de Teotihuacan.

Para las primeras fases de desarrollo de Teotihuacan, descubrimos una obra hidráulica monumental ubicada al sur del río San Juan, la cual ha sido fechada para la fase Patlachique (200–1 a.C.). El análisis de los suelos adyacentes para determinar su potencial agrícola, en combinación con el sistema de riego, nos ha llevado a realizar planteamientos sobre las estrategias instrumentadas por el Estado teotihuacano para intensificar la producción de alimentos en una fase en la que fue notable el crecimiento poblacional y, por ello, la demanda de recursos alimenticios debió haber sido muy alta.

El registro de la clausura por los propios teotihuacanos de esta y otras obras hidráulicas en distintas partes del valle —las cuales formaban parte de un complejo sistema de riego destinado a la producción agrícola para la fase Tzacualli-Miccaotli— también nos ha permitido generar propuestas sobre los procesos y las estrategias desarrolladas por el Estado para asegurar el abastecimiento de alimentos y otros recursos demandados por la creciente población urbana. Hemos planteado la hipótesis de que el Estado habría desarrollado mecanismos y estrategias que le dieron la posibilidad de controlar y posicionarse en el centro de una extensa red de vínculos económicos y sociales que desde hacía tiempo existía en la cuenca de México.

Las excavaciones que hemos conducido en la gran plaza nos han provisto de información sobre el proceso de ocupación del espacio donde se encuentra La Ciudadela. Con base en los resultados de sistemáticas excavaciones estratigráficas, sabemos que esta fue construida en un área que originalmente (durante la fase Patlachique) fue usada para el cultivo. Posteriormente, durante las fases Tzacualli y Miccaotli, entre 1 y 200 d. C., este espacio fue ocupado por diversas estructuras que formaban parte de un enorme complejo arquitectónico, un primer santuario que fue destruido por los propios teotihuacanos para erigir el majestuoso complejo que se conserva hoy en día y que conocemos como “La Ciudadela” (figura 1).

Por debajo de la explanada, descubrimos y exploramos los restos de varias estructuras previas a la construcción de La Ciudadela. Sus características, así como los materiales descubiertos en asociación directa con los diferentes espacios que las conforman, indican que fueron ocupadas por grupos con un alto estatus social y fueron parte de un primer santuario construido en este lugar.

Una de las estructuras tiene más de 120 m de longitud y presenta particularidades que nos han hecho suponer que posiblemente se trate de una estruc-



Figura 1. Vista del complejo arquitectónico de La Ciudadela.



tura para jugar a la pelota. Otras estructuras tienen pinturas murales, templos, altares, grandes patios y cuartos. Algunas presentan orientaciones que difieren en 3, 5 y hasta 30° de la desviación estándar teotihuacana, que es de 15° al este del Norte.

Parte de la estrategia para atender el problema de la conservación fue la localización y exploración de los drenajes prehispánicos que originalmente debieron servir para desaguar la gran explanada. La intención de rehabilitarlos tuvo por objeto eliminar la humedad que desencadena la incidencia de otros factores que, en conjunto, provocan el deterioro de los edificios. Al explorar los drenajes nos percatamos de que fueron clausurados de manera intencional alrededor del año 250 de nuestra era, casi al tiempo en que se terminaba de construir La Ciudadela.

En el interior de uno de los drenajes principales se depositaron, como ofrendas, los restos de aproximadamente 50 individuos que fueron sacrificados por decapitación, desmembramiento y mutilación. En otros más se colocaron diferentes objetos como parte del ritual de clausura que dejó a La Ciudadela sin forma alguna para desaguar los enormes volúmenes de agua que año tras año eran captados dentro de la gran explanada.

Este hallazgo, en conjunto con la consideración de otros elementos, nos llevó a plantear la hipótesis de que La Ciudadela, lejos de ser un espacio de acceso restringido, sede del poder político y militar de la ciudad, o residencia del gobernante, como habían propuesto otros autores, habría funcionado como un santuario preparado para dar cabida a miles de personas. La Ciudadela habría sido concebida y construida como un escenario ritual, y se habría proyectado para mantenerse inundada durante la temporada de lluvias.

La formación de un espejo de agua en toda la plaza representaba metafóricamente al "mar primigenio", del cual emergió la "Montaña Sagrada" al inicio de los tiempos. La Pirámide de la Serpiente Emplumada, la montaña debajo de la cual existe la "Cueva Sagrada", fue erigida para conmemorar el inicio del tiempo mítico, de la cuenta de los días, del calendario. De esta manera, postulamos que en este espacio debieron llevarse a cabo escenificaciones rituales de mitos alusivos a la creación original y el mantenimiento del universo, de la renovación de la vida. Rituales que manifestaban una reactualización del tiempo primigenio y un reencuentro con los dioses creadores (figura 2).

En el 2003, durante el desarrollo de los trabajos que realizábamos para la conservación de los edificios del complejo arquitectónico, se suscitó un sorprendente hallazgo frente a la escalinata de la plataforma adosada al Templo de la Serpiente Emplumada: las fuertes lluvias ocurridas en los días pasados a este suceso provocaron un hundimiento en la tierra y el descubrimiento de un profundo tiro, de 0.83 m de diámetro. Con ayuda de una cuerda y varios de los trabajadores logramos descender hasta una profundidad de 13 m, y percatarnos de la existencia de un conducto subterráneo orientado, por un lado, al este en dirección al Templo de la Serpiente Emplumada, y, por el otro, hacia el altar central.

En ese momento, y solo a través de un pequeño hueco que abrimos retirando algunas piedras, observamos que el túnel había sido completamente relleno por los teotihuacanos para impedir el acceso. La colocación de enormes piedras y un volumen impresionante de tierra obstruían el conducto hacia ambos lados e impedían acceder al interior. Indudablemente, la exploración de este conducto subterráneo requeriría una planeación y el diseño de una buena estrategia, además de los recursos económicos suficientes para asegurar el desarrollo de la investigación.



Figura 2. El Templo de la Serpiente Emplumada.



ESTRATEGIA HEURÍSTICA DE INVESTIGACIÓN

La estrategia heurística diseñada para el desarrollo del proyecto y la solución de diversos problemas de índole académica, la contrastación de hipótesis generales y de trabajo o vinculados con la conservación ha consistido en buscar y contar con la colaboración de especialistas en diversos campos del conocimiento. La otorgada por investigadores de distintas instituciones mexicanas y extranjeras ha dado excelentes resultados.

A la par del personal técnico y de investigación que trabaja permanentemente en el proyecto (arqueólogos, arquitectos, restauradores, biólogos, antropólogos físicos, dibujantes, entre otros), colaboran los doctores Miguel Balcázar y Pablo Peña, investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares,

practicarmente, realizando monitoreo de la presencia de gas radón. Tenemos la ayuda, asimismo, de la doctora Corina Solís y del doctor Efraín Chávez, del Laboratorio de Espectrometría de Masas con Aceleradores, del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), encargados, por su parte, de realizar fechamientos de C14.

Se cuenta con la participación de los biólogos Fabiola Guzmán y José Luis Alvarado, de la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico del INAH, quienes se encargan de los análisis de restos botánicos y faunísticos, así como Thomas Calligaro, de los Laboratorios de Investigación y Conservación de los Museos Franceses, quien realiza análisis e identificación de elementos trazas de diferentes materiales en el Accelérateur Grand Louvre pour l'Analyse Élémentaire (AGLAE).

En el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la UNAM y la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Autónoma de Querétaro, la doctora María Antonieta Mondragón y Joel Torices realizan análisis infrarrojo y de espectrometría Raman para la identificación de materiales orgánicos. El estudio de los suelos y sedimentos se lleva a cabo en los laboratorios de la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH), a cargo del doctor Serafín Sánchez, quien además asesora a uno de nuestros investigadores en la identificación de fitolitos.

El doctor Víctor Manuel Velazco, del Instituto de Geofísica de la UNAM, se ha encargado de los estudios con el georradar (GPR). El doctor Daniel Flores, del Instituto de Astronomía de la misma universidad, participa con sus estudios sobre la práctica astronómica antigua. Los doctores Carmen Castorena y Juan Estrada, del Colegio de Postgraduados y la Universidad Autónoma de Chapingo respectivamente, son responsables del estudio de los paleosuelos.

El ingeniero Hugo Armando Guerra, del Instituto Politécnico Nacional, fue el encargado del diseño y la construcción de los dos robots que empleamos en la exploración. Los registros con el escáner láser han estado a cargo de Juan Carlos García, Celedonio Rodríguez y Ángel Mora, de la CNMH del INAH. También se realizan, a cargo de Ricardo Sánchez y Jasinto Robles, estudios para la identificación mineralógica de diferentes materiales pétreos en la Subdirección de Laboratorios y Apoyo Académico del INAH.

Primero en el 2004 y el 2005 y posteriormente en el 2010 utilizamos el radar de penetración terrestre (GPR, por sus siglas en inglés) con objeto de conocer algunas características del túnel y contar con elementos para desarrollar la estrategia de exploración. Antes de iniciar la excavación, gracias a los resultados proporcionados por el GPR, establecimos que el conducto subterráneo podía tener entre 100 y 120 m de longitud, y llegar en su extremo oeste al eje vertical del centro del Templo de la Serpiente Emplumada.

Con fundamento en el registro de las anomalías planteamos la posibilidad de la existencia de dos cámaras en la parte media, y una de mayor tamaño al final del conducto, aunque, en este caso, las lecturas no fueron muy claras

debido a que se encuentra bajo la Pirámide de la Serpiente Emplumada. En el 2013, cuando logramos ingresar al final del túnel, confirmamos que este tenía 103 m de longitud, una dimensión no muy alejada de las estimaciones realizadas con el georradar.

Hasta el 2009, luego de que obtuvimos las autorizaciones y el financiamiento, y logramos integrar un equipo de trabajo con asesores de distintas instituciones y especialidades, comenzamos la exploración en un área donde, suponíamos, debería de encontrarse el acceso principal al túnel.

Los trabajos iniciaron excavando un área de aproximadamente 100 m², descubriendo a poco más de 2 m de profundidad un corte vertical, de aproximadamente 5 m por lado, en la toba volcánica. Luego de varios meses de trabajo, en los que la excavación se profundizó poco más de 11 m, finalmente se descubrió el acceso al conducto subterráneo, corroborándose una de las hipótesis planteadas en el protocolo de investigación, que establecía que en ese lugar debía encontrarse la entrada al túnel (figura 3).



Figura 3. Proceso de exploración en el interior del túnel.



La exploración del túnel partió de una serie de consideraciones y premisas teóricas. La primera, derivada de la idea de que la ciudad de Teotihuacan es una materialización producto del acto divino de dividir y ordenar el cosmos en tres niveles verticales (la región celeste, el plano terrenal y el inframundo), así como varios rumbos en el plano horizontal que marcan los extremos y esquinas del mundo. La ciudad había sido concebida como una "réplica de la forma como se concebía el universo" y el lugar donde "comenzó el tiempo".

La segunda premisa es que los teotihuacanos debieron considerar el Templo de la Serpiente Emplumada como una metonimia de la "Montaña Sagrada". Además del *axis mundi*, el eje que comunica los tres niveles verticales y conecta con los rumbos del Universo, la pirámide representaba la "Montaña Sagrada", la "Primera Verdadera Montaña", emergiendo del "mar primigenio", marcando el inicio del tiempo mítico, de la cuenta de los días, del calendario.

La tercera premisa es que por debajo de la "Montaña Sagrada" se halla la "Cueva Sagrada", la entrada y camino al mundo subterráneo, al inframundo: un lugar acuático colmado de riquezas, de las semillas nutricias, habitado por deidades y fuerzas creadoras encargadas de mantener el orden del Universo. El túnel debía necesariamente ser una representación simbólica del inframundo y, como tal, recrear los elementos que lo caracterizan, principalmente, el relacionado con las aguas subterráneas y las que contienen en su interior las montañas.

Una cuarta consideración es que, de acuerdo con la cosmología mesoamericana, el inframundo tiene su propia geografía sagrada: acuática, así como de las profundidades, en el que rumbos, dioses y aguas con cualidades específicas refieren un concepto mucho más complejo de las aguas primordiales sobre las que flota la Tierra, la morada de diferentes deidades y fuerzas telúricas que mantenían el orden del Universo.

La quinta premisa es que la entrada debía localizarse al oeste, ya que, según distintas fuentes escritas, al inframundo, al Tlalocan, al Mictlán, al Xibalba, se accedía desde el poniente.

Una sexta premisa considera que el conducto subterráneo fue objeto de intrusiones múltiples y continuas. El ingreso periódico presupone la realización de actos rituales de investidura con un carácter legitimador. En razón de ello postulamos que en el interior del túnel deberían encontrarse los restos de quienes recibían o transmitían los cargos y dones, o bien, algunos de los objetos utilizados en dichos rituales.

TLALOQUE I Y TLÁLOC II TC

Con objeto de planificar mejor la estrategia de exploración hemos utilizado distintos recursos tecnológicos. Construimos un pequeño robot equipado con cámaras de video y controlado a distancia que permitió tener las primeras imágenes del interior del túnel. Fue nombrado "Tlaloque I" y constituyó el segundo caso en el mundo del uso de un robot para realizar una exploración arqueológica (figura 4).

Un segundo robot, con autonomía propia y controlado de manera inalámbrica (Tláloc II TC), equipado con cámaras infrarrojas y un escáner láser miniatura, logró penetrar el último tramo del túnel, mostrándonos que no existía un gran espacio, como habíamos supuesto con el georradar, sino tres grandes cámaras. Las imágenes proporcionadas por ambos equipos fueron fundamentales para conocer las características y condiciones de estabilidad del túnel y para diseñar la estrategia de exploración.



Figura 4. Tlaloque I, recorriendo por vez primera el interior del túnel desde que fue cerrado por los teotihuacanos, entre 200 y 300 d. C.



EL ESCÁNER LÁSER

El uso del escáner láser ha sido fundamental para el desarrollo de la investigación. Prácticamente desde el inicio de los trabajos de excavación se le planteó a la Coordinación Nacional de Arqueología la posibilidad de contar con el escáner láser que recientemente había sido adquirido por el INAH para llevar a cabo el registro del proceso de exploración tanto del túnel como de la fachada del Templo de la Serpiente Emplumada, que, como mencionamos, presentaba un fuerte deterioro. Resultaba imperioso tener un levantamiento sistemático y minucioso de la fachada, con el fin de poder evaluar la pertinencia de los procedimientos empleados en su conservación.

Pocos meses después de haber iniciado la exploración del túnel, en el lugar donde habíamos predicho debería encontrarse la entrada principal; el equipo integrado por Juan Carlos García, Ángel Mora Flores y Celedonio Rodríguez Vidal, de la CNMH, realizó los primeros levantamientos con el escáner ScanStation2. En septiembre del 2009, cuando se habían excavado 5 m de profundidad en busca del esperado acceso al túnel, se realizó el primer registro del tiro de acceso, que mide aproximadamente 5 m por lado (figura 5).

Posteriormente, luego de conducir la exploración a casi 10 m desde el nivel de la superficie, fue localizada la entrada al conducto subterráneo, con lo que se corroboró una de las primeras hipótesis de trabajo, que postulaba que en ese lugar precisamente debería encontrarse la entrada principal.

El escáner realizó el registro del interior del túnel a través de un pequeño hueco, de no más de 10 cm de altura, logrando que el láser penetrara 37.20 m. En una segunda oportunidad, este alcanzó los 64.39 m, dando mayor sustento a otra de las hipótesis, que establecía que el túnel se conduciría en dirección al eje vertical del centro de la Pirámide de la Serpiente Emplumada.

A lo largo de varias temporadas se programaron y realizaron varias sesiones con el escáner láser para hacer los registros del avance y el proceso de exploración. El escáner láser se ha constituido como una herramienta fundamental para el trabajo de investigación arqueológica y la conservación del Templo de la Serpiente Emplumada. La nube de puntos y la información que puede obtenerse para fines de la investigación no solo ha facilitado el trabajo arqueológico sino, por la precisión de los datos generados, ha brindado la posibilidad de construir modelos tridimensionales utilizados en el trabajo especializado, y en la divulgación del conocimiento (figura 6).

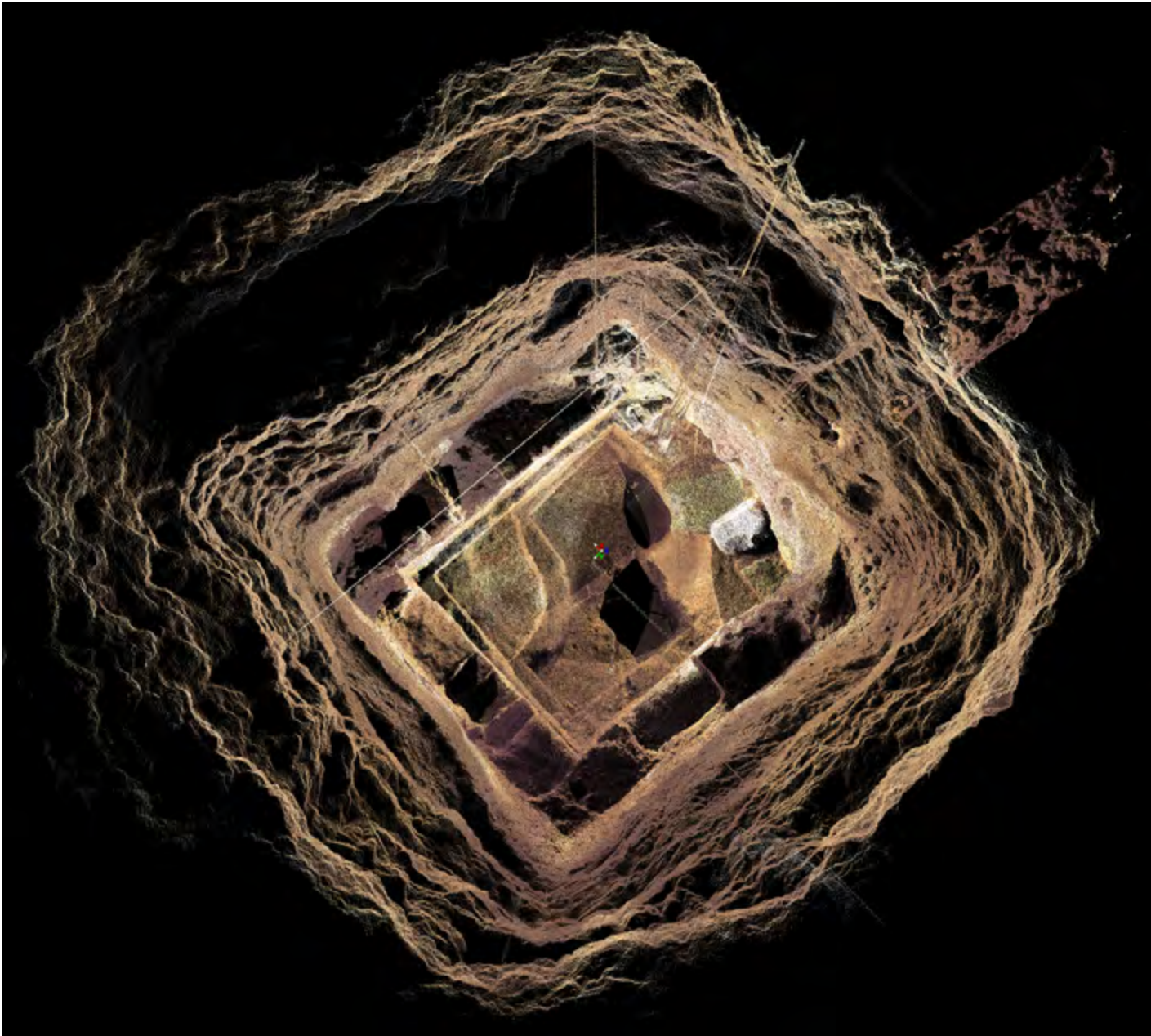


Figura 5. Vista en planta del tiro de acceso principal. Imagen del escáner láser.



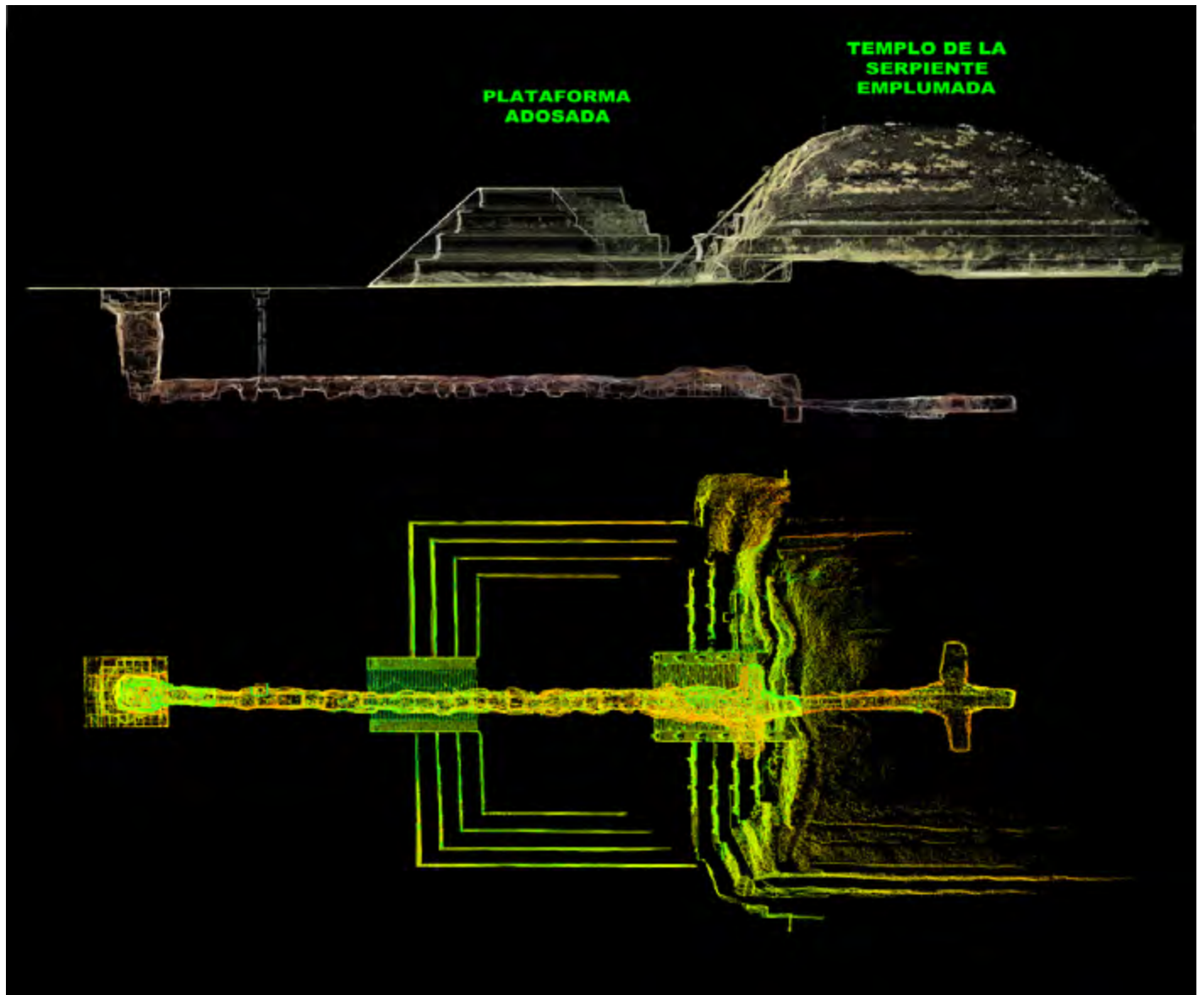


Figura 6. Vista en sección y planta del túnel en relación con el Templo de la Serpiente Emplumada y la plataforma adosada.



ALGUNOS RESULTADOS DE LA EXPLORACIÓN DEL CONDUCTO SUBTERRÁNEO

Desde que se iniciaron los trabajos de exploración del túnel, en el 2009, la excavación se ha realizado de manera sistemática, avanzando metro a metro y retirando estrato por estrato, llevando a cabo un registro preciso y exhaustivo de cada elemento y, en general, de todo el proceso. A pocos metros del acceso localizamos un grueso muro construido con bloques de tepetate. En seguida se ubicaron un espacio y, nuevamente, otro grueso muro, que habría sido colocado para bloquear el acceso. Durante el proceso de exploración hallamos una sucesión de más de 20 muros de hasta 3 m de espesor, y, entre muro y muro, distintas ofrendas.

En el 2013, la excavación avanzó 63 m desde la entrada, confirmando la información proporcionada por el georradar acerca de la existencia de dos cámaras laterales. Luego de pasar un corredor formado por muros de adobe, se ubican las dos cámaras (denominadas “antecámara norte” y “sur”). En la segunda, las paredes y la bóveda aún conservan adherido un polvo de mineral metálico compuesto de pirita, hematita y magnetita, indicando que debieron estar profusamente cubiertas de estos minerales brillantes. En esta misma antecámara sur, localizamos más de 400 esferas de mineral metálico (pirita degradada transformada en jarosita), algo nunca antes visto en otra excavación arqueológica.

El fino polvo brillante que resplandecía con la luz de las teas encendidas a lo largo de todo el túnel seguramente fue colocado para dar un efecto de cielo nocturno que representaba las estrellas titilando en la bóveda celeste del inframundo.

Después de las dos antecámaras, el túnel desciende cerca de 3 m, hasta alcanzar casi 17 m de profundidad, continuando 35 m más hacia el este. Al final de este último tramo del túnel encontramos tres grandes cámaras orientadas al norte, sur y este.

Poco antes de llegar a las tres cámaras encontramos una de las mayores ofrendas descubiertas hasta ahora en Teotihuacan: tres esculturas femeninas y una masculina trabajadas en piedra verde conformaban los elementos centrales de una ofrenda compuesta por decenas de grandes caracoles marinos, varias pelotas de hule, varios miles de cuentas de piedra verde, jade, serpentina, pirita y pizarra, discos y cilindros de pirita. Se localizó, asimismo, lo que, creemos, fue una caja de madera en cuyo interior se hallaron collares de concha y alas de escarabajos. Como parte de esta misma ofrenda se descubrió una gran cantidad de restos óseos (únicamente, cráneos faciales y garras) de grandes felinos y, posiblemente, también de cánidos. Recuperamos pequeños fragmentos de piel, tal vez humana, y varios mililitros de mercurio líquido.

A finales del 2015 completamos casi en su totalidad la excavación de las tres cámaras del final del túnel. Durante todo el proceso de excavación se han removido más de 1 000 t de piedra y tierra que los teotihuacanos colocaron para

bloquear el acceso al interior. El registro minucioso del proceso de formación del depósito ha permitido reconstruir la sucesión de diferentes acontecimientos de una larga secuencia de ocupación que inició a principios de nuestra era, con la construcción del conducto subterráneo, la clausura, en al menos tres ocasiones, las dos primeras construyendo muros transversales y una tercera colocando una gran cantidad de materiales de relleno.

Los gruesos muros dispuestos a lo largo del túnel originalmente para bloquear el acceso fueron parcialmente destruidos por los mismos teotihuacanos para ingresar y depositar o extraer algo del interior. El hecho de que posteriormente hubiesen rellenado todo el conducto nos hace suponer que este ingreso pudo haber tenido como objeto depositar o resguardar en su interior algo muy importante.

Los fechamientos de 14 C nos han proporcionado información muy relevante y clara para reconstruir con precisión la secuencia de ocupación. Indican que la última intrusión, realizada desde la superficie a través del tiro de 0.83 m de diámetro por el cual descendimos la vez primera, pudo ocurrir alrededor del siglo VI. Quien ingresó, encontró el túnel completamente azolvado y relleno con una gran cantidad de materiales, por lo que nada de lo que los teotihuacanos habían colocado varios siglos antes fue tocado ni alterado.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

Las exploraciones conducidas desde el 2002 en el complejo arquitectónico de La Ciudadela nos han proporcionado amplia información para entender, con base en datos bien sustentados, aspectos sobre el desarrollo inicial de la sociedad teotihuacana. La multiplicidad de datos generados sobre los procesos de producción agrícola, los cambios en el sistema de producción y las estrategias implementadas para asegurar el abastecimiento de recursos son algunos de los aspectos abordados en esta investigación. También se tiene información sobre el proceso de desarrollo urbano y la ideología, en particular sobre la religión, la cosmogonía y la forma como las estructuras de poder obtienen justificación para reproducir las características del sistema que favorece a la clase dominante.

Las ideas sobre el desarrollo urbano iniciado en la parte norte del valle pueden ser cuestionadas a partir de la información obtenida por nosotros, pues sabemos que al inicio de nuestra era, en la fase Tzacualli, ya existía en el área donde se construyó siglos más tarde La Ciudadela, o sea, en el sur, un complejo arquitectónico que funcionó como uno de los más importantes santuarios construidos entre 1 y 150 después de Cristo.

A pesar de que este complejo de estructuras, que posiblemente incluyó una cancha para jugar a la pelota, una serie de conjuntos arquitectónicos y basa-

mentos piramidales fue arrasado para construir La Ciudadela sobre sus restos, se han conservado hasta nuestros días elementos que nos permiten entender mejor el desarrollo urbano como resultado de una sociedad compleja y un modo de producción clasista inicial.

El uso de materiales distintos de los que algunos autores plantearon ser el motivo para que los teotihuacanos eligieran el valle para la edificación de la ciudad parece no corresponder, pues el uso de la escoria volcánica, comúnmente conocida como "tezontle", ocurrió al menos dos siglos después de que la ciudad tuviera una extensión considerable. Desde esta perspectiva, es mucho más probable que la elección del valle para el asentamiento haya obedecido a una visión de la práctica geomántica de quienes seguramente guiaban a los primeros grupos que arribaron al valle.

Es ahora indiscutible que en las primeras fases no se usó el tezontle como material de construcción, sino que fue una innovación implantada alrededor del siglo III de nuestra era. La orientación de los primeros edificios tampoco es la misma que observamos en la mayoría de las construcciones más antiguas, con lo cual cuestionamos muchas de las ideas expuestas sobre la orientación de la ciudad, que alrededor del 250 d. C. fue modificada probablemente como producto de un ajuste en el registro del movimiento del sol y el sistema calendárico.

El paradigma que postulamos indica que, además de un uso ritual, La Ciudadela tuvo un uso político, pues debieron llevarse a cabo actos políticos ritualizados mediante los cuales los gobernantes adquirirían la investidura divina del cargo que asumían o bien transmitían a sus sucesores, aprovechándolos como propaganda y justificación política.

Las actividades rituales y políticas que se realizaban en este magno escenario debieron brindar legitimidad a las instituciones del Estado y a los grupos dominantes que mantenían el poder político y económico en la ciudad. El ritual en todos sus alcances (cognitivos, reproductivos, integrativos, étnicos, individuales, colectivos, etc.) y significaciones (religiosas, políticas, sociales, etc.) es visto por nosotros como un medio de comunicación en un sistema complejo de relaciones que configuran y dan sentido a la realidad social y al pensamiento colectivo.

La parafernalia litúrgica desplegada en los rituales religiosos y en los actos políticos ritualizados, servía para mantener y reproducir las estructuras del poder, pues la Serpiente Emplumada proveía la investidura divina que legitimaba el cargo de los gobernantes, así como de las instituciones del Estado y de los grupos que tenían el poder económico y político en la ciudad.

La Serpiente Emplumada constituía una parte medular de las estructuras del poder y las actividades políticas. En razón de esto, es factible sopesar la importancia que tuvo el edificio principal de La Ciudadela, así como las actividades rituales y políticas que debieron realizarse en este santuario ubicado en lo que René Millon (1992) identificó como el "centro verdadero" de la ciudad, y que debió ser concebido por los teotihuacanos como el "eje del universo". Era, pues, una metonimia del cosmos.

El túnel bajo el Templo de la Serpiente Emplumada es visto por nosotros como una representación materializada del inframundo. Por lo mismo, La Ciudadela de Teotihuacan era el mejor lugar para involucrarse en una experiencia religiosa, pues reproducía la geografía sagrada, se recreaba la obra de los dioses, de los sacrificios y asesinatos primigenios, pues en este magno escenario se hallaba la verdadera entrada al inframundo. La Pirámide de la Serpiente Emplumada era una metáfora de la "Montaña Sagrada", la unión y vínculo entre los niveles y distintas regiones del cosmos.

Las construcciones sobre cuevas u oquedades subterráneas artificiales transformaban simbólicamente el espacio terrestre y tenían un fuerte significado y relación con los mitos de creación del Universo y de la humanidad.

Una de las hipótesis iniciales de nuestra investigación establecía que en este lugar encontraríamos un depósito funerario con los restos de los gobernantes. ¿Qué otro lugar podría haber servido para realizar la transmisión del poder y depositar los restos de los gobernantes fallecidos?

Durante el proceso de exploración del túnel bajo el Templo de la Serpiente Emplumada se han recuperado varios miles de objetos hechos en jade, serpentina y otras piedras verdes, pizarra, obsidiana, cristal de roca y concha que dan cuenta de una compleja actividad ritual (figura 7).

Figura 7. Depósito de ofrenda durante el proceso de exploración y registro.



Sin embargo, ha sido el análisis de la evidencia y de los contextos particulares lo que ha brindado respuesta a varias cuestiones. Por ejemplo, los estudios geológicos corroboraron que la construcción del túnel a la profundidad a la que fue excavado fue resultado de la intención de los teotihuacanos de localizar el nivel freático y, de esta manera, recrear las condiciones del inframundo.

A la luz de los hallazgos, nuestra idea inicial ha tenido que modificarse, de tal manera que estamos proponiendo que las cuatro esculturas de piedra verde podrían ser la representación de los sacerdotes-chamanes que portan o cargan los bultos sagrados (*Teomamas*, en lengua náhuatl), y que de acuerdo con diferentes fuentes escritas, son quienes guían a los pueblos durante los procesos migratorios y establecen el lugar del futuro asentamiento mediante la erección del altar.

Si nuestras ideas son correctas, las cuatro esculturas (que quizá originalmente hubieran sido cinco, pues se encontraron restos dispersos de otra) personifican a los fundadores de Teotihuacan, los cuales fueron colocados en el interior del túnel, acompañados de miles de objetos depositados como ofrenda. Quizá ello explique la razón por la cual al menos dos de estas esculturas están de pies y miran al rumbo por donde sale el sol (figura 8).



Figura 8. Vista de dos de las cuatro esculturas localizadas en el interior del túnel.



Conforme avancemos en la exploración del túnel se esclarecerán muchas de las ideas y propuestas vertidas de manera muy resumida. Quizá algunas hipótesis tendrán que ser modificadas o bien definitivamente rechazadas: es el proceso lógico de la investigación científica. Sin embargo, estamos seguros de que el estudio integral del complejo conjunto de significaciones nos proporcionará la oportunidad de acercarnos al pensamiento del pueblo que logró materializar, quizá como ningún otro, el mundo etéreo de su cosmovisión.

BIBLIOGRAFÍA

Gazzola, Julie, Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de la Serpiente Emplumada, Teotihuacan, México, Temporada 2004, Informe de los trabajos de campo del 1 de agosto al 10 de septiembre de 2004, mecanoscrito, México, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2005.

Gazzola, Julie, "Características arquitectónicas de algunas construcciones de fases tempranas en Teotihuacan", *Arqueología*, núm. 42, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2009.

Gómez Chávez, Sergio, Proyecto Tlalocan: Exploración del Túnel bajo el Templo de la Serpiente Emplumada en Teotihuacan, mecanoscrito, México, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2005.

Gómez Chávez, Sergio, Eliseo Padilla y Julie Gazzola, "Características de las jarras Tláloc de las fases Tzacualli-Miccaotli (1-200 d. C.) en Teotihuacan", en María Elena Ruiz G. (ed.), *Los rostros de Tláloc en Mesoamérica*, México, Instituto de Investigaciones Estéticas-Universidad Nacional Autónoma de México [en prensa].

Gómez Chávez, Sergio y Julie Gazzola, Proyecto de Investigación y Conservación del Templo de la Serpiente Emplumada, Teotihuacan, México, mecanoscrito, México, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2003.

Gómez Chávez, Sergio, *et al.*, "La conservación del Templo de Quetzalcóatl, un compromiso de todos", en M. E. Ruiz G. y J. Torres P. (eds.), *Memoria de la Tercera Mesa Redonda de Teotihuacan, Arquitectura y Urbanismo: Pasado y Presente de los Espacios en Teotihuacan*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2005, pp. 725-760.

Millon, René, "Teotihuacan studies: from 1950 to 1990 and beyond", en Janet Catherine Berlo (ed.), *Art, Ideology, and the City of Teotihuacan*, Washington, Dumbarton Oaks Research Library and Collection, 1992, pp. 339-419.

LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO DEL CONJUNTO CONVENTUAL DE SAN BERNARDINO DE SIENA, XOCHIMILCO, CON LA TECNOLOGÍA ESCÁNER LÁSER 3D

Araceli Peralta Flores

INTRODUCCIÓN

El conjunto conventual de San Bernardino de Siena, construido por la Orden Franciscana en el siglo XVI, es un referente de gran significado para la comunidad de Xochimilco, que trasciende lo histórico y lo arquitectónico, porque es el eje de la dinámica religiosa que ha dado a sus habitantes sentido de pertenencia y cohesión social desde tiempo inmemorial.¹

Los estudios realizados sobre este monumento histórico han sido, fundamentalmente, de corte histórico y de historia del arte. El trabajo que aquí presentamos reúne ambas temáticas, pero como parte de una línea de investigación distinta, dirigida a los resultados del primer levantamiento arquitectónico con la tecnología escáner láser del exterior del templo, elaborado por el Laboratorio de Imagen y Análisis Dimensional, de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos del Instituto Nacional de Antropología e Historia (LIAD-CNMH-INAH).²

Del 3 al 5 de diciembre de 2014 se realizó el barrido de las fachadas norte, poniente y cubierta del templo, con modelo escáner láser P20, levantamiento

1 Un especial agradecimiento al padre Adrián Huerta Mora, administrador de la parroquia de San Bernardino de Siena, Xochimilco, así como a su asistente, Héctor Hernández Paredes, por facilitarnos el acceso a todas las áreas del conjunto conventual.

2 El diseñador gráfico Ángel Mora Flores está a cargo del Laboratorio de Imagen y Análisis Dimensional (LIAD). El equipo de trabajo estuvo integrado por los arquitectos: María Fernanda López Armenta, Apolo Balarama Ibarra Ortiz, Celedonio Rodríguez Vidal y Franco Durán Rodríguez, y el topógrafo Jorge Luis Alcalá Rosas.

topográfico con estación total TS-11 y receptor Viva GS-14 (antena para georreferenciar puntos escaneados);³ todos los instrumentos de marca Leica (figura 1).

El Comité Internacional para la Documentación del Patrimonio Cultural establece que un monumento y su entorno sólo puede ser restaurado y protegido cuando ha sido completamente medido, documentado y monitorizado, así como almacenados sus datos en un apropiado sistema de gestión e información.⁴



Figura 1. Proceso de escaneo de la cubierta sur del templo de San Bernardino de Siena, Xochimilco. Se observa a la izquierda el escáner láser y a la derecha el tripié que soporta el target del punto georreferenciado. Fotografía de Araceli Peralta Flores, 2014.



3 La georreferenciación es la técnica que permite ubicar con precisión la posición geográfica de un objeto en un sistema de coordenadas espacial, *vid.* Francisco Javier Dávila Martínez y Elena Camacho Arranz, "Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de archivos y cartotecas. Propuesta metodológica", en *Vibercarto*, Santander, Universidad de Cantabria, 2012, p. 1.

4 Javier Cardenal Escarcena *et al.*, *Técnicas fotogramétricas y de escáner láser terrestre aplicadas a la documentación y valoración del patrimonio histórico*, Jaén, CICUM, Universidad de Jaén, 2010, p. 1.

En este sentido, el conjunto conventual de San Bernardino de Siena ha quedado parcialmente documentado a través del escáner láser, información que es de gran utilidad, ya que ayuda a detectar deterioros ocasionados por el paso del tiempo, los desastres naturales o la negligencia humana; asimismo, este soporte digital asegura su continuidad temporal ante su posible destrucción o deterioro (figura 2).



Figura. 2. Imagen obtenida a través de una nube de puntos, que muestra la perspectiva del conjunto conventual de San Bernardino de Siena delimitada por la barda atrial. Imagen obtenida a través de una nube de puntos que permite obtener espesores y dimensiones reales de cada elemento, elaborada por Apolo Balarama Ibarra Ortiz, del LIAD, 2015.



EL CONJUNTO CONVENTUAL Y SU CONSTRUCCIÓN

A fray Pedro de Gante se le atribuye haber propuesto al provincial fray Martín de Valencia edificar, entre 1525 y 1526, el templo de San Bernardino de Siena;⁵ las primeras etapas constructivas comprendieron de 1530-1535 a 1600. En 1535, fray Francisco de Soto, guardián del convento, estuvo a cargo de la dirección y supervisión de la obra, y fray Juan de Gaona le dio continuidad en 1550;⁶ ambos combinaron las tecnologías europea y prehispánica, dando un carácter monumental al inmueble. En el proceso de construcción se contó con talleres equipados al pie de la obra, el suministro de material perteneció al antiguo teocalli que se encontraba en el lugar.

Durante la edificación, los religiosos enfrentaron problemas como inundaciones, hundimientos diferenciales del terreno y sismos, por lo que buscaron materiales y sistemas constructivos que dieran estabilidad al conjunto conventual. Los contrafuertes y arcos botareles⁷ fueron soluciones arquitectónicas que evitaron la fractura de muros y techumbres por sismos, pese a ello la portada principal tuvo que ser reconstruida en 1552, 1585 y 1611 debido a temblores que destruyeron gran parte de los muros.⁸

En la techumbre se prefirió el manejo de estructuras y cubiertas de madera tanto por la ligereza de sus partes como por la sencillez en su trabajo estructural; sin embargo, el mantenimiento, los incendios y la pretensión por construir edificaciones resistentes influyeron para que las cubiertas fueran sustituidas por bóvedas y cúpulas de mampostería y ladrillo.⁹

La bóveda sirvió como protección del templo: “las superficies se recubrieron con una capa de estuco, de cal-arena, sumamente fina y bruñida, que era una especie de ‘piel’ impermeabilizante”.¹⁰ Las pendientes de las bóvedas tenían una inclinación que encauzaba el agua de lluvia hacia los bajantes, también de barro, ocultos en las esquinas de los muros, llevando el agua a la huerta y a la zona de servicios del convento.

5 Ana Julia Arroyo, *Un convento del siglo XVI en el siglo XX, San Bernardino de Siena, Xochimilco*, tesis de maestría en Historia del Arte, México, Facultad de Filosofía y Letras-Universidad Nacional Autónoma de México, 2011, p. 22.

6 George Kubler, *Arquitectura mexicana del siglo XVI*, 2.ª ed., México, Fondo de Cultura Económica, 1983, pp. 67 y 130.

7 El arco botarel es el que se apoya en la parte superior de un contrafuerte con objeto de contrarrestar los empujes producidos por un arco o bóveda, *vid.* Mario Camacho Cardona, *Diccionario de arquitectura y urbanismo*, México, Trillas, 2001, p. 34.

8 Juan de Torquemada, *Monarquía indiana*, vol. 2, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1977, p. 577; Joaquín Praxedis, “Templo y ex convento de San Bernardino, su valor histórico y cultural”, en Ciro Caraballo Perichi (coord.), *Xochimilco. Un proceso de gestión participativa*, México, UNESCO, 2006, pp. 77-79.

9 Jorge Rojas, *Configuración estructural de la arquitectura del siglo XIX*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2002, pp. 34-35.

10 Laura Ledesma Gallegos, *Tradición y expresión de los patios en los claustros novohispanos*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2009, pp. 34, 39.

La estabilidad de las bóvedas y cúpulas se logró a base de apoyos sujetos a empujes adicionales, o contrafuertes salientes, como el arco botarel. En 1932, Jorge Enciso, quien fue Inspector General de Monumentos Artísticos, señaló que “la mayor parte de las iglesias de Xochimilco presentaban botareles que dan a las edificaciones en esa zona un aspecto característico”.¹¹

La construcción de gruesos muros de mampostería integró piezas de tezontle alternadas con otro tipo de mamposterías, incluidos ladrillos o sillares de tepetate.

El conjunto arquitectónico consta de templo, atrio, capilla del sagrario, o adoratorio al Santísimo, claustro, o convento, portal, o capilla de indios, bautisterio y capilla de la Tercera Orden.

TEMPLO

Consta de una bóveda de cañón corrido dividida en sotocoro, nave y ábside de forma poligonal; cúpula semiesférica con tambor ochavado y linternilla. La fachada principal y el muro testero tienen almenas, elemento que, aunado, a la altura del templo, le dan un carácter militar defensivo. El muro norte presenta contrafuertes, y en la parte superior hay ventanas.

La mano de obra indígena fue determinante en su edificación: los indios “principales y tequitlatos de los tres barrios de la laguna de la ciudad de Xochimilco”,¹² así como de los naturales de los pueblos de tierra firme, sacaron y transportaron la piedra en canoas grandes. Los principales benefactores fueron el indio cacique Luis Martín Cerón Alvarado y su hijo Martín Cerón de Alvarado.¹³

En 1567 fue inaugurada la nave principal con su primera cubierta de artesonado. Para 1698 el templo de San Bernardino era el más grande de la Nueva España: “tiene setenta y tres varas de largo y veinte y una de ancho (61.32 m X 17.64 m), es de artesón labrado el techo, y terrado de vigas grandes la azotea; tiene fuera de los tirantes labrados de madera, tirantes de cadenas de fierro con gruesos eslabones, las paredes de cerca de cuatro varas de ancho y la altura eminente”.¹⁴

La bóveda de cañón corrido del templo y la cúpula, de forma octagonal con linternilla,¹⁵ se terminaron en 1716. La torre campanario, compuesta por dos

11 Rojas, *op. cit.*, p. 35.

12 Archivo General de la Nación, *Indios*, v. 6, exp. 1040, 1595.

13 Rafael García Granados, *Xochimilco*, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1934, p. xvii.

14 Agustín de Vetancurt, *Teatro mexicano*, México, Porrúa, 1982, p. 57.

15 *Linternilla* es una estructura que remata una cubierta o cúpula y que permite proporcionar luz y ventilación; VIDVID. Camacho, *op. cit.*, p. 424.

cuerpos que terminan en un cupulín¹⁶ y linternilla, que es de 1697, fue reconstruida en el siglo XVIII. El templo y convento de San Bernardino fue declarado Monumento Nacional el 28 de enero de 1932.¹⁷

Tanto para los conquistadores como para los evangelizadores, el templo fue un espacio que favoreció la relación entre el indígena, el español y los primeros mestizos (figuras 3 a 7).

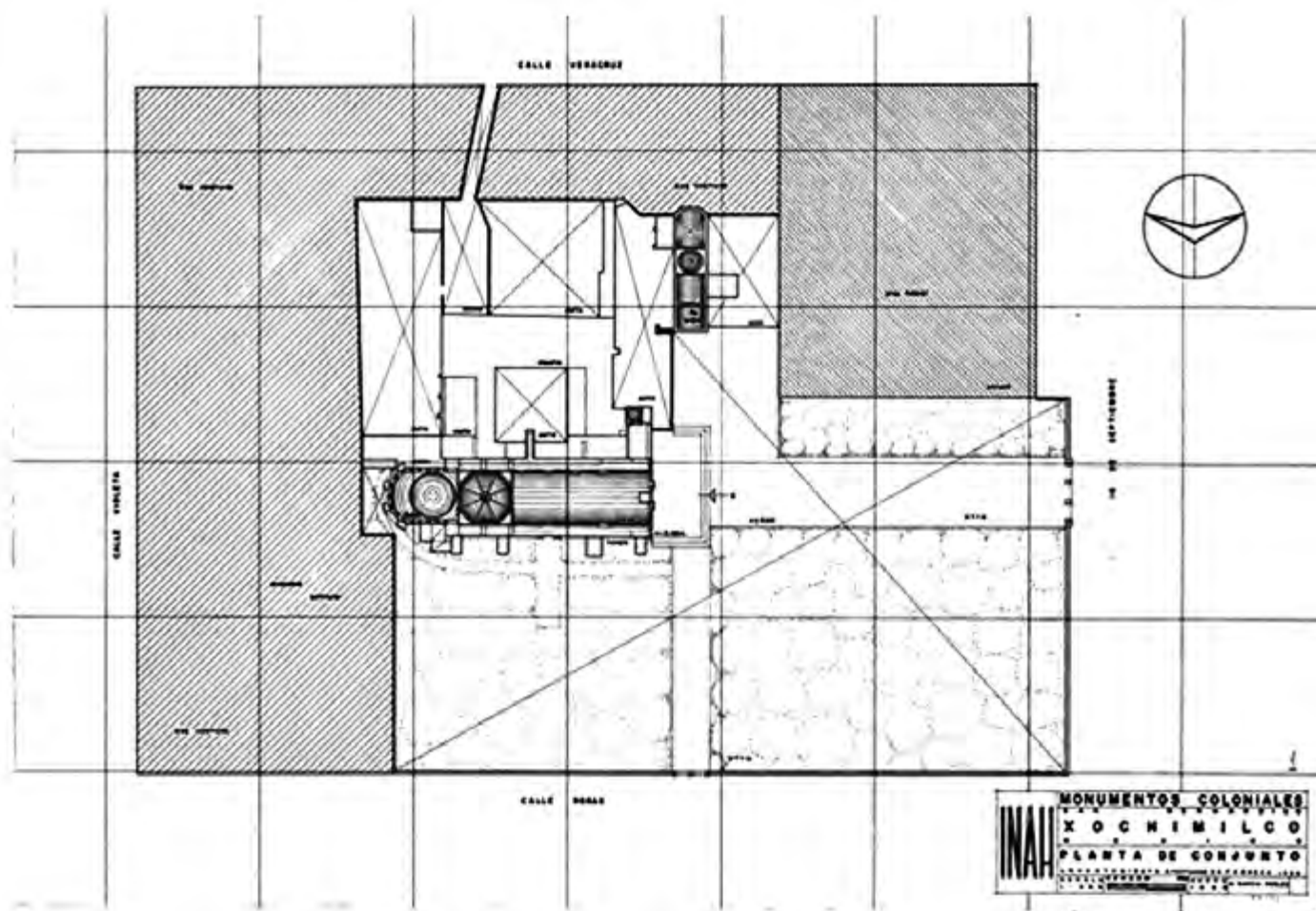


Figura 3. Levantamiento de la planta de conjunto elaborada por A. García Robles en 1966. SECRETARÍA DE CULTURA-INAH-México-Fototeca Constantino Reyes-Valerio. "Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia".

16 Cupulín, o cupulino, es un cuerpo o elemento de remate superior que se añade a una cúpula; vid. Camacho, op. cit., p. 224.

17 Arroyo, op. cit., p. 35; vid. Boletín de Monumentos Históricos, núm. 2 (México, CNMH-INAH), 1979, p. 113.



Figura 4. Perspectiva del templo de San Bernardino de Siena, con la tecnología del escáner láser, en donde se aprecia la fachada lateral ubicada al norte y la fachada principal que da al poniente. Imagen elaborada por Apolo Balarama Ibarra Ortiz, del LIAD, 2015.



Figura 5. Fachada principal de San Bernardino de Siena orientada al poniente con cotas. Imagen de fondo elaborada por Apolo Balarama Ibarra Ortiz, LIAD, 2015.





Figura 6. Dibujo de la portada principal de San Bernardino de Siena. SECRETARIA DE CULTURA-INAH-México-Fototeca Constantino Reyes-Valerio. "Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia".



Figura 7. Portada principal de San Bernardino de Siena con cotas, Imagen elaborada por Apolo Balarama Ibarra Ortiz, LIAD, 2015.



La portada de la fachada principal del templo de San Bernardino de Siena, que es de cantera y combina elementos del estilo plateresco, fue construida en la segunda mitad del siglo XVI. Está compuesta por un cuerpo y un remate; el primer nivel tiene un vano de acceso con arco de medio punto decorado con relieves de querubines que se apoya en pilastras empotradas; el arco está delimitado por columnas estriadas con capitel corintio, que soporta un entablamento con la leyenda "Acabose año de 1620". El segundo nivel corresponde al remate que muestra una ventana coral de forma rectangular enmarcada y flanqueada por ángeles que sostienen un racimo de uvas, apoyados en roleos que representan a la planta de la vid; en la parte superior se observa un querubín (figuras 8 a 10).



Figura 8. Fachada lateral de San Bernardino de Siena, orientada al norte con cotas. Imagen elaborada por Apolo Balarama Ibarra Ortiz, LIAD, 2015.





Figura 9. Puerta porciúncula de San Bernardino de Siena, localizada en la fachada lateral norte. Fotografía de Araceli Peralta Flores, 2014.

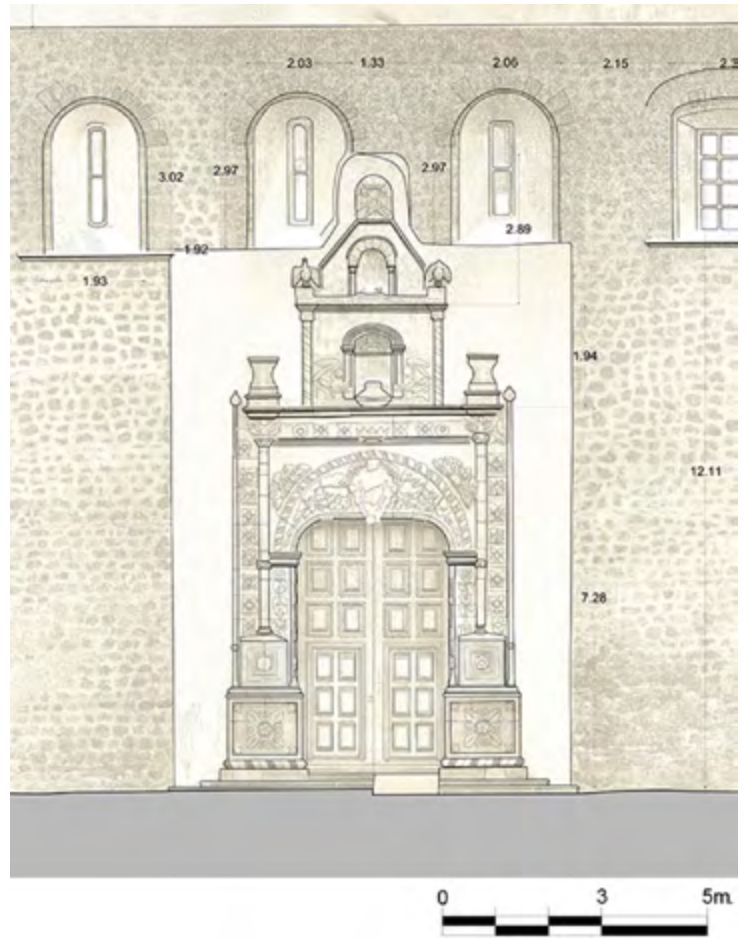


Figura 10. Puerta porciúncula de San Bernardino de Siena con cotas. Imagen elaborada por Nancy Aracely Ambrocio Ángeles, LIAD, 2015.



Al igual que la portada principal, la puerta porciúncula es de cantera y combina elementos del estilo plateresco y renacentista;¹⁸ se encuentra en la fachada lateral norte del templo de San Bernardino y fue construida en la segunda mitad del siglo XVI. Consta de un cuerpo y un remate; el primer nivel presenta un vano de acceso con arco rebajado y pilastras adosadas enmarcadas por el cordón franciscano y relieves de una flor de girasol esculpida desde la raíz a la manera del Códice Badiano. Al centro se encuentra representado el escudo coronado de san Francisco con las cinco llagas, o estigmas, que recibió en el monte Alvernia en 1224. El arco está delimitado por delgadas columnas y jambas ricamente ornamentadas con flores. El remate está compuesto por dos nichos colocados verticalmente: el primero, flanqueado por ángeles; el segundo tiene águilas a los lados y la parte del frontón roto está rematada por un águila bicéfala austriaca.

ATRIO

Es de forma rectangular, delimitado por una barda atrial. Cuenta con una entrada principal ubicada al oeste, compuesta por tres arcos de medio punto apoyados en columnas de piedra aparente, en cuya parte superior se aprecia una cornisa corrida de cantera y, como remate, cuatro pináculos piramidales. El acceso lateral, localizado al norte, está formado por dos arcos de medio punto apoyados en columnas de piedra aparente, en cuya parte superior se aprecia una cornisa corrida de cantera y, como remate, cinco pináculos: tres piramidales al centro y dos esféricos en los extremos¹⁹ (figura 11).

Los terrenos ubicados en la parte trasera del templo pertenecieron al convento, pero en 1891 el párroco Pablo Ávila los adjudicó a particulares, porque “regaló el terreno a la gente pobre que no tenía donde vivir”.²⁰

18 El nombre de *porciúncula* hace referencia a la pequeña porción de tierra que recibió la Orden franciscana de los monjes de San Benito, en Italia, como dote, para que en ella levantaran su primer templo. También alude a la capilla donde tuvo revelaciones san Francisco de Asís, *vid.* Camacho, *op. cit.*, p. 558.

19 *Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles, Delegación Xochimilco*, Distrito Federal, México, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos-Instituto Nacional de Antropología e Historia-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 2007.

20 Archivo Histórico del Arzobispado de México (AHAM), *Base Próspero Ma. Alarcón*, caja 2, exp. 88, 1891.



Figura 11. Acceso principal del atrio.
Fotografía de Araceli Peralta Flores, 2014.



En 1968, el padre José Villicaña Valencia sustituyó un tramo de la barda atrial de piedra por una reja de hierro, y al atrio se le pusieron jardines. Durante los trabajos de mejoramiento urbano en el atrio de San Bernardino llevados a cabo en 1976-1977 por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) y la Dirección de Obras Públicas del Departamento del Distrito Federal (DDF), se encontraron, al parecer, restos de cimientos de las capillas posas en las esquinas noreste, suroeste y noroeste, hallazgo importante, que indica su posible existencia. Lamentablemente, los trabajadores destruyeron dichas evidencias, así como los pisos originales de los caminos procesionales localizados en el atrio, el sistema hidráulico de la huerta, la cimentación y la plataforma del siglo XVI de la puerta porciúncula y de la capilla de la Tercera Orden.²¹

21 Ana Julia Arroyo, *op. cit.*, pp. 92-93.

CLAUSTRO

El claustro es cuadrangular, con dos plantas; los corredores están delimitados por arcos de cantera de medio punto sostenidos por columnas toscanas de fuste liso y capitel sencillo. Entre 1561 y 1604 fue construido el convento²² (figura 12).

El patio del claustro, al igual que sucedió con los conventos de Morelos, debió tener una banqueta perimetral de piedra en la que había canales que confluían al centro donde estaba la fuente o pozo; de ahí el agua era conducida a la huerta a través de tubos de barro.²³ En la esquina sureste hay una escalera que conduce a la planta alta y en el lado norte, otra más pequeña; ambas datan de 1725 (figura 13 a la 16).



Figura 12. Vista panorámica del claustro tomada desde la esquina noroeste.
Fotografía de Bogart Olvera Martínez, 2014.

22 *Ibidem*, pp. 35, 40.

23 Ledesma, *op. cit.*, pp. 51-52.

El convento estuvo habitado por unos cuantos religiosos; aun así, en 1538 la orden franciscana de la Ciudad de México decidió quitar a los que estaban en Xochimilco, sin embargo, la población indígena se opuso “con ruegos y llantos” a esta determinación y lograron que se quedaran dos frailes. En 1569 moraban cuatro religiosos que tenían a su cargo el adoctrinamiento de 5 000 indios, cantidad que en 1585 aumentó a 6 000.²⁴

Figura 13. Acceso de la escalera ubicada en el muro norte del claustro. SECRETARIA DE CULTURA-INAH-México-Fototeca Constantino Reyes-Valerio. “Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia”.



24 Araceli Peralta Flores y Jorge Rojas Ramírez, *Xochimilco y sus monumentos históricos*, México, Pórtico de la Ciudad de México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2011, p. 52.

Figura 14. Interior de la escalera ubicada en el muro norte del claustro. Fotografía de Bogart Olvera Martínez, 2014.

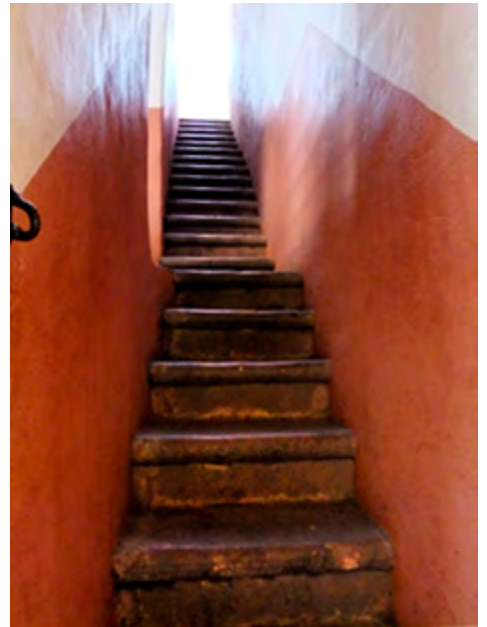


Figura 15. Vista de la esquina sureste del claustro. SECRETARIA DE CULTURA-INAH-México-Fototeca Constantino Reyes-Valerio. "Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia".





Figura 16. Vista de la esquina suroeste del claustro. Fotografía de Bogart Olvera Martínez, 2014.



Originalmente, el convento de San Bernardino tuvo dos claustros, de los cuales solo queda uno. El primero se inició en 1576 y se terminó en 1585;²⁵ el segundo estuvo bajo la supervisión de fray Francisco de Gamboa, guardián del convento, y se concluyó en 1604.

En 1609 tuvo su Colegio de Artes y Oficios, en el que se impartieron clases de retórica, teología, así como, según reza el nombre, artes y oficios. Los maestros eran del Colegio de Santa Cruz de Tlatelolco y abrieron un taller de escultura para los indígenas. El cronista Ixtlilxóchitl los consideró "grandes maestros de obras de arquitectura y carpintería, y otras artes mecánicas".²⁶ El colegio fue visto como uno de los más importantes del siglo xvii ("las hechuras de los santos, que allí se hacen celebradas, y México se provee de puertas, cajas, camas y ventanas de aquella ciudad").²⁷

25 Kubler, *op. cit.*, pp. 592-593.

26 *Idem*, p. 154, *apud*, Fernando de Alva Ixtlilxóchitl, *Obras históricas*, México, Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Nacional Autónoma de México, 1997.

27 Vetancurt, *op. cit.*, p. 56.

Para 1698 a los claustros se les agregaron huertas y jardines en sus patios; las celdas tenían cuatro dormitorios y una portería grande que sirvió como confesionario.²⁸ Hacia 1700 se terminó un conjunto de celdas. Ambos claustros fueron de dos niveles, con amplios corredores que comunicaban a los dormitorios, celdas, biblioteca, sala de meditación y dependencias.

Hacia 1893, el religioso Antonio Repiso, cura coadjutor, reportó a las autoridades eclesiásticas que en el convento solo tenía tres camas de hierro, otras de madera y sin colchón. Además, ahí vivía la familia de la directora de la escuela, compuesta por una mujer adulta encargada de los quehaceres de la casa, su hermana, como ayudante, y su hermano, que daba clases de dibujo, así como cuatro niñas pobres que recibían la ayuda del padre.²⁹

Sobre las intervenciones del conjunto conventual, el inmueble sufrió graves daños en la década de 1960, ante la falta de un proyecto integral de restauración. La Secretaría de Patrimonio Nacional (Sepanal), a cargo de Guillermo Lerdo de Tejada, señaló al respecto:

Se han colocado un lambrín y triplay en el vestíbulo que existe en el pórtico de entrada y el claustro anexo al templo citado, lo cual se ha hecho sin la autorización de esta Secretaría y desvirtuando señaladamente el carácter de este interesante monumento histórico [...] el sacerdote José Reyes encargado del inmueble ha ejecutado en el mismo templo, ex convento y atrio a su cuidado diversas obras sin contar con el permiso correspondiente y que asimismo no corresponde a la dignidad y estilo arquitectónico del conjunto mencionado, por el cual se procedió entonces a suspender las obras por la vía administrativa, como no se logró su acatamiento hubo que llegar al extremo de consignar la rebeldía a la Procuraduría de la República.³⁰

Los trabajos efectuados en 1963, durante la administración del párroco José Reyes Chaparro y su vicario Raúl Zurita Cárdenas, consistieron en la sustitución del piso del patio y el retiro de la antigua fuente. Al interior se quitó el ciprés neoclásico ubicado frente al altar mayor, se eliminaron los pasillos y balaustradas de caoba que estaban en los altares laterales y el piso de madera fue cambiado por otro de mármol. En 1965 Carlos Flores Marini intervino la fachada principal del templo y el acceso principal del atrio³¹ (figura 17).

28 *Ibidem*, p. 593; *vid. Vetancurt, op. cit.*, p. 57.

29 АНАМ, Base Próspero Ma. Alarcón, caja 23, exp. 28, 1893.

30 Archivo Geográfico de la Coordinación Nacional de Monumentos Históricos (AGCNMH), exp. *Templo y ex convento de San Bernardino de Siena*, 1917-1966.

31 AGCNMH, exp. *Templo y ex convento de San Bernardino de Siena, Barrio Santa Cruzita, Delegación Xochimilco*, D.F., leg. 1, 1917-1969.



Figura 17. Vista de la esquina noroeste del claustro durante los trabajos de intervención realizados en los años sesenta del siglo pasado en los que fueron destruidos muchos elementos arquitectónicos originales. SECRETARÍA DE CULTURA-INAH-México-Fototeca Constantino Reyes-Valerio. "Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia".



Las intervenciones continuaron durante varios años, hasta 1968. Entre 1977 y 1980, la entonces Dirección de Monumentos Coloniales, a través del arquitecto Ignacio Angulo, autorizó la demolición de las primarias "Ignacio Ramírez" y "Vicente Riva Palacio", construidas en la década de 1930 y ubicadas en la parte suroeste del atrio; asimismo, fueron restaurados los accesos y las calzadas procesionales. Hacia 1994 y 1995 la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue) supervisó las obras de cimentación del templo, la consolidación de la barda atrial y la fachada principal.³²

32 El deportivo se construyó en el pueblo de San Lorenzo Atemoaya; AGCNMH, exp. *Planificación de Xochimilco*, 1936; vid. AGCNMH, exp. *Templo y ex convento de San Bernardino de Siena, Col. Barrio de Santa Crucita, Delegación Xochimilco, 1971-1979*, leg. 2; AGCNMH, exp. *Relación de bienes inmuebles religiosos del centro y barrios de la Delegación Xochimilco*.

En el 2005, la Secretaría de Turismo del Gobierno del Distrito Federal llevó a cabo acciones, por medio de las empresas CAV Diseño e Ingeniería, S. A. de C. V., y Zare Construcciones, S. A. de C. V., enfocadas en la restauración de la fachada principal, arcada real, lateral y barda perimetral, portada lateral, cúpula, campanil y contrafuerte norte de la parroquia de San Bernardino de Siena. La supervisión y la asesoría técnica estuvieron a cargo de la arquitecta Mónica Ocejo, y la asesoría académica e histórica fue de Araceli Peralta.

CAPILLA ABIERTA, O PORTAL DE PEREGRINOS

La capilla abierta, o portal de peregrinos, está ubicada en el costado sur del templo de San Bernardino. Presenta dos arcos de medio punto trabajados en cantera, que se apoyan en columnas y rematan en una cornisa. Al interior hay una ventana tapiada con arco rebajado que posiblemente funcionó como nicho y un vano de acceso al bautisterio. La cubierta es de viguería y duela.³³ En la parte superior hay dos ventanas rectangulares, con jambas de piedra aparente, que corresponden al claustro, y sobre estas, dos gárgolas. Arriba de la capilla destaca un arco botarel que une al templo con la torre campanario (figuras 18 y 19).

Con el transcurrir de los años, la capilla fue modificada, quedando como espacio cerrado, por lo que funcionó como portal de peregrinos, donde descansaban los devotos al día de la fiesta patronal. Torquemada refiere que en sus muros existió un mural que mostraba la distribución en el atrio de los indígenas de cada barrio, pintura que mandó hacer fray Jerónimo de Mendieta.³⁴

³³ *Catálogo Nacional de Monumentos Históricos.*

³⁴ *Torquemada, op. cit., v. 5, p. 245.*



Figura 18. Capilla abierta con un agregado de principios del siglo XX. SECRETARIA DE CULTURA-INAH-México-Fototeca Constantino Reyes-Valerio. "Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia".



Figura 19. Capilla abierta que tiempo después funcionó como portal de peregrinos. Fotografía de César Altamirano, 2014.

CAPILLA DE LA TERCERA ORDEN

La capilla de la Tercera Orden se localiza al suroeste del templo de San Bernardino de Siena. Es de planta rectangular, tiene una cubierta mixta de cañón corrido, con una bóveda de pañuelo en la que están una linternilla y otra bóveda con nervaduras. La fachada principal presenta una portada compuesta por un cuerpo y un remate. La portada tiene un vano de acceso con arco rebajado, flanqueado por pilastras que rematan en una cornisa; el remate consta de una ventana rectangular y de un pequeño nicho con campana, ambos con su pretil de frontón roto (figuras 20 y 21).

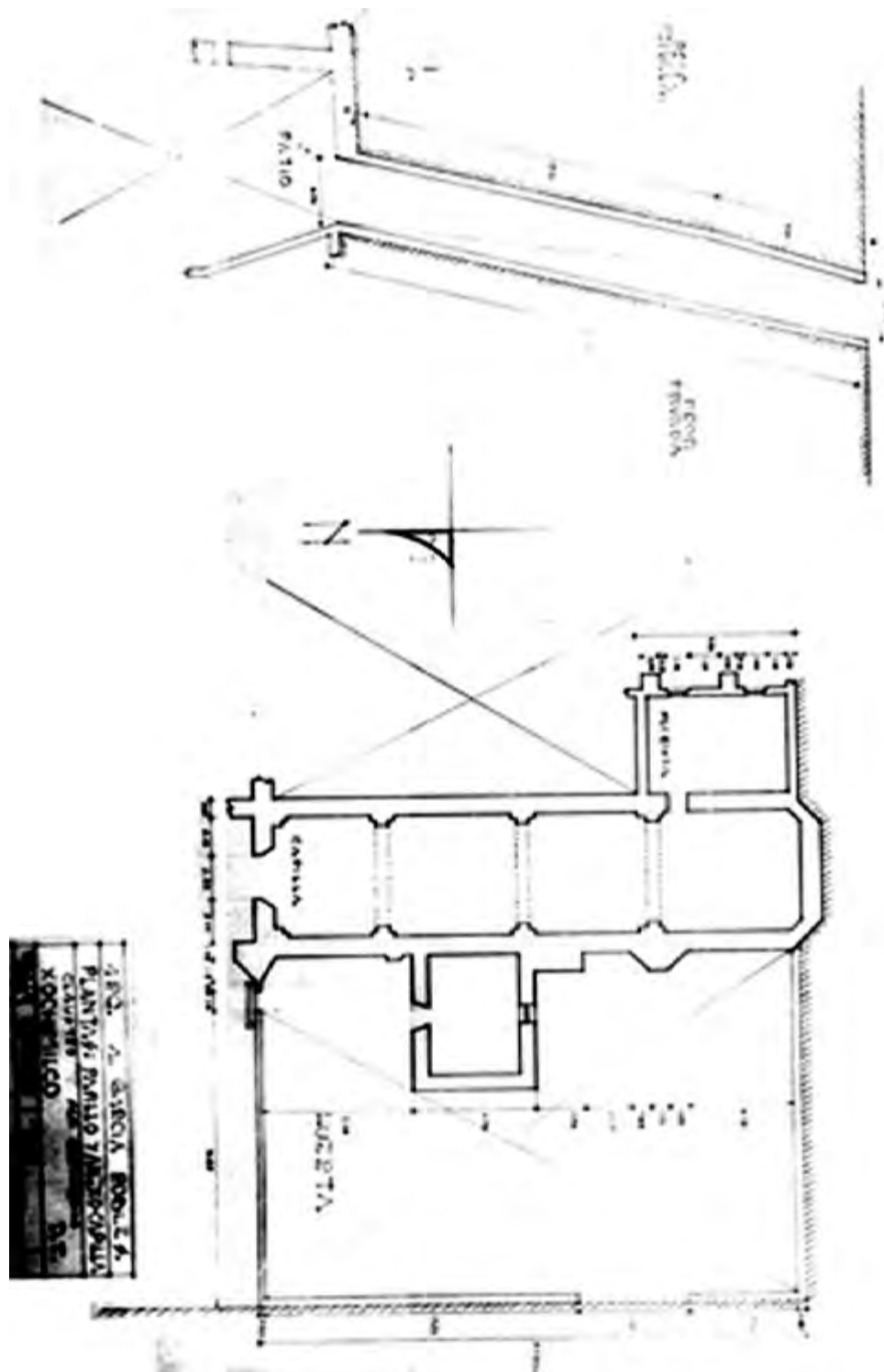


Figura 20. Planta arquitectónica de la capilla de la Tercera Orden elaborado por A. García Robles en 1966. SECRETARIA DE CULTURA-INAH-México-Fototeca Constantino Reyes-Valerio. "Reproducción autorizada por el Instituto Nacional de Antropología e Historia".





Figura 21. Cubierta mixta de la capilla de la Tercera Orden; el primer tramo es de bóveda de cañón corrido; el segundo, donde está una linternilla, de bóveda de pañuelo, y el tercero, de bóveda con nervaduras. Fotografía de Bogart Olvera Martínez, 2014.



El origen de la capilla está relacionado con la congregación de españoles laicos, denominada "Tercera Orden", que existió en Xochimilco en el siglo xvii, la cual buscaba la perfección espiritual en el mundo terrenal. Su patrón fue San Luis Rey de Francia, cuya fiesta celebraban en el templo de San Bernardino; posteriormente, en el siglo xviii, fue construida su capilla.³⁵ Los integrantes de la congregación eran enterrados en la Tercera Orden.

A mediados del siglo xx, las secretarías de Educación Pública (SEP) y de Gobernación (Segob) decidieron instalar una biblioteca en esta capilla y anexarla a las escuelas primarias "Ignacio Ramírez" y "Vicente Riva Palacio",³⁶ proyecto

35 Joaquín Praxedis Quesada, *La administración de la fe. Cofradías de Xochimilco, siglo xviii*, México, Delegación Xochimilco-Gobierno del Distrito Federal, 2006, p. 82; *vid. Vetancurt, op. cit.*, p. 57.

36 El edificio que albergó a las dos escuelas primarias fue demolido en 1974 por el Departamento Central.

que no se concretó. Más adelante, el párroco Eduardo González Aguilar hizo las gestiones para que la capilla regresara a la iglesia de San Bernardino: esta fue entregada a la curia en 1951 en muy malas condiciones, por lo que fue cerrada durante varios años. En 1953 fue restaurada con recursos aportados por Daniel Almazán, quien patrocinó la reconstrucción de la capilla, el altar, el órgano eléctrico, el mobiliario y los ornamentos sacerdotales.³⁷

EL TEOCALLI DE LA DIOSA CIHUACÓATL

En el lugar donde actualmente se encuentra el templo de San Bernardino de Siena estuvo el teocalli de la diosa Cihuacóatl, conocido como "Tilán", o "Tlilancalco", "casa oscura".³⁸ Fray Diego Durán refiere que fue venerada por los mexicas, pero, primordialmente, por los xochimilcas, quienes le hicieron un templo suntuoso; también fue patrona de los pueblos chinamperos de Culhuacan y Cuitláhuac (Tláhuac). La deidad tenía "boca muy grande abierta y los dientes regañados, tenía en la cabeza una cabellera grande y larga, y un hábito de mujer, todo blanco de enaguas, camisa y manto".³⁹

Se la relaciona con la maternidad, la guerra, el sacrificio, la muerte, la lluvia y la fertilidad de la tierra. Cihuacóatl fue diosa del pueblo otomí, antes que de los mexicas; su culto fue introducido a Tenochtitlan en 1430, después de la conquista militar de Cuitláhuac. La apropiación de esta diosa por los mexicas simbolizó el control de toda la región chinampera.⁴⁰

El cronista de Xochimilco, Rodolfo Cordero López, fue el primero en señalar que el teocalli de Cihuacóatl estuvo donde hoy se encuentra el templo de San Bernardino de Siena; sin embargo, no da argumentos para validar su propuesta. Por ello, en este estudio hacemos referencia a varios indicadores que confirman lo dicho por él, entre ellos, un testimonio de principios del siglo xvii de fray Juan de Torquemada, quien menciona que "en lo alto de la capilla mayor (de Xochimilco) ponían (los indios) ciertas figuritas, labradas de piedra".⁴¹ A principios

37 Santos Acevedo, *Xochimilco. Su historia. Sus leyendas*, México, Ediciones Navarra, Patronato del Centro Histórico de Xochimilco, Compañía Artística Tlatemoani, 2007, p. 210; vid. Archivo Histórico de Xochimilco (AHX), periódico *El Herald*, Xochimilco, año 1, núm. 4, junio de 1953.

38 Rodolfo Cordero, *Xochimilco, tradiciones y costumbres*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 2001, p. 92.

39 Fray Diego Durán, *Historia de las Indias de Nueva España e islas de la Tierra Firme*, vol. 1, México, Porrúa, p. 125.

40 Druzo Madonado Jiménez, *Deidades y espacio ritual en Cuauhnáhuac y Huaxtepec. Tlahuicas y xochimilcas de Morelos (siglos xii-xvi)*, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas-Universidad Nacional Autónoma de México, 2000, pp. 67-68.

41 Torquemada, *op. cit.*, lib. xx, cap. xxi, vol. 6, p. 190

del siglo xx fueron encontrados varios ídolos en las paredes laterales del templo católico que estaban ocultos debajo del piso de madera de la balaustrada de madera que protegía los retablos; los ídolos fueron llevados al bautisterio y, al poco tiempo, desaparecieron.⁴²

Otro indicador de la existencia del teocalli son las piedras prehispánicas en forma de espiral adosadas a la torre campanario: al parecer, representan remolinos de agua. No hay estudios sobre el significado de estos diseños, no obstante, considero que podrían simbolizar “lo precioso” del agua, por ser el líquido vital para el hombre y la Tierra (figura 22).



Figura 22. Piedras prehispánicas que representan remolinos de agua adosadas en la torre campanario. Fotografía de César Altamirano Peralta, 2014.



42 Cordero, *op. cit.*, p. 92.

En la parte superior de la fachada principal del templo de San Bernardino, están empotrados 10 chalchihuites, “lo precioso”, que aluden al jade y a lo valioso del agua y la tierra. Son círculos concéntricos que posiblemente adornaron el Tecpan de Xochimilco, casa de gobierno indígena,⁴³ el cual pudo haber estado ubicado cerca del teocalli de la diosa Cihuacóatl. Al ser destruido por los españoles, los chalchihuites fueron reutilizados y colocados en el friso del templo de San Bernardino de Siena.

Los templos prehispánicos, como el de Cihuacóatl, estuvieron orientados hacia las montañas más prominentes, donde sale o se oculta el sol, ya que se creía que ahí estaba la morada de los dioses. También estaban alineados hacia “determinados eventos astronómicos, que se efectuaban atrás de las altas cimas y que marcaban días importantes dentro [del] calendario civil, agrícola y ritual [de los hombres de aquella época]”.⁴⁴

Aprovechando la precisión del levantamiento arquitectónico 3D del templo de San Bernardino de Siena, se decidió utilizar los puntos georreferenciados para contribuir a la confirmación de la existencia del teocalli de Cihuacóatl.

PLANOS DE ALINEAMIENTOS ARQUEASTRONÓMICOS

El templo de San Bernardino de Siena heredó la antigua orientación del teocalli de Cihuacóatl, lo cual ha sido demostrado por Rafael Zimbrón con base en el registro de alineamientos arqueoastronómicos, que son “las líneas visuales entre asentamientos, iglesias, poblados, cerros y sitios en que nos podemos ubicar y en cada uno de ellos podemos observar una idéntica posición de salida o puesta del sol en los mismos puntos destacados del horizonte”.⁴⁵

Arturo Montero menciona que los indígenas buscaron señalamientos en el paisaje como base de orientación temporal, lo que permitió la construcción del tiempo a través del espacio geográfico.⁴⁶ Este es el caso del templo de San Bernardino de Siena, cuyo altar, de acuerdo con las investigaciones de Zimbrón, está orientado hacia “el pecho” del Iztaccíhuatl, que representa a la diosa Cihuacóatl en el paisaje.⁴⁷

43 Información proporcionada por el arqueólogo Alfonso Araiza Gutiérrez.

44 Juan Rafael Zimbrón, “El altar de la iglesia de San Bernardino de Siena y su relación con el volcán Iztaccíhuatl”, *Nosotros*, núm. 71 (México), 2004, p. 18.

45 Juan Rafael Zimbrón, *Paisajes tallados en piedra en Xochimilco y Milpa Alta*, México, Ediciones Fuente Cultural, 2010, p. 188.

46 Ismael Arturo Montero García, *Los símbolos de las alturas*, tesis de doctorado en Antropología, México, Escuela Nacional de Antropología e Historia-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2005, pp. 17-18.

47 Juan Rafael Zimbrón, “Observaciones calendáricas de las salidas del sol detrás del Iztaccíhuatl y el Popocatepetl durante el solsticio de invierno”, en Beatriz Barba de Piña Chán (coord.), *Iconografía mexicana III. Las representaciones de los astros*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2002, p. 101.

El objeto de este apartado es confirmar con una diferente metodología el alineamiento arqueoastronómico que va del templo de San Bernardino de Siena al volcán Iztaccíhuatl, el cual ha sido registrado y estudiado por los especialistas Frank Tichy, Ivan Sprajc y Rafael Zimbrón,⁴⁸ así como confirmar otro alineamiento arqueoastronómico, que va del templo de Xaltocán al volcán Popocatepetl, descubierto por Rafael Zimbrón (plano 1), y comprobar un alineamiento visual —no solar— que une a los templos de San Bernardino y de Xaltocán, y al montículo El Mirador, ubicado en el pueblo de San Lucas Xochimanca (plano 2): este alineamiento une tres importantes espacios ceremoniales de época prehispánica, el principal de los cuales corresponde al teocalli de la diosa Cihuacóatl, hoy templo de San Bernardino de Siena.

La metodología que utilizamos para georreferenciar los alineamientos arqueoastronómicos fue generada en el Laboratorio de Imagen y Análisis Dimensional (LIAD) de la CNMH. Los resultados se muestran en los planos 1 y 2, que contribuyen a ampliar los conocimientos sobre este tema para la región de Xochimilco.

El arquitecto Apolo Balarama Ibarra Ortiz elaboró los planos 1 y 2 con la siguiente metodología:

Se elaboraron tres planos que confirman alineamientos a partir de los puntos georreferenciados ubicados en la zona de estudio. El primero corresponde a una línea poniente-oriente que va del segundo contrafuerte ubicado en el muro norte del templo de San Bernardino al volcán Iztaccíhuatl. El segundo es una línea poniente-oriente que va del contrafuerte localizado en la esquina noreste del muro norte del templo de Xaltocán al volcán Popocatepetl. El tercero es una línea norte-sur que va de la cubierta del templo de San Bernardino al templo de Xaltocán y termina en el montículo prehispánico de El Mirador. Los resultados del levantamiento topográfico y estudio arqueoastronómico se observan en los planos 1 y 2.

Se registraron 36 posiciones del escáner láser, para generar el modelo 3D nube de puntos y georreferenciarlos en el programa AUTOCAD. Se trazó el primer alineamiento de la esquina norponiente del segundo contrafuerte de la fachada norte del templo de San Bernardino con la salida del sol el día 24 de febrero en relación con el volcán Iztaccíhuatl y la zona arqueológica IZ-17. Se trazó el segundo alineamiento desde el contrafuerte del templo de Xaltocán con la salida del sol el día 21 de diciembre y la zona arqueológica PO-02 del volcán Popocatepetl.

Para completar el estudio y determinar la hora de la salida del sol con respecto al alineamiento, se trabajó en el programa Stellarium Portable versión 0.11.2, que localiza la coordenada geográfica. En la ventana de herramientas se configuraron las opciones de “eliminación de atmósfera”,

48 Zimbrón, “El altar de la iglesia de San Bernardino de Siena...”, *op. cit.*, p. 19.

“cuadrícula azimutal” y la de “fecha y hora”, obteniendo como resultado los grados exactos en cuadrícula azimutal en donde el sol sale al amanecer con relación a los puntos cardinales y con este dato se pudo trazar una línea en el programa AUTOCAD con la ayuda de una calculadora convertidor de coordenadas geográficas a UTM.

Los resultados de esta metodología quedaron plasmados en el levantamiento topográfico y análisis arqueoastronómico de los planos 1, 2 y de imagen obtenidas en Google Earth para el estudio del templo y antiguo convento de San Bernardino de Siena de la CNMH-INAH.⁴⁹

PLANO 1

Muestra dos alineamientos arqueoastronómicos georreferenciados: el primero, del templo de San Bernardino de Siena al volcán Iztaccíhuatl, y el segundo, del templo de Xaltocán al volcán Popocatepetl (figura 23).

El primer alineamiento arqueoastronómico va del templo de San Bernardino de Siena al volcán Iztaccíhuatl y está señalado en el plano 1 por dos líneas (negra y roja), cuyo origen es el templo. La primera línea poniente-oriente (negra) va del segundo contrafuerte, ubicado en el muro norte del templo de San Bernardino, hacia “la cabeza” del Iztaccíhuatl y pasa cerca del sitio arqueológico IZ-17 registrado por Montero.⁵⁰

Zimbrón señala que este contrafuerte funciona como marcador del evento arqueoastronómico que sucede cada 24 de febrero y que la fecha corresponde al primer nemontemi, que es uno de los cinco días adicionales que servían para ajustar y cerrar el ciclo solar anual.⁵¹

El arqueoastrónomo Ivan Sprajc, igualmente, registró dos alineamientos solares, el 24 de febrero y el 17 de octubre, pero no sabemos cuál fue el punto de referencia que tomó del templo de San Bernardino, de ahí que en sus observaciones mencione que en ambas fechas el sol sale detrás de “el pecho” del Iztaccíhuatl, “fenómeno visual que simula que la mujer dormida da a luz un ser astral”. La línea pasa cerca del sitio arqueológico IZ-01 registrado por Montero.⁵²

La segunda línea poniente-oriente (roja) va de los contrafuertes de la fachada norte del templo de San Bernardino hacia “el pecho” del Iztaccíhuatl (figura 24).

49 La metodología fue escrita por el arquitecto Apolo Balarama Ibarra Ortiz.

50 En este sitio arqueológico se realizaron ofrendas, autosacrificios y rituales, Montero, *op. cit.*

51 *Idem.*

52 En este sitio arqueológico se realizaron ofrendas, autosacrificios y rituales. Entre los materiales encontrados destacan los cetros rayo/serpiente, las efigies de Tláloc, instrumentos musicales, cuentas de jade, entre otros. Montero, *op. cit.*

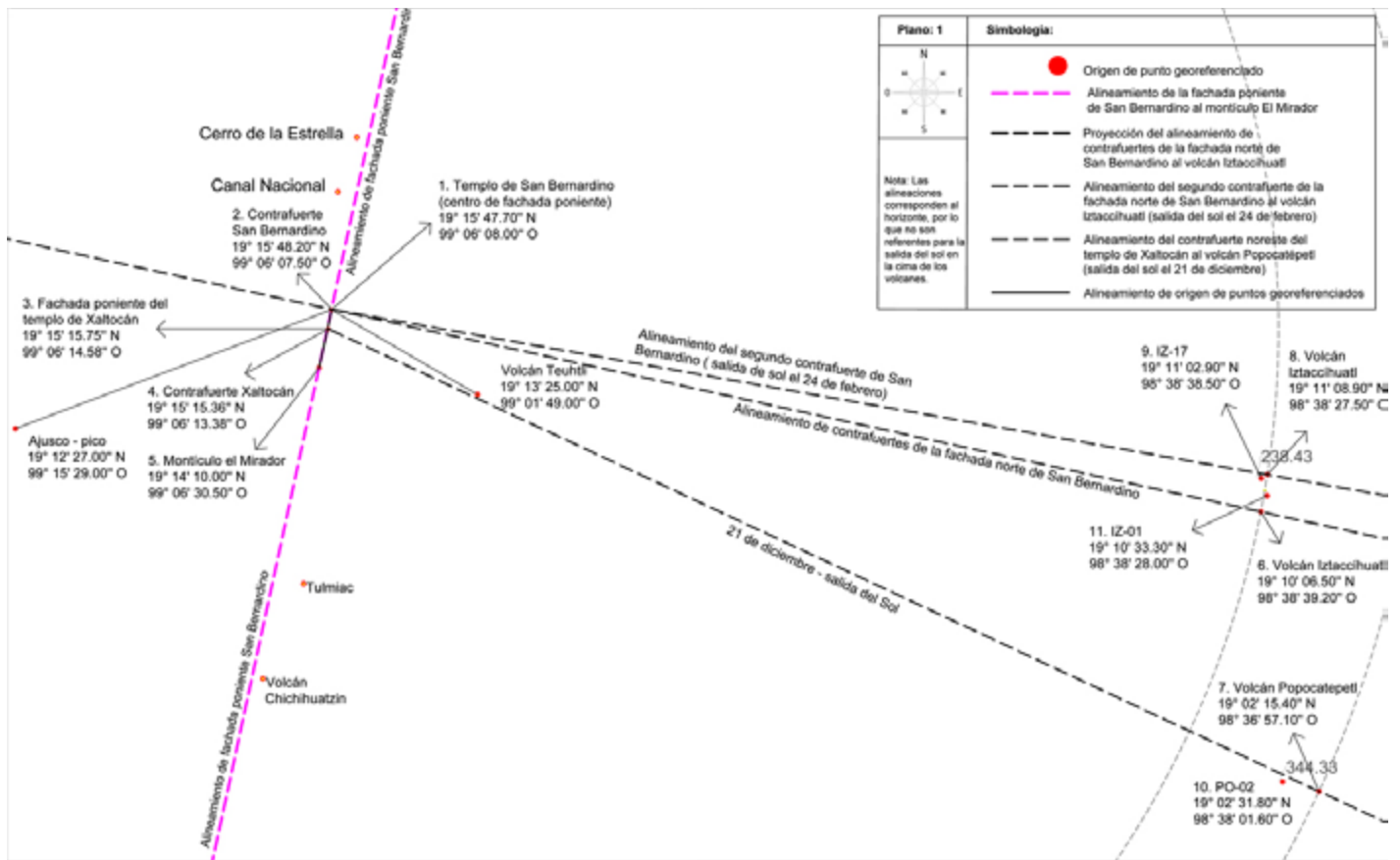


Figura 23. Plano 1, que muestra dos alineamientos arqueoastronómicos: del templo de San Bernardino de Siena al volcán Iztaccíhuatl y del templo de Xaltocán al volcán Popocatepetl. Plano elaborado por Apolo Balarama Ibarra Ortiz, 2015.

En el LIAD-CNMH, el arquitecto Apolo Ibarra, con la asesoría del geógrafo Sergio Fabián Carrasco Jasso, realizó el análisis de los alineamientos arqueoastronómicos, para lo cual se utilizó el programa Stellarium Portable versión 0.11.2, que es un *software* que permite calcular la posición del sol, la luna y las estrellas. Con esta herramienta se obtuvo la ubicación de la salida del sol detrás del Iztaccíhuatl para el 24 de febrero, por lo que el alineamiento arqueoastronómico de San Bernardino de Siena a “la cabeza” del Iztaccíhuatl es a las 7:00 a. m. en el horizonte a los 0°. El sol continúa su trayectoria oblicua para posicionarse a las 7:24”.48’ a. m. en la cima justo a la altura de “el pecho” del Iztaccíhuatl, como lo observó Sprajc.

La metodología que utilizó el geógrafo Sergio F. Carrasco para determinar la hora en que el sol se ubica en la cima del Iztaccíhuatl consistió en hacer un cálculo del ángulo de la tangente a través de las identidades trigonométricas trazando un triángulo rectángulo en donde:

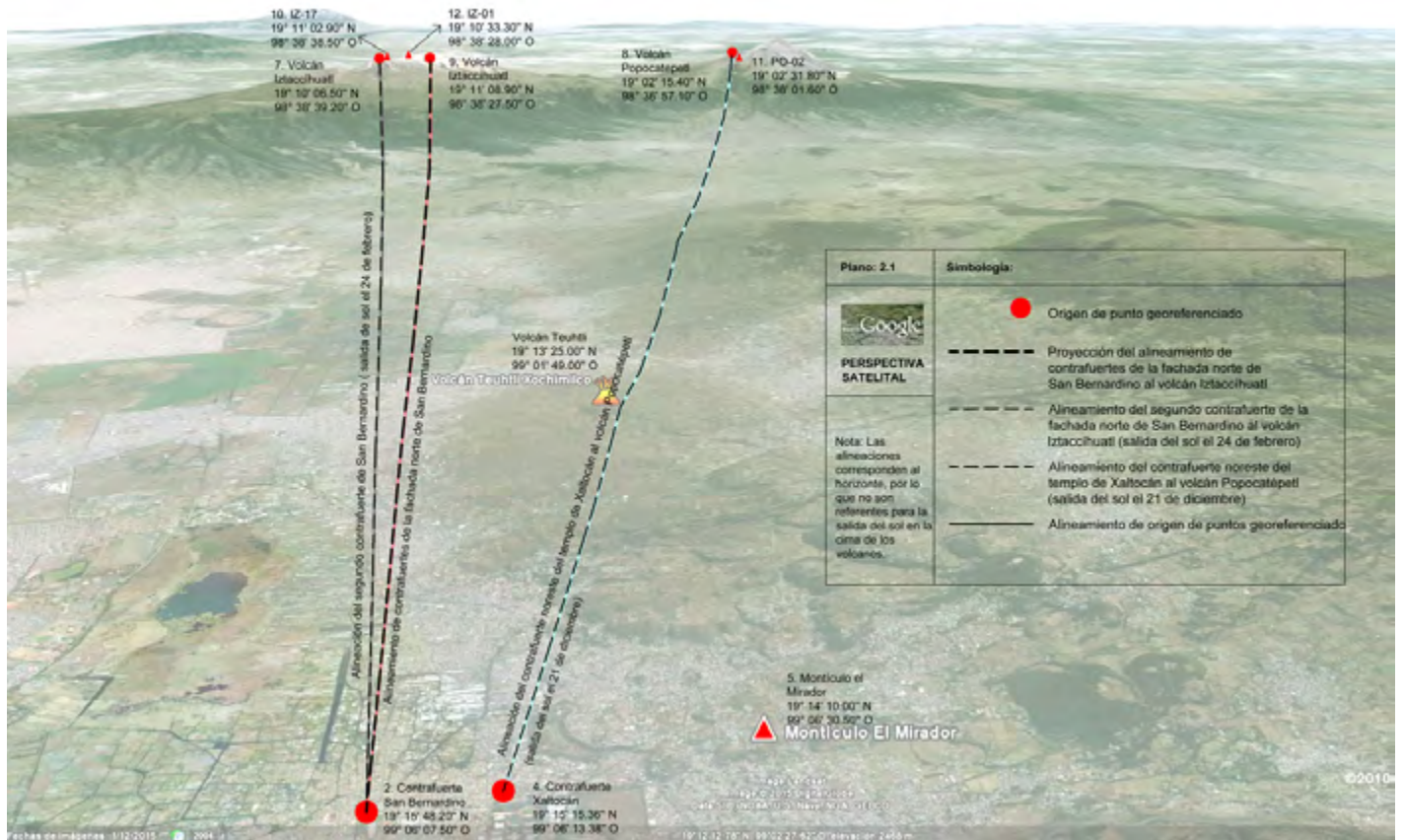


Figura 24. Perspectiva satelital del plano 1 con los alineamientos arqueoastronómicos obtenidos del análisis de coordenadas geográficas en Google Earth y el programa Stellarium, elaborado por Apolo Balarama Ibarra Ortiz, LIAD, 2015.



El vértice "B" corresponde al punto de ubicación del conjunto conventual de San Bernardino de Siena, Xochimilco. El vértice "A" es el horizonte o nivel de base del volcán Iztaccíhuatl. El vértice "C" es el punto más alto de la montaña. Para calcular cuántos grados avanzó el sol dentro de su movimiento aparente desde su salida en el horizonte ese día a las 7:00 a. m. hasta el punto más alto se tomaron los siguientes valores: a = tangente del ángulo, b = 5 286 m, c = 49 220 m.

$$\operatorname{tg} B = \frac{\operatorname{sen} B}{\operatorname{cos} B} = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto contiguo}} = \frac{b}{c}$$

Para obtener la tangente del ángulo "B" se hizo sustitución de valores $\text{tg}B = 5286/49220$ por lo tanto $\text{tg}B = 0.10739537$ m. Para calcular el valor obtenido de la tangente del ángulo "B" en grados se usó la función inversa tang^{-1} de 0.10739537 m = 6.12980° . Tomando en cuenta que la rotación terrestre se lleva a cabo de oeste a este con una variación de 1° por cada 4 segundos sumado a un movimiento aparente del sol, obtenemos $6.12^\circ \times 4 = 24''.48'$, por lo que la ubicación del sol en el punto más alto del volcán para el día 24 de febrero es a las $7:24''.48'$ a. m.⁵³ (figuras 25 a la 28).



Figura 25. Alineamiento de la salida del sol a las 7:00 a. m. del 24 de febrero de 2014 que va del segundo contrafuerte del templo de San Bernardino de Siena a "la cabeza" del volcán Iztaccíhuatl. Fotografía de Araceli Peralta Flores.



53 La metodología fue escrita por el geógrafo Sergio Fabián Carrasco Jasso.

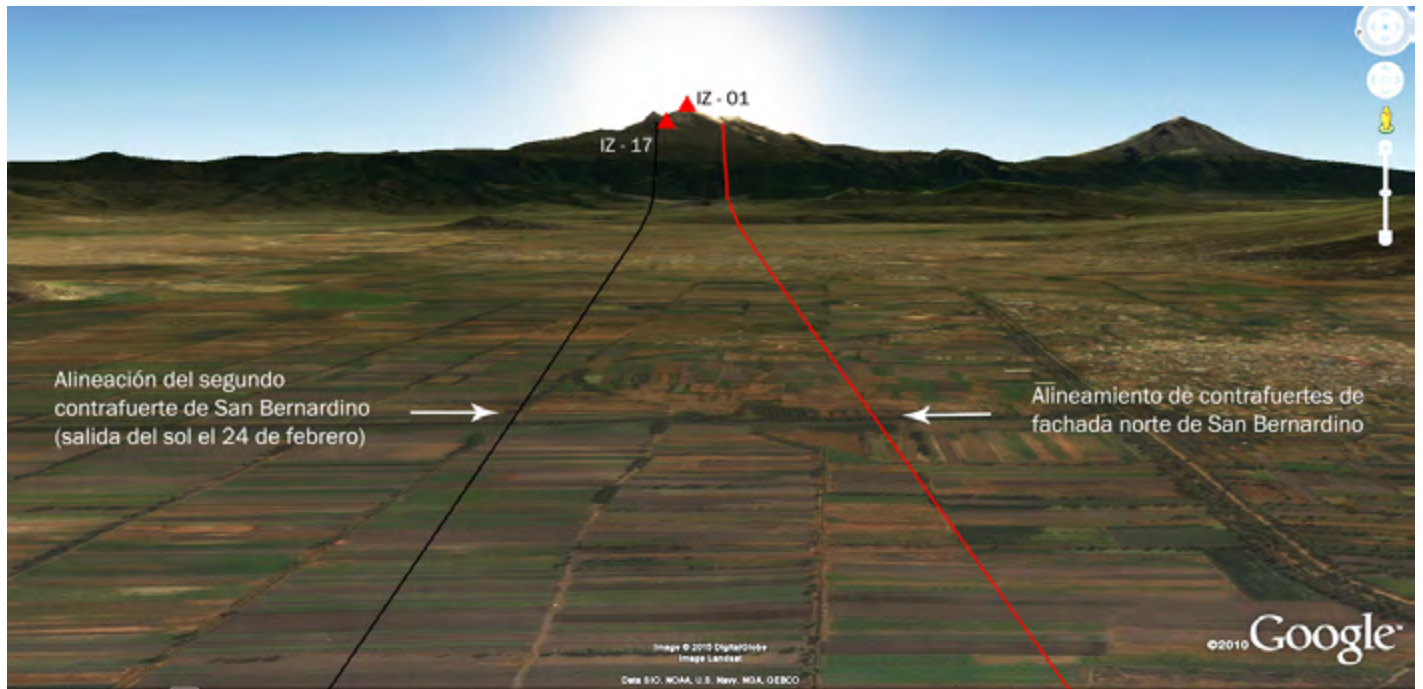


Figura 26. Alineamiento arqueoastronómico del templo de San Bernardino de Siena al volcán Iztaccíhuatl en el amanecer del 24 de febrero del 2014 a las 7:24".48' a. m., en donde el sol sale a la altura del "pecho" del Iztaccíhuatl, cerca del sitio arqueológico IZ-01. Alineamiento en el programa Google Earth elaborado por el arquitecto Apolo Balarama Ibarra Ortiz, con la asesoría del geógrafo Sergio Fabián Carrasco Jasso.



El segundo alineamiento arqueoastronómico (línea azul del plano 1) va del templo de Xaltocán al volcán Popocatepetl.⁵⁴ El día 21 de diciembre, que corresponde al solsticio de invierno, se forma una línea poniente-oriental que va del contrafuerte localizado en la esquina noreste del templo de Xaltocán hacia el Popocatepetl; a las 7:34" a. m. los primeros rayos del sol iluminan el relieve prehispánico con forma de cabeza de perro que está empotrado en el contrafuerte.

El resultado de este estudio indica que el alineamiento solar pasa cerca del sitio arqueológico PO-02 "Nexpayantla", ubicado en el Popocatepetl y registrado por Montero;⁵⁵ asimismo, se corroboró, lo que descubrió Zimbrón: que el templo de Xaltocán conservó la orientación arqueoastronómica del antiguo teocalli que existió ahí (figuras 27 y 28).

54 Rafael Zimbrón descubrió este alineamiento arqueoastronómico.

55 En este sitio arqueológico se registraron: un *tetzacualco*, construcción rectangular burda hecha de piedra alineada a la salida del sol durante el equinoccio, y *xicallis*, pequeños depósitos de piedra donde era derramaba la sangre del autosacrificio. Fue un sitio de ofrendas para rituales propiciatorios de lluvia con manejo de un marcador astronómico. Montero, *op. cit.*

Figura 27. Contrafuerte ubicado en la esquina noreste del templo de Xaltocán, que funcionó como marcador solar del solsticio de invierno. El relieve prehispánico con forma de cabeza de perro es iluminado por los primeros rayos del sol a las 7:34" a. m., cada 21 de diciembre. El alineamiento arqueoastronómico va de este templo al volcán Popocatepetl. Fotografía de Araceli Peralta Flores, 2014.

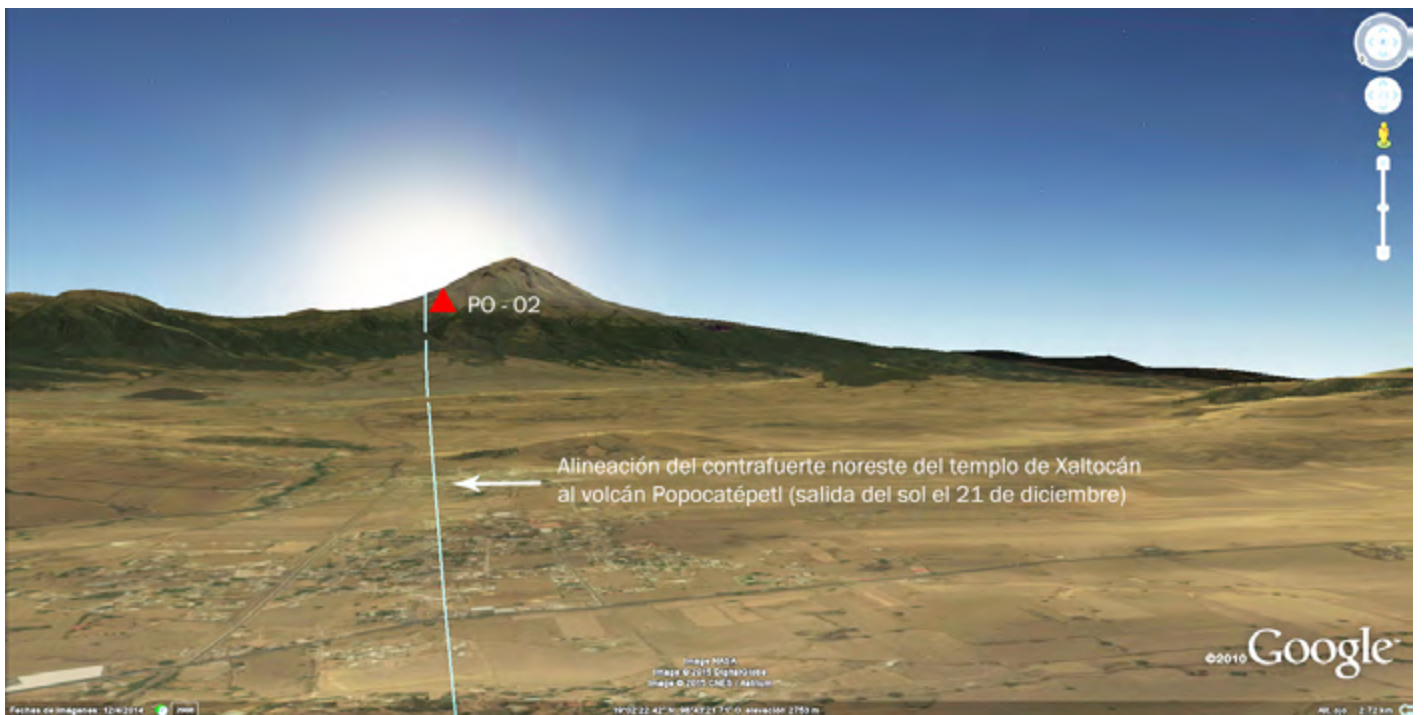


Figura 28. Alineamiento arqueoastronómico del templo de Xaltocán al volcán Popocatepetl en el amanecer del 21 de diciembre de 2014, a las 7:34" a. m., en donde el sol sale por la ladera norte del Popocatepetl, cerca del sitio arqueológico PO-02. Alineamiento en el programa Google Earth elaborado por el arquitecto Apolo Balarama Ibarra Ortiz, con asesoría del geógrafo Sergio Fabián Carrasco Jasso.

PLANO 2

Se hizo para confirmar si existe un alineamiento georreferenciado entre el templo de San Bernardino de Siena (teocalli de Cihuacóatl), el templo de Xaltocán (donde existió otro teocalli) y el montículo prehispánico El Mirador, ubicado en el pueblo de San Lucas Xochimanca.

Se procedió a trazar una línea norte-sur (azul) a partir de puntos georreferenciados en el programa AUTOCAD; el resultado ratificó que existió un alineamiento desde época prehispánica entre estos tres elementos, con un pequeño desfase de 1° a la altura del templo de Xaltocán (figura 29).

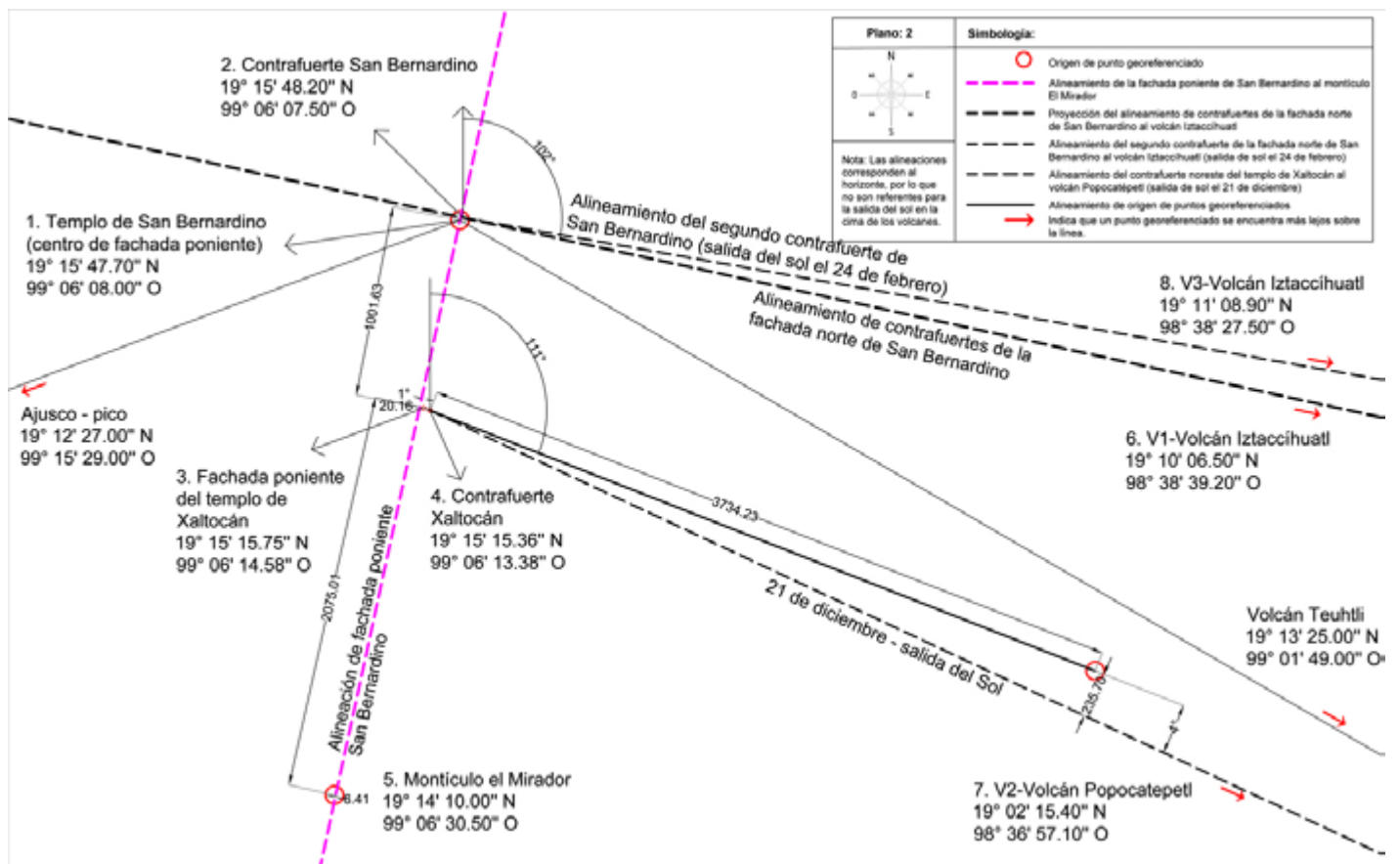


Figura 29. Plano 2, que muestra el alineamiento georreferenciado entre el templo de San Bernardino de Siena (teocalli de Cihuacóatl), el templo de Xaltocán (donde existió otro teocalli) y el montículo prehispánico El Mirador, ubicado en el pueblo de San Lucas Xochimanca. Plano elaborado por Apolo Balarama Ibarra Ortiz, LIAD, 2015.



El templo de San Bernardino de Siena presenta otros alineamientos visuales (que no están en los planos) desde varios sitios arqueológicos ubicados en la zona cerril de Xochimilco, entre ellos, el sitio 42 en San Mateo Xalpa, el petrograbado Nahui Ollin en Santa Cruz Acalpixca, "el asiento" en el cerro Xochitepec, así como desde antiguos caminos, como el de Topilejo-San Mateo Xalpa y Santiago Tepalcatlalpa-Ajusco. Estos alineamientos son indicadores de la ubicación del teocalli de Cihuacóatl, hoy templo de San Bernardino de Siena.

Cabe mencionar que en el predio donde se construyó una tienda de electrodomésticos, ubicada en la calle Hidalgo núm. 14, centro de Xochimilco, el arqueólogo Gonzalo Díaz observó que varios entierros Azteca I y Azteca II estaban orientados hacia el templo de San Bernardino.⁵⁶

56 Arturo Talavera, et al., "Análisis bioarqueológico de los restos óseos del Proyecto Arqueológico, Calle Hidalgo 14, Xochimilco Centro", conferencia presentada en el Seminario Taller de Arqueología de la Cuenca de México, Dirección de Salvamento Arqueológico, 2014.

CONCLUSIONES

La aplicación de nuevas tecnologías en la investigación de los monumentos históricos favorece la producción de información muy precisa; muestra de ello es el caso del levantamiento arquitectónico con la tecnología escáner láser de los exteriores del conjunto conventual de San Bernardino de Siena, que coloca al inmueble en un lugar especial por razón de que los datos obtenidos servirán como un referente para el estudio de otros conventos del siglo XVI, principalmente, en lo que respecta al registro de las cotas exactas del templo.

El contexto histórico, arquitectónico y arqueológico fue fundamental como soporte de la base de datos digital, información que podrá ser utilizada para futuros trabajos de investigación, intervención y restauración del inmueble.

Entre los resultados obtenidos están: la elaboración de levantamientos arquitectónicos con exactitud milimétrica, el registro de dimensiones y volúmenes reales de cada elemento arquitectónico y la creación de una base de datos digital.

La georreferenciación del templo puede tener otras aplicaciones: es el caso de la elaboración de dos planos que registran alineamientos arqueoastronómicos, los cuales confirman que el templo de San Bernardino conservó la ubicación y orientación prehispánicas del teocalli de la diosa Cihuacóatl.

La base de datos generada con el escáner láser es tan amplia que se podrán desarrollar a corto plazo otros temas de investigación, como el análisis de los daños estructurales y la presentación del recorrido virtual 3D del exterior del templo de San Bernardino.

Este estudio demuestra que el escáner láser es una herramienta que permite generar documentos de gran valor sobre el patrimonio arquitectónico.

FUENTES DOCUMENTOS DE ARCHIVO

Archivo General de la Nación (AGN), *Indios*, v. 6, exp. 1040, 1595.

Planificación de Xochimilco, 1936, Delegación Xochimilco, Archivo Geográfico Jorge Enciso, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Relación de bienes inmuebles religiosos del centro y barrios de la Delegación Xochimilco, Archivo Geográfico Jorge Enciso, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Templo y ex convento de San Bernardino de Siena, Xochimilco, 1917-1966, Archivo Geográfico Jorge Enciso, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Templo y ex convento de San Bernardino de Siena, Barrio Santa Crucita, Delegación Xochimilco, D. F., 1917-1969, leg. 1, Archivo Geográfico Jorge Enciso, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Templo y ex convento de San Bernardino de Siena, Colonia Barrio de Santa Crucita, Delegación Xochimilco, 1971-1979, leg. 2, Archivo Geográfico Jorge Enciso, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes-Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Base Próspero Ma. Alarcón, 1891, caja 2, exp. 88, Archivo Histórico del Arzobispado de México.

Base Próspero Ma. Alarcón, 1893, caja 23, exp. 28, Archivo Histórico del Arzobispado de México.

Periódico *El Herald*o, Xochimilco, junio de 1953, año 1, núm. 4, Archivo Histórico de Xochimilco.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo López y de la Cruz, Santos, *Xochimilco. Su historia. Sus leyendas*, México, Ediciones Navarra, Patronato del Centro Histórico de Xochimilco, Compañía Artística Tlatemoani, 2007.

Aguilera, Carmen, "Cihuacóatl, diosa de la fertilidad", *Diario de Campo* (México, Instituto Nacional de Antropología e Historia), 2012, pp. 4-7.

Arroyo Urióstegui, Ana Julia, *Un convento del siglo XVI en el siglo XX, San Bernardino de Siena, Xochimilco*, tesis de maestría en Historia del Arte, México, Facultad de Filosofía y Letras-Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.

Boletín de Monumentos Históricos, núm. 2 (México, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos-Instituto Nacional de Antropología e Historia), 1979.

Camacho Cardona, Mario, *Diccionario de arquitectura y urbanismo*, México, Trillas, 2001.

"Cambiamos paradigmas del plano a la orto-imagen con tecnología de escáner láser", *CAV Diseño e Ingeniería*.

Cardenal Escarcena, Javier et al., *Técnicas fotogramétricas y de escáner láser terrestre aplicadas a la documentación y valoración del patrimonio histórico*, Jaén, CICUM, Universidad de Jaén, 2010.

Catálogo Nacional de Monumentos Históricos Inmuebles, Delegación Xochimilco, Distrito Federal, México, Coordinación Nacional de Monumentos Históricos-Instituto Nacional de Antropología e Historia-Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 2007.

Ciudad Real, Antonio de, *Tratado curioso y docto de las grandezas de la Nueva España*, 2 vols., México, Instituto de Investigaciones Históricas-Universidad Nacional Autónoma de México, 1976.

Cordero López, Rodolfo, *Xochimilco, tradiciones y costumbres*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 2001.

Dávila Martínez, Francisco Javier y Elena Camacho Arranz, "Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de Archivos y Cartotecas. Propuesta metodológica", en *Vibercarto*, Santander, Universidad de Cantabria, 2012, pp. 1-9.

Durán, Fray Diego, *Historia de las Indias de Nueva España e islas de la Tierra Firme*, 2 vols., México, Porrúa, 2006.

García Granados, Rafael, *Xochimilco*, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1934.

Kubler, George, *Arquitectura mexicana del siglo XVI*, 2.^a ed., México, Fondo de Cultura Económica, 1983.

Ledesma Gallegos, Laura, *Tradición y expresión de los patios en los claustros novohispanos. Cuatro estudios de caso*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2009.

Maldonado Jiménez, Druzo, *Deidades y espacio ritual en Cuauhnáhuac y Huaxtepec. Tlahuicas y xochimilcas de Morelos (siglos XII-XVI)*, México, Instituto de Investigaciones Antropológicas-Universidad Nacional Autónoma de México, 2000.

Mendieta, Jerónimo de, *Historia eclesiástica indiana*, México, Porrúa, 1971.

Montero García, Ismael Arturo, *Los símbolos de las alturas*, tesis de doctorado en Antropología, México, Escuela Nacional de Antropología e Historia-Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2005.

Peralta Flores, Araceli, "San Bernardino de Siena, Xochimilco, a través de su arquitectura", *Revista Crisol Mágico del Sur*, año 2, núm. 6, 2012, pp. 16-17.

Peralta Flores, Araceli y Jorge Rojas Ramírez, *Xochimilco y sus monumentos históricos*, México, Pórtico de la Ciudad de México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1992.

Peralta Flores, Araceli, *Xochimilco y su patrimonio cultural. Memoria viva de un pueblo lacustre*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2011.

Praxedis Quesada, Joaquín, *La administración de la fe. Cofradías de Xochimilco, siglo XVIII*, México, Delegación Xochimilco-Gobierno del Distrito Federal, 2006, pp. 77-79.

Praxedis Quesada, Joaquín, "Templo y ex convento de San Bernardino, su valor histórico y cultural", en Ciro Caraballo Perichi (coord.), *Xochimilco. Un proceso de gestión participativa*, México, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2006.

Rojas, Jorge, *Configuración estructural de la arquitectura del siglo XIX*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2002.

Sánchez Lujano, Ana María, "La parroquia de San Bernardino de Siena, su restauración", *Revista Xochimilco. Ayer y Hoy*, núm. 13 (México), 2006, pp. 11-12, 22.

Sprajc, Ivan, *Orientaciones astronómicas en la arquitectura prehispánica del centro de México*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2001.

Torquemada, Juan de, *Monarquía indiana*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1977.

Vetancurt, Agustín de, *Teatro mexicano*, México, Porrúa, 1982.

Zimbrón Romero, Juan Rafael, "El altar de la iglesia de San Bernardino de Siena y su relación con el volcán Iztaccíhuatl", *Nosotros*, núm. 71 (México), 2004, pp. 18-19.

Zimbrón Romero, Juan Rafael, "Observaciones calendáricas de las salidas del sol detrás del Iztaccíhuatl y el Popocatepetl durante el solsticio de invierno", en Beatriz Barba de Piña Chán (coord.), *Iconografía mexicana III. Las representaciones de los astros*, México, Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2002, pp. 93-114.

Zimbrón Romero, Juan Rafael, *Paisajes tallados en piedra en Xochimilco y Milpa Alta*, México, Ediciones Fuente Cultural, 2010.