

Fotogrametría digital:
Un complemento en el registro arqueológico dentro del Proyecto Arqueológico La Quemada (2013-2014)

JORGE CUAUHTÉMOC MARTÍNEZ HUERTA

Instituto Nacional de Antropología e Historia

Zacatecas, Zacatecas

jorgecu@gmail.com

En el “Proyecto Arqueológico La Quemada” (temporada 2013-2014) que llevó a cabo el Centro INAH Zacatecas se empezó a experimentar con la fotogrametría digital, una tecnología relativamente nueva en el campo de la arqueología, pues debemos marcar una diferencia con la fotogrametría analógica o simplemente fotogrametría, la cual ha sido utilizada en este campo aunque no muy frecuentemente. La diferencia principal entre estas técnicas radica en que la digital permite la generación de modelos tridimensionales por medio de un ordenador, con lo que se obtiene una herramienta de registro que seguramente será muy utilizada por la arqueología en los próximos años.

De esta forma en los trabajos de conservación, restauración y excavaciones de dicho proyecto, se generaron modelos tridimensionales de objetos y elementos que típicamente son dibujados durante las excavaciones arqueológicas, tales como: estratigrafías de los pozos excavados, restos de estructuras arquitectónicas, artefactos individuales y calas de excavación completas en donde se pueden apreciar en un solo modelo tridimensional sus perfiles y las piezas en su interior. Antes de empezar a explicar la metodología utilizada y

los resultados obtenidos, es conveniente detallar cómo funciona esta técnica y cuáles son sus orígenes.

Orígenes y fundamentos de la fotogrametría

Los orígenes y fundamentos de la fotogrametría digital descansan en la fotogrametría analógica. Básicamente la fotogrametría es una técnica desarrollada para obtener medidas reales a partir de fotografías, tanto terrestres como aéreas, para realizar mapas topográficos, mediciones y otras aplicaciones geográficas. La Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección (ASPRS) la define como: “El arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos” (ASPRS, 2012).

La Fotogrametría ha ido ligada a los avances de la ciencia. En el año de 1850, Laussedat aprovechó fotografía para realizar planos topográficos, diseñando y haciendo construir el primer fototeodolito, dando a esta técnica el nombre de *metrofotografía*. En 1859 el arquitecto alemán Meydenbauer utiliza intersecciones a partir de fotografías para el levantamiento de edificios. A esta técnica la denominó fotogrametría, proviniendo de aquí el nombre. En 1901 Pulfrich inventa el estereocomparador, resolviendo la identificación de puntos homólogos mediante la utilización de la visión estereoscópica. A raíz de este descubrimiento Von Orel construye el primer aparato de restitución, que permitía el trazado de curvas de nivel continuas (Sánchez, 2006: 1).

Todos los desarrollos realizados anteriormente fueron aplicados a la fotogrametría terrestre, pero con la aparición de los aviones, en 1909 se realizan las primeras fotografías aéreas, lo que promueve su desarrollo a partir de 1920. La fotogrametría aérea es más compleja que la terrestre, ya que no se sabe ni la posición ni orientación de la cámara en el momento del disparo. El primero en resolver el problema de las orientaciones de la cámara fue Von Gruber en 1924, lo que permite el impulso de la fotogrametría analógica (ibídem).

Esta fotogrametría analógica era totalmente mecánica, se basaba en la colocación de un par de imágenes en un restituidor óptico mecánico que debían ser escaladas y orientadas de forma totalmente manual por un operario y posteriormente los datos obtenidos se imprimían en grandes mapas (Aparicio, 2013 b: 1). A ella le debemos la realización de la mayoría de las cartografías de las que disponemos actualmente, gracias a la aplicación de la fotogrametría aérea a grandes áreas de terreno.

Con el desarrollo de los ordenadores, hacia 1960, se produce el inicio de la fotogrametría analítica, apareciendo el restituidor analítico, creado por el finlandés Helava, cuyo punto álgido se alcanza en 1980. La diferencia fundamental entre un restituidor analógico y uno analítico, es que en el analógico los procesos de orientación se realizaban mediante métodos ópticos y mecánicos, mientras que en los analíticos se hacen mediante procesos en un ordenador (Sánchez, 2006: 2).

Así se fue incorporando cierto automatismo al proceso fotogramétrico, sobre todo en el cálculo matemático posterior a la toma de las imágenes. Sin embargo, una buena

calibración de las cámaras seguía siendo necesaria ya que si no sería imposible realizar correctamente el levantamiento fotogramétrico (Aparicio, 2013 b: 1).

Finalmente, con la aparición de potentes software surge la fotogrametría digital, aquí ya la gran mayoría de los procesos son automáticos y se realizan en un ordenador. La toma de imágenes se puede hacer con cámaras sencillas sin calibrar pese a que los resultados son mejores si se usan buenas cámaras réflex (Aparicio, 2013 b: 2). El tipo de archivos que se obtienen es mucho más completo de lo que se lograba anteriormente y así se pueden generar modelos tridimensionales, ortofotos, cartografía digital, etc. Por lo tanto, podríamos definir a la fotogrametría digital como una técnica para la generación semiautomática de modelos tridimensionales a partir de fotografías digitales y de un software de computadora, obteniendo con ello las propiedades geométricas de los objetos registrados (Aparicio, 2013 a: 3).

Estos avances han marcado un nuevo rumbo no solamente en las mediciones y perspectivas del espacio, sino en la de objetos o piezas pequeñas. Por ejemplo de una vasija de cerámica encontrada en una excavación es posible generar un modelo 3D el cual es visualizado a través de una computadora permitiendo su manipulación y rotación para ver cualquier perspectiva del objeto, además de la obtención de sus propiedades geométricas, como son sus medidas y volumen; sin mencionar que a partir de dichos modelos se pueden generar fácilmente los tradicionales dibujos arqueológicos en 2D.

Los fundamentos para la creación de los modelos tridimensionales por medio de la fotogrametría se encuentran en la visión estereoscópica, la cual es una propiedad que

tenemos para la observación de objetos en tres dimensiones y es la condición fundamental para obtener la tercera coordenada o altura en el proceso fotogramétrico. El ojo humano normal recibe la información tridimensional de un objeto por la diferencia de imágenes captada por los ojos respecto a un mismo objeto (Sánchez, 2006: 11). Esta diferencia se debe a que la imagen formada en cada ojo es una proyección central con centro de proyección diferente.

Esta propiedad permite que al observar dos fotografías de una misma zona, pero tomadas desde dos puntos diferentes (fotogramas consecutivos con una parte común denominada recubrimiento solape) y bajo unas ciertas condiciones, podemos obtener una sensación tridimensional de la zona. Como se ha dicho, este es el fundamento de la fotogrametría (ibídem).

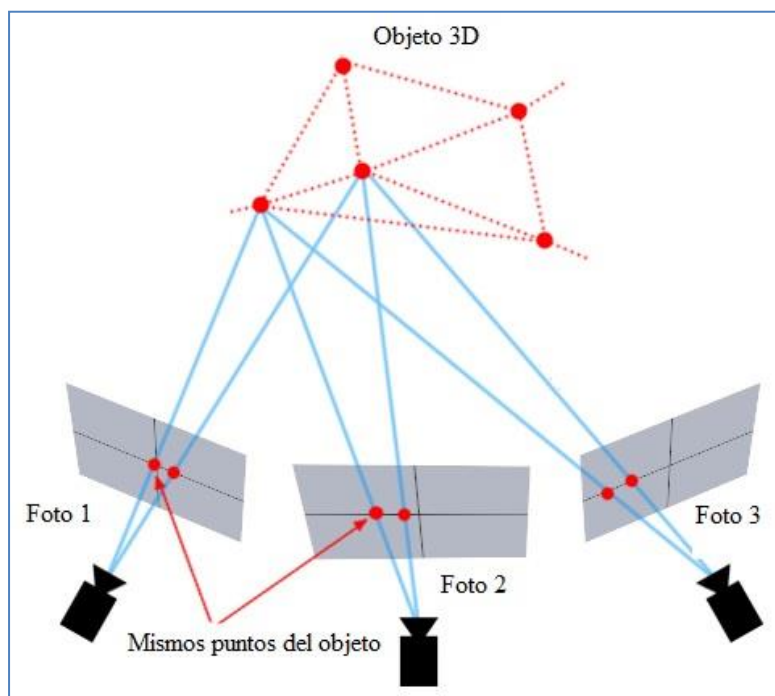


Figura 1 – Tomas fotográficas de un mismo punto desde perspectivas diferentes

Los seres humanos y otros animales son capaces de enfocar los dos ojos sobre un objeto, lo que permite percibir la profundidad. Este principio de la visión estereoscópica puede ejemplificarse como un proceso visual relacionado con el uso de un estereoscopio, el cual muestra una imagen desde dos ángulos ligeramente diferentes, que los ojos funden en una imagen tridimensional única.

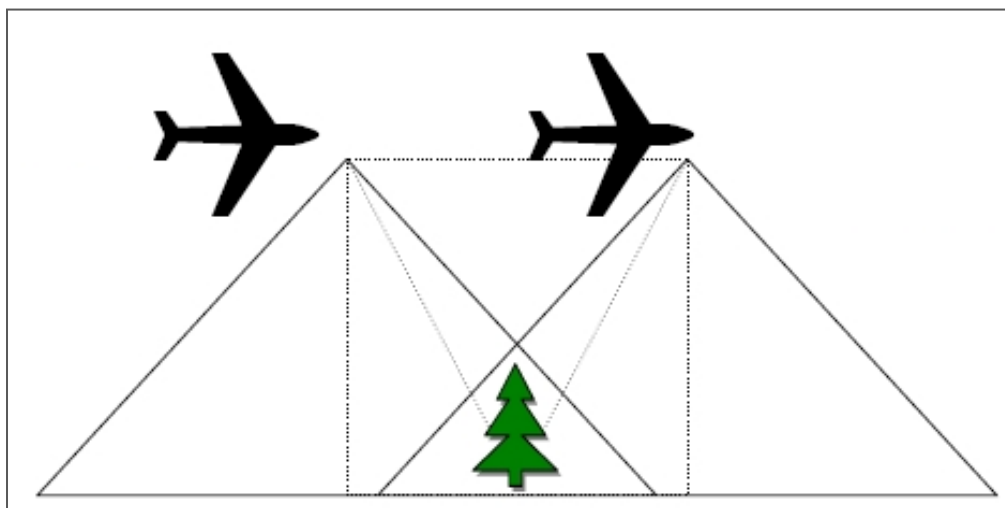


Figura 2 - Fotografías aéreas desde dos puntos diferentes

En la imagen anterior se observa un ejemplo de fotografía aérea en donde un árbol es fotografiado desde dos puntos diferentes quedando precisamente en la zona de solape, obteniendo así la distancia a la que se encuentra con respecto a la ubicación desde donde se tomaron las fotografías, esto a su vez nos da las propiedades geométricas del objeto.

Los diversos resultados que pueden obtenerse con la fotogrametría digital, como el modelo tridimensional de un objeto, pueden ser de gran utilidad para el registro y resguardo virtual de monumentos históricos y de la cultura material en general. Su potencial en la divulgación e investigación del patrimonio cultural es enorme, pero es necesario insertarla

dentro de un marco de trabajo académico y científico; diversos especialistas ya han estado trabajando para lograr este objetivo, los primeros resultados y que servirán como antecedentes en un futuro son dos documentos, La Carta de Londres y Los Principios de Sevilla.

La visualización computarizada del patrimonio cultural

La Carta de Londres, elaborada en 2009 es uno de los primeros documentos cuyo objetivo es establecer una serie de principios generales para el uso de la visualización computarizada en el campo de la investigación y divulgación del patrimonio cultural; y que dichos principios o métodos sean aplicados con rigor académico; de tal forma que sus resultados den a entender de un modo preciso a los usuarios el grado del conocimiento que representan (Denard, ed. 2009: 2), como las diferencias entre evidencia e hipótesis o entre los distintos niveles de probabilidad.

Este último apartado es de gran importancia ya que el procesamiento de datos a través de un ordenador permite fácilmente su manipulación y alteración, es por ello que la misma carta establece que debe quedar claro para los usuarios qué es lo que cada visualización computarizada trata de representar. Por ejemplo: una visualización exacta de los restos que se han encontrado, una restauración virtual basada en las evidencias encontradas o una reconstrucción hipotética de un determinado objeto o sitio perteneciente al patrimonio cultural. Así mismo debería quedar totalmente claro el alcance y la naturaleza de cualquier incertidumbre factual (Denard, ed. 2009: 5). Esto lo establece en uno de sus principios que consecuentemente llama “derecho a la información”.

La Carta reconoce que las posibilidades de los métodos de visualización computarizada disponibles están aumentando continuamente y que estos métodos pueden ser aplicados para afrontar un número de objetivos de investigación también en continua expansión. En resumen, la carta define principios para el uso de los métodos de visualización computarizada en relación con la integridad intelectual, fiabilidad, documentación, sostenibilidad y acceso. Sin embargo esto lo hace dentro del marco del patrimonio cultural el cual presenta una enorme amplitud pues quedan englobados campos tan amplios como los de patrimonio monumental, etnográfico, documental, industrial, artístico, oral y por supuesto arqueológico. Consciente de esta amplitud conceptual, la Carta de Londres recomienda que cada comunidad de expertos, ya sea académica, educativa, conservativa o comercial, debe desarrollar las directrices de implementación de la carta de manera coherente con sus propias pretensiones, objetivos y métodos (Sociedad Española de Arqueología Virtual, 2011: 12).

Es por ello que una comunidad de expertos que trabaja de manera habitual en torno a la aplicación de tecnologías digitales en la arqueología, ya ha planteado la redacción de guías y recomendaciones, que siguiendo las directrices generales de la Carta de Londres, toman en consideración el carácter específico que posee la Arqueología.

Esto ha quedado plasmado en el documento, Los Principios de Sevilla, cuyo primer punto fue definir una nueva rama de la arqueología que estaba surgiendo, la Arqueología Virtual, no ha sido fácil definirla pues aún no hay un acuerdo entre los especialistas, sin embargo este documento propuso la siguiente definición:

“Disciplina científica que tiene por objeto la investigación y el desarrollo de formas de aplicación de la visualización asistida por ordenador a la gestión integral del patrimonio arqueológico” (Sociedad Española de Arqueología Virtual, 2011: 13).

También podemos definirla de manera más sencilla como, una rama de la arqueología que usa las técnicas de la informática y la geomática para estudiar los restos materiales de nuestro pasado (Aparicio, 2013 a: 1).

Los Principios de Sevilla manejan una serie de puntos para guiar los trabajos de arqueología virtual, de los cuales considero prudente remarcar los siguientes:

- Finalidad, previamente a la elaboración de cualquier visualización asistida por ordenador siempre debe quedar totalmente claro cuál es la finalidad última de nuestro trabajo, es decir, cual es el objetivo final que se persigue alcanzar. Lo que dará, diferentes niveles de detalle, resolución y precisión.
- Complementariedad, la aplicación de la visualización computarizada en la arqueología debe de ser entendida como complementaria, no como sustitutiva, de otros instrumentos de gestión más clásicos pero igualmente eficaces.
- Autenticidad, la visualización asistida por ordenador trabaja de manera habitual reconstruyendo o recreando edificios, artefactos y entornos del pasado tal y como se considera que fueron, es por ello que siempre debe ser posible saber que es real, veraz, auténtico y que no.

- Rigurosidad histórica, para lograr unos niveles de rigurosidad y veracidad histórica óptimos cualquier forma de visualización computarizada del pasado debe estar sustentada en una sólida investigación y documentación histórica y arqueológica.

Subrayo y separo estos puntos de otros que aparecen en Los Principios de Sevilla, por que son los que más involucran a la fotogrametría digital, quedando ésta como una técnica dentro de la Arqueología Virtual; además dichos puntos deben guiar los procedimientos y pasos de la fotogrametría a la hora de generar los modelos tridimensionales para que tengan un sustento académico y científico.

En el marco de este contexto fue que se decidió utilizar la fotogrametría digital como una herramienta de registro arqueológico en el Proyecto Arqueológico La Quemada (Temporada 2013-2014), para complementar las clásicas técnicas de registro y que sirva como un antecedente en futuras excavaciones, añadiendo que también se realizaron actividades de restauración que fueron documentadas con el proceso fotogramétrico, lo cual dejó una evidencia de contrastación entre un estado original y otro después de la intervención.

Caso práctico: Proyecto Arqueológico La Quemada (Temporada 2013-2014)

La Zona de Monumentos Arqueológicos de La Quemada, se ubica en una pequeña serranía en el extremo oriental del valle de Malpaso en el municipio de Villanueva, estado de Zacatecas. La Quemada constituye uno de los mayores referentes de la “Cultura Chalchihuites” y de la arqueología monumental del norte de México (Santos, 2011: 2).

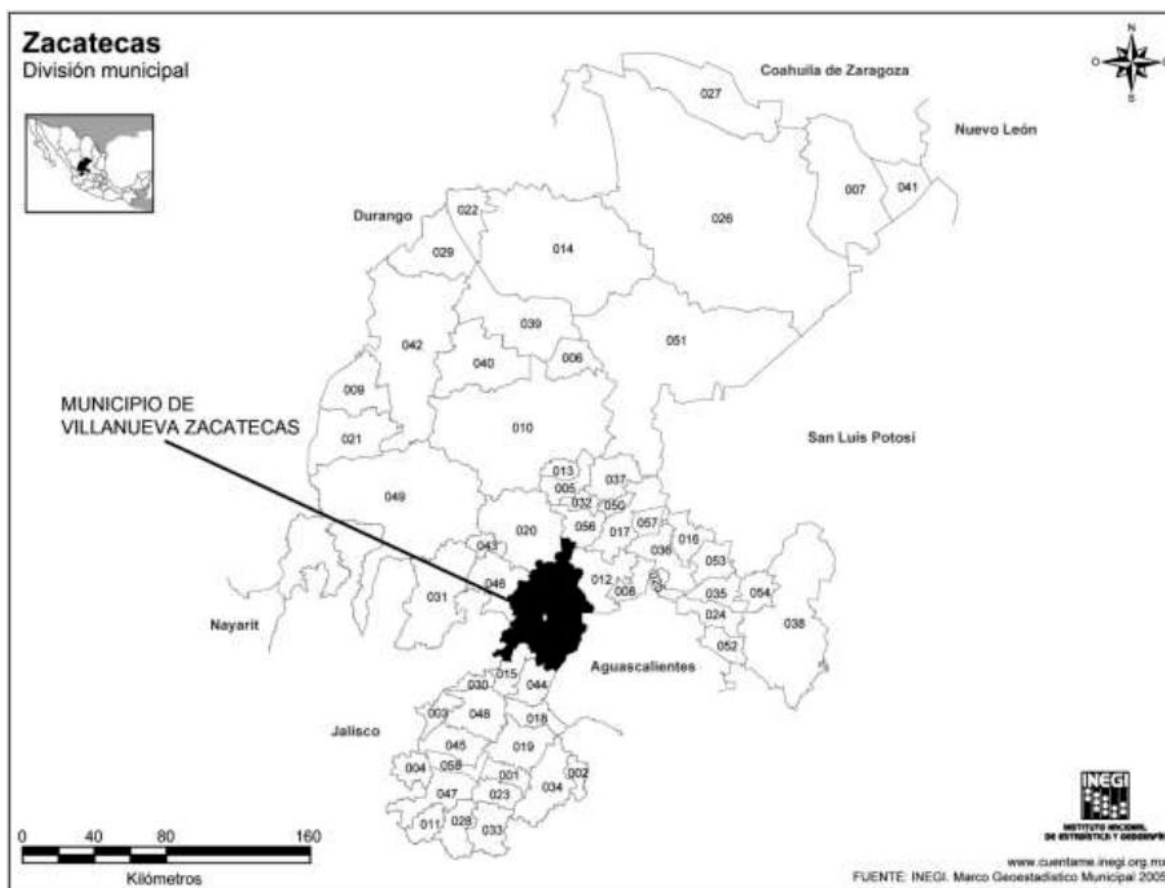


Figura 3 - Mapa de ubicación del municipio de Villanueva, Zacatecas donde se encuentra La Quemada (Santos, 2011: fig. 1)

Existen varias hipótesis al respecto de este sitio, se considera que pudo haber sido el legendario Chicomostoc “lugar de las siete cuevas”, o bien un sitio Caxcán, un enclave teotihuacano, un bastión contra chichimecas intrusos o simplemente, el producto de un desarrollo independiente y capital de todos los grupos indígenas asentados al norte del río Grande de Santiago. Los trabajos arqueológicos efectuados en esta zona, han permitido precisar que La Quemada se desarrolló entre 300 y 1200 d. C. (Jiménez, 1990, citado por Santos, 2011: 30).



Figura 4 - Vista general de La Quemada

Al tomar la dirección de la Zona de Monumentos Arqueológicos de La Quemada en el año 2011, el arqueólogo Marco Antonio Santos Ramírez, comenzó la implementación de un proyecto de Parque Arqueológico para el sitio, el cual a manera de resumen presentaba los siguientes objetivos:

- a) Realizar labores de CONSERVACIÓN Y ESTABILIZACIÓN de los monumentos arqueológicos, con la finalidad de preservar los valores culturales del sitio.
- b) Efectuar investigaciones arqueológicas con la finalidad de entender la planificación urbana del sitio.

- c) Explicar los vínculos culturales que dicha unidad sociopolítica estableció con regiones que se desarrollaron paralelamente en el área (Santos, 2011: 14).

De estos puntos tanto el referente a conservación como el de investigación arqueológica (excavaciones) son donde se implementaría el registro fotogramétrico. Puesto que el proyecto proponía consolidar y terminar las intervenciones en cada una de las estructuras del sitio (ya que a lo largo del tiempo se han dejado inconclusas diversas intervenciones), situación que implica realizar un levantamiento preciso del sitio, llevar a cabo un análisis estructural de los monumentos, la excavación de las partes faltantes de cada estructura y su consolidación, actividades donde coadyuvaría esta nueva técnica de registro.

La Quemada está conformada por varios conjuntos y edificios (Salón de las Columnas, Juego de Pelota, Muralla, Terrazas, La Ciudadela, etc.) una de ellos es El Cuartel (figura 6) que consta de varias habitaciones, probablemente de la elite del lugar y fue aquí donde se concentraron las actividades de excavación y conservación durante las temporadas 2013 y 2014.



Figura 5 – Vista del lado este de los edificios de La Quemada



Figura 6 – El Cuartel, Zona Arqueológica de La Quemada

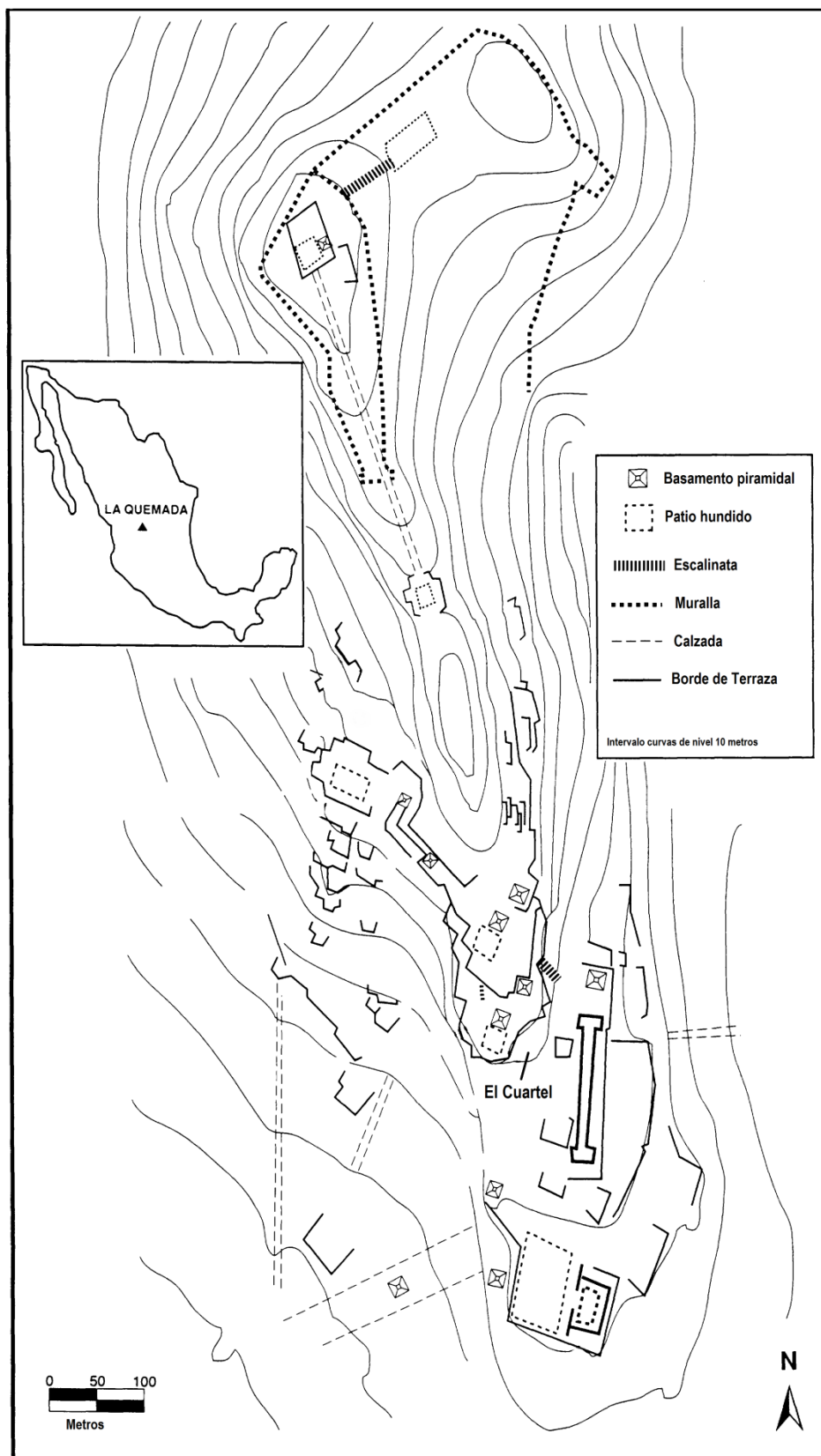


Figura 7 - La Quemada y ubicación de El Cuartel (Modificado de: Wells, 2000: fig.3)

De estas excavaciones se recuperaron piezas como manos y metates, vasijas de cerámica y artefactos de lítica (raspadores o desfibriladores), entre otras. Se seleccionaron las más representativas para crear un modelo tridimensional de cada una por medio de fotogrametría digital, así como también de algunos de los pozos de excavación y sus estratigrafías, teniendo la posibilidad de generar el dibujo arqueológico bidimensional a partir del modelo 3D.

Metodología empleada

La metodología que se empleó para la creación de los modelos tridimensionales estuvo integrada por los siguientes procedimientos: levantamiento fotográfico, procesamiento de datos (mediante software especializado), edición o post-proceso, presentación en PDF, generación de dibujos bidimensionales y elaboración de fichas técnicas. Se escogió un modelo 3D creado a partir de uno de los perfiles de las excavaciones (perfil oeste, unidad D, contexto de derrumbe) en El Cuartel para ejemplificar esta metodología.



Figura 8 – Fotografía del perfil oeste, unidad D, El Cuartel

Levantamiento fotográfico: se tomaron una serie de fotografías digitales cubriendo todo el objeto a registrar, siempre tomando dos fotos de una misma parte del objeto pero desde posiciones diferentes para lograr el efecto estereoscópico. Las condiciones de luz son esenciales para lograr buenos resultados, lo optimo es una luz difusa; se uso una cámara profesional en modo manual para controlar mejor la entrada de luz. En la siguiente imagen se muestran cada una de las posiciones de la cámara (cuadros azules) desde donde se tomaron las fotografías digitales.

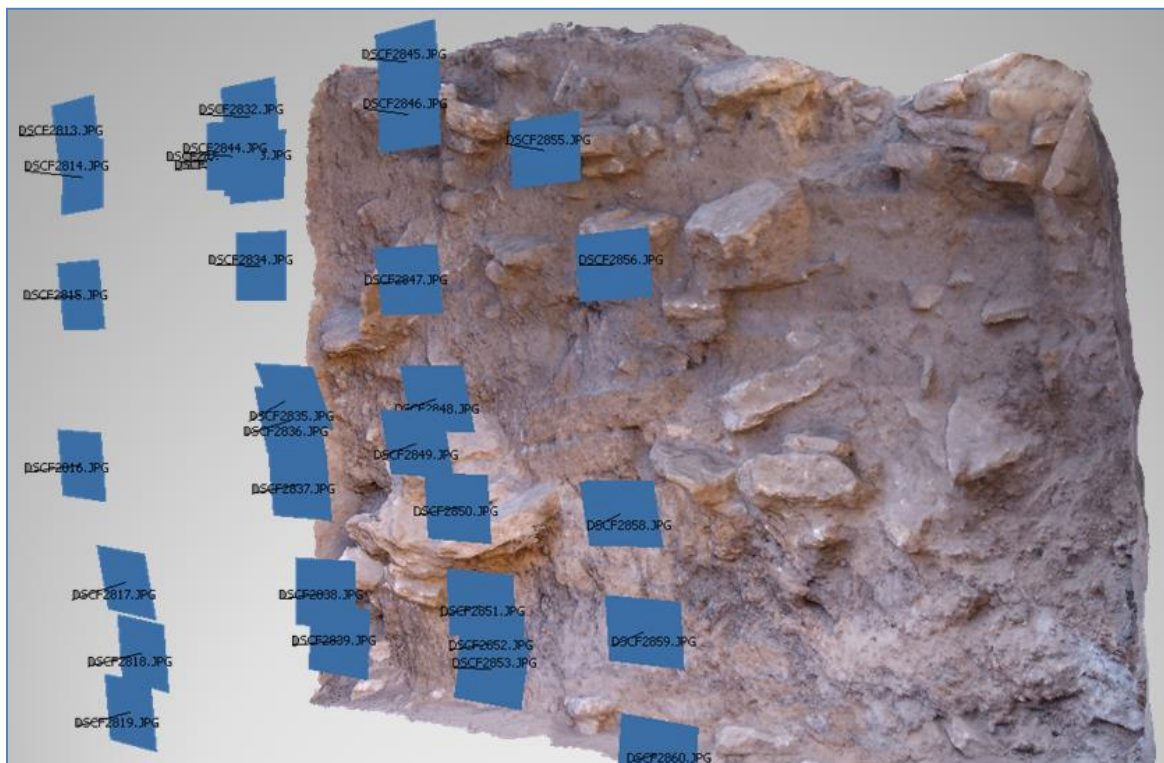


Figura 9 - Levantamiento fotográfico (cuadros azules representan ubicaciones de la cámara)

Procesamiento de datos: ya con el levantamiento fotográfico terminado se procedió a seleccionar las fotos, observando que siempre haya un par estereoscópico de las fotografiadas y eliminando las que presentaban problemas de luz o enfoque. Posteriormente

se procesaron mediante el software Agisoft PhotoScan, el cual crea una nube de puntos de la que se obtiene la geometría tridimensional del objeto y finalmente se aplica la textura (vista fotográfica), generando así una representación virtual del perfil.

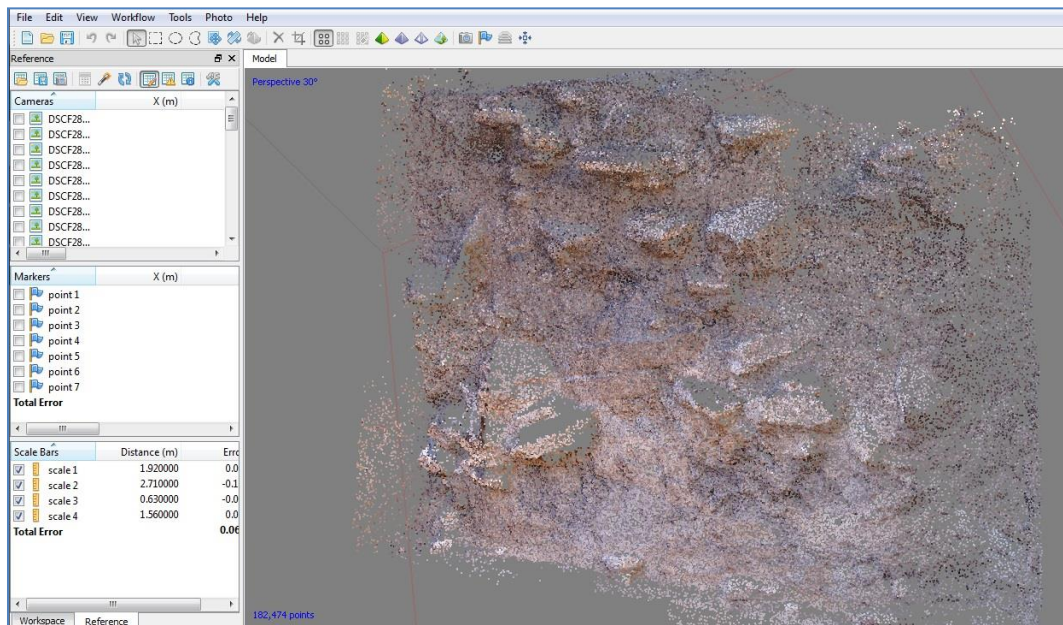


Figura 10 - Nube de puntos, desde Agisoft PhotoScan

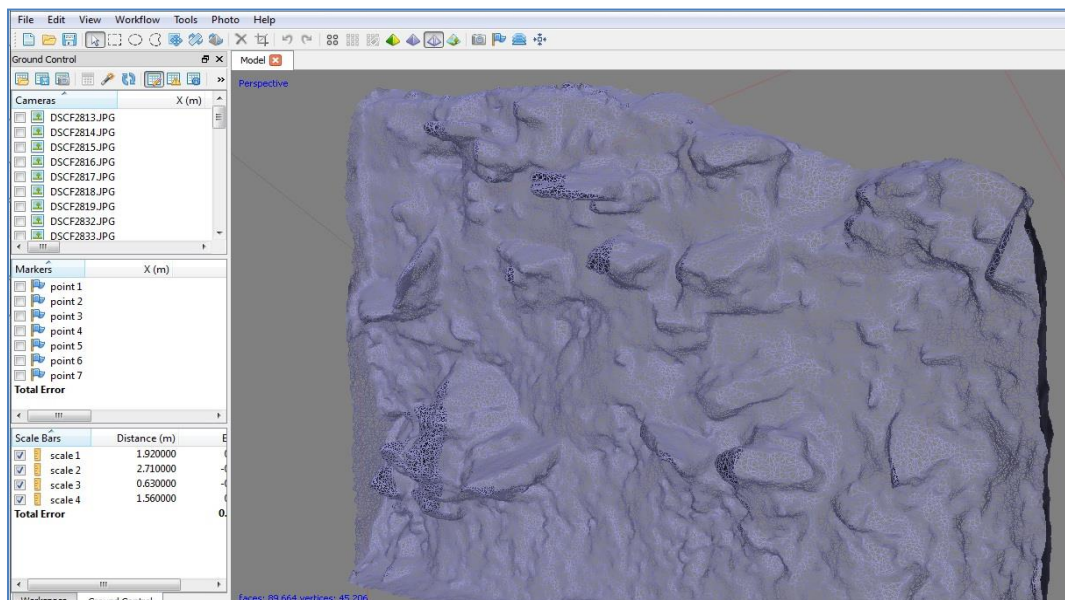


Figura 11 - Geometría tridimensional del perfil (malla) desde Agisoft PhotoScan

Edición: en esta etapa desde el software antes mencionado se limpia el modelo de geometría extra o basura y se escala con medidas tomadas previamente en campo (también es posible georeferenciarlo). En la siguiente imagen ya se observa el modelo tridimensional con vista de textura fotográfica.

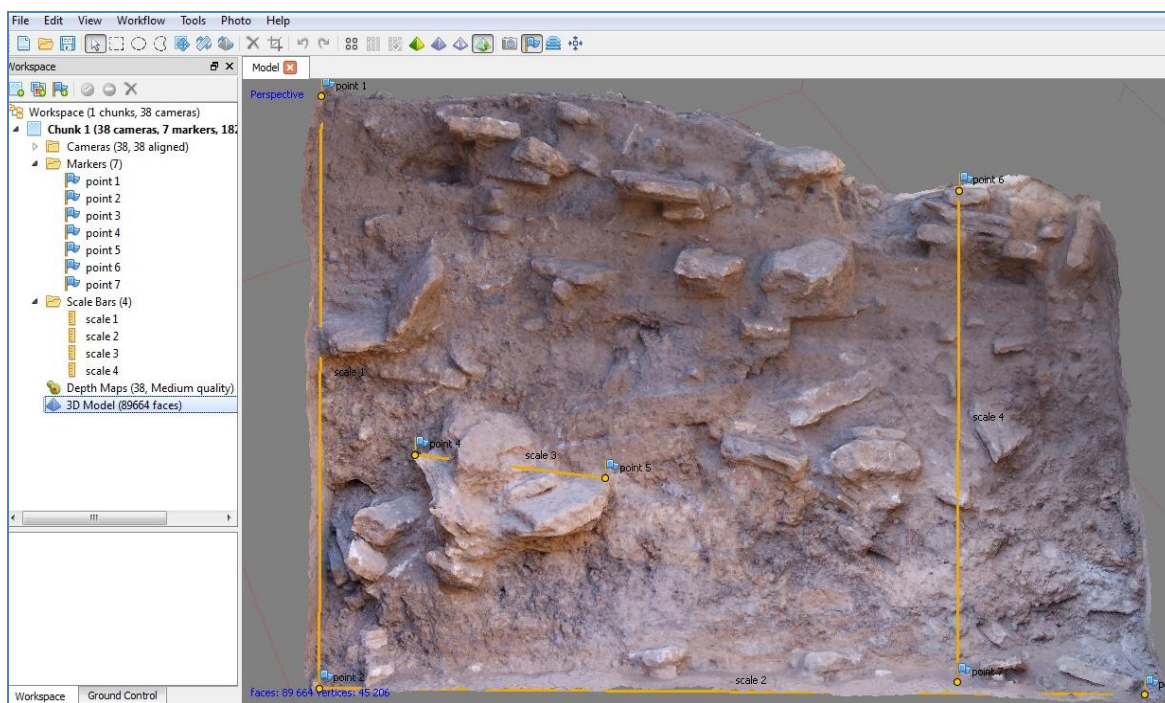


Figura 12 – Modelo 3D del perfil oeste con textura y escalado desde Agisoft PhotoScan

Exportación a archivos de Adobe Reader (PDF): una vez que se tiene el modelo terminado es necesario exportarlo a un archivo informático de mayor alcance para todo tipo de usuarios; Agisoft PhotoScan admite exportar el modelo a PDF, documento electrónico ampliamente difundido y que cuenta con las herramientas para la manipulación del modelo, (rotación, medición, acercamientos y diferentes estilos de visualización).

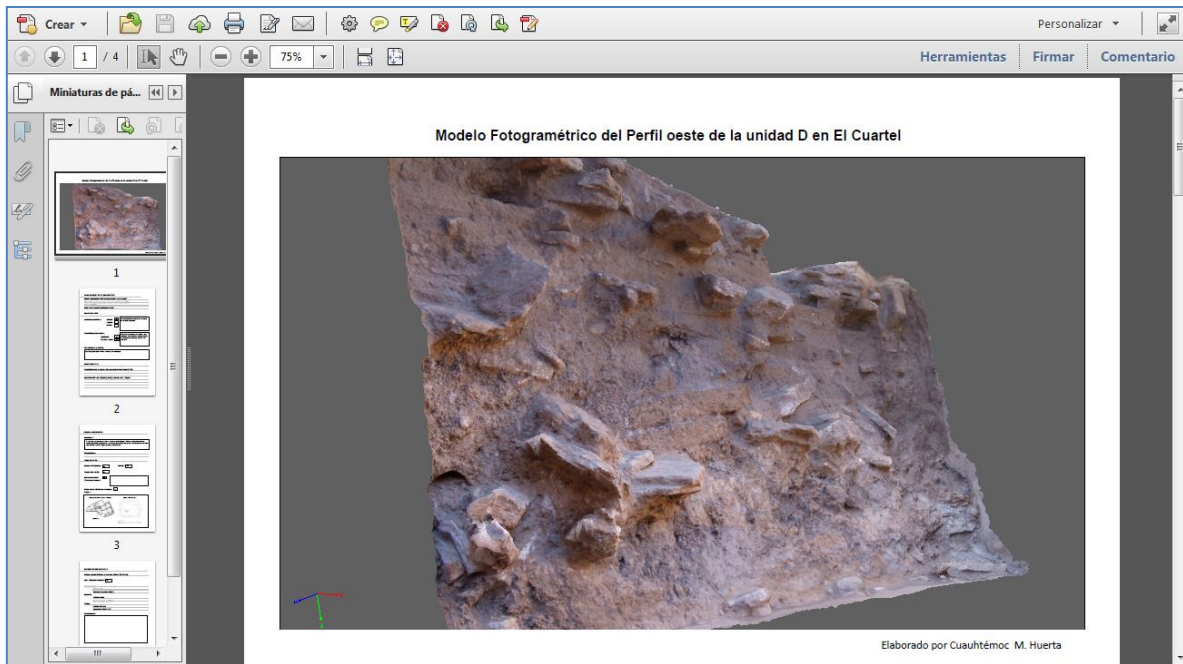


Figura 13 - Imagen del modelo tridimensional visualizado desde Adobe Reader

Generación de dibujos bidimensionales: este procedimiento permite obtener los típicos dibujos de estratigrafías y planta con un ahorro substancial de tiempo y recursos humanos. A partir del modelo 3D se obtiene una ortoimagen digital, ya sea con el mismo software u otros similares, que nos permitirá la extracción de información para geometría bidimensional. Se utilizó una tableta y pluma electrónicas, así como un software de dibujo en capas que posibilita marcar los contornos de las estratigrafías y detalles del perfil, para generar el dibujo arqueológico.

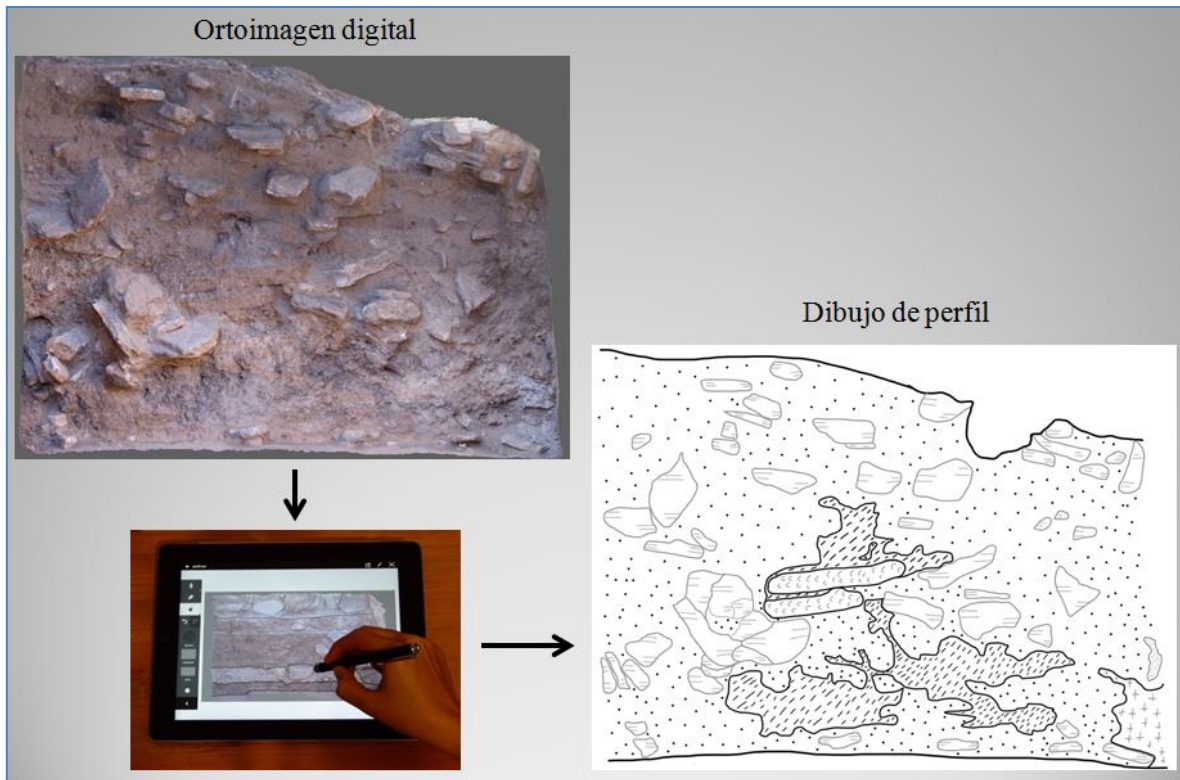


Figura 14 –Diagrama del procedimiento de generación de dibujo arqueológico

Elaboración de fichas técnicas: en este último paso se elaboraron por cada modelo una ficha con datos técnicos que pueden servir a investigadores posteriores para conocer las condiciones en que fue realizado el registro fotogramétrico, tales como: condiciones lumínicas, cámara utilizada, numero de fotografías, versión del software utilizado, etcétera. Todo esto para contextualizar el procedimiento y el objeto registrado.

Modelos tridimensionales generados

La mejor forma de visualizar los modelos es en un archivo electrónico que permita su manipulación y rotación, sin embargo por las limitaciones del presente documento sólo es posible mostrar imágenes planas de los mismos, de cualquier forma se añaden para dar una idea de los objetos virtualizados durante el proyecto.

El primero es un fragmento de cerámica al pseudo-cloisonné, en este modelo es posible observar los desgrasantes o antiplásticos en el borde, también se presenta su visualización en modo wireframe (polígonos que forman al modelo 3D).

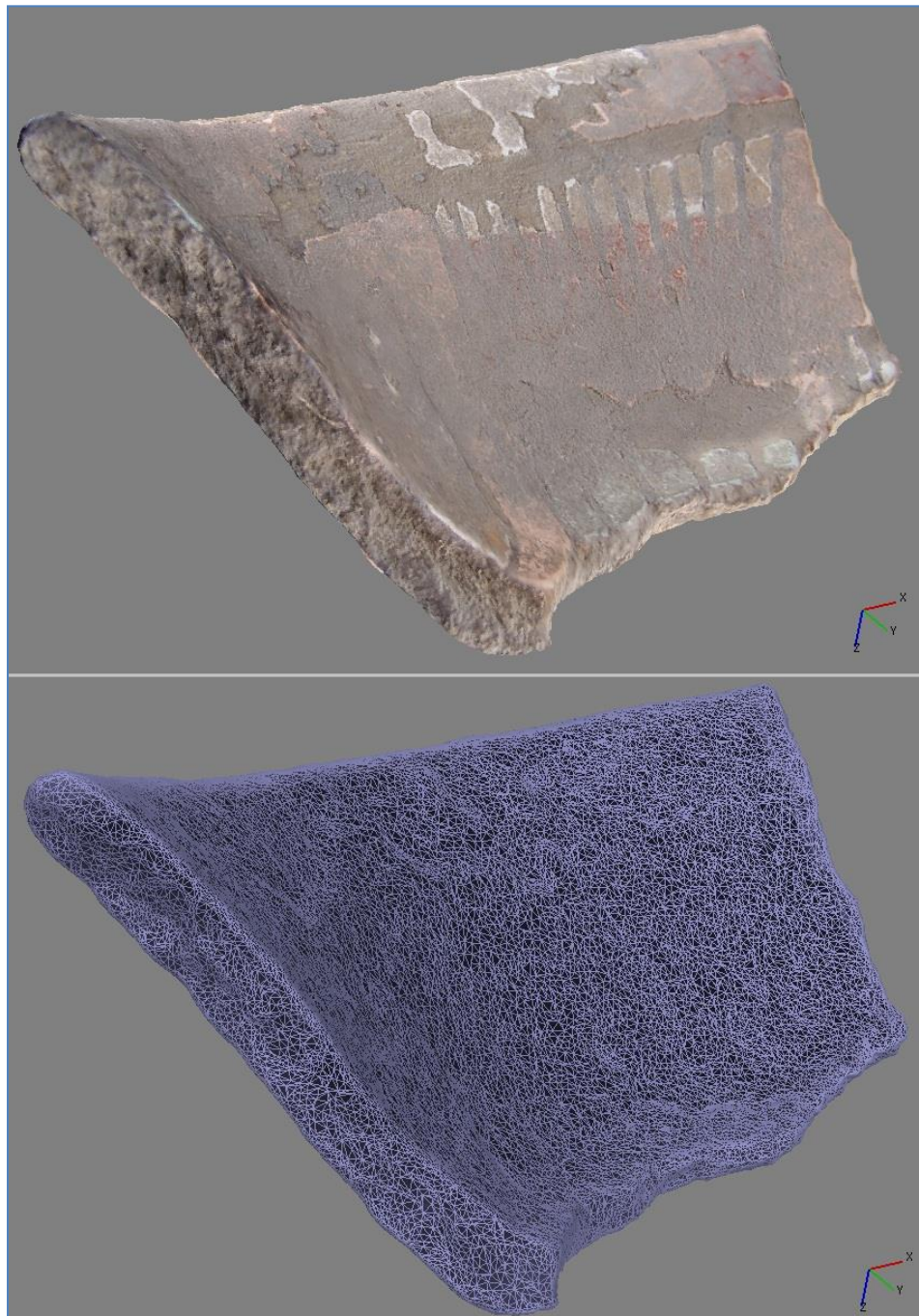


Figura 15 - Imágenes del modelo 3D de un fragmento de cerámica

En la siguiente figura se presenta el modelo de un raspador (de fibras vegetales) con las posiciones desde donde se tomaron las fotos (cuadros azules), también se pueden ver restos de pigmentos rojos en el centro de la pieza.

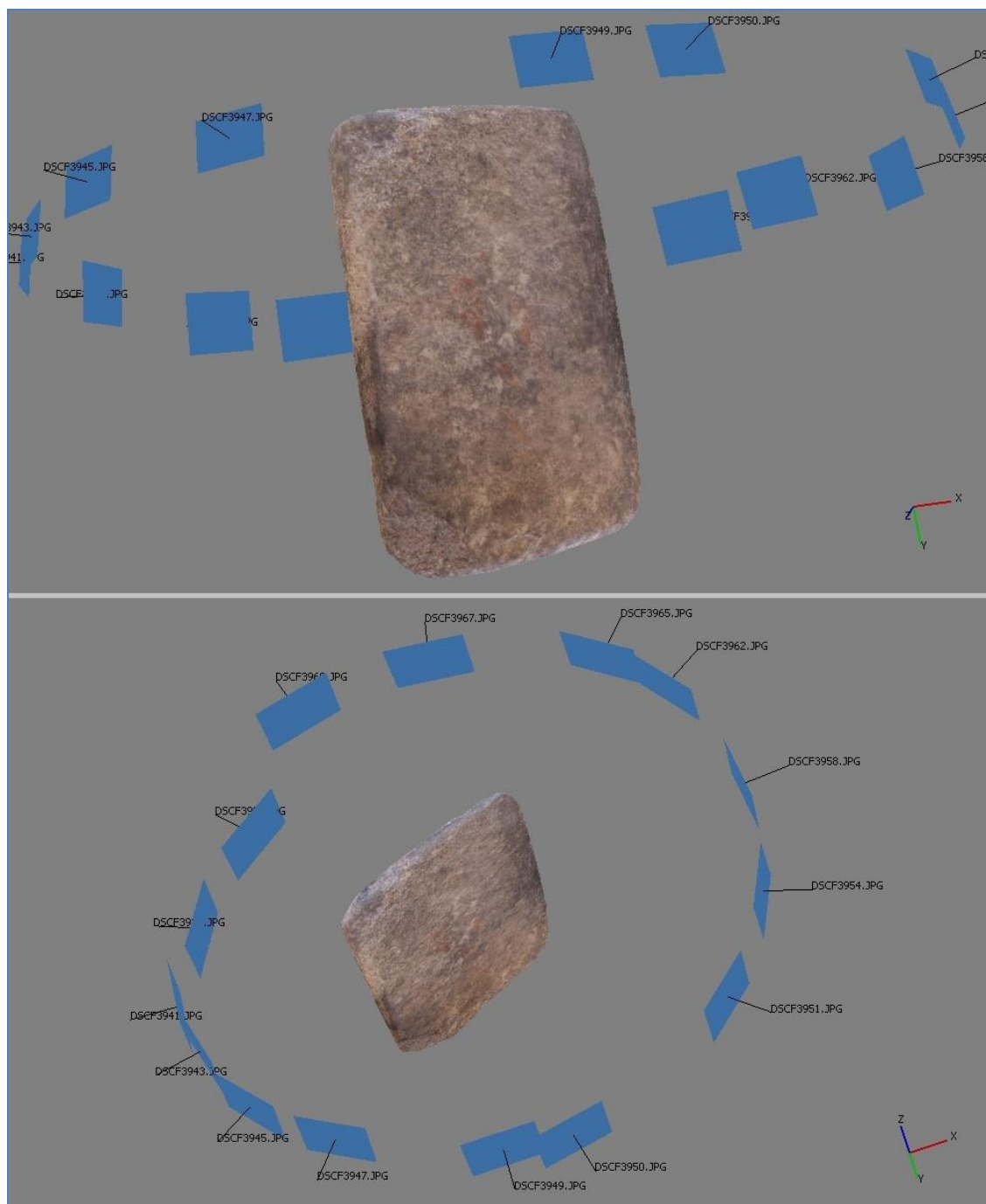


Figura 16 - Imágenes del modelo fotogramétrico de un raspador

Otra de los elementos registrados fue un pozo de sondeo en donde se descubrieron unos escalones de apisonado de lodo. El modelo fotogramétrico permite observar vistas de corte con solo rotar el objeto y desapareciendo la cara correspondiente (figura 18).

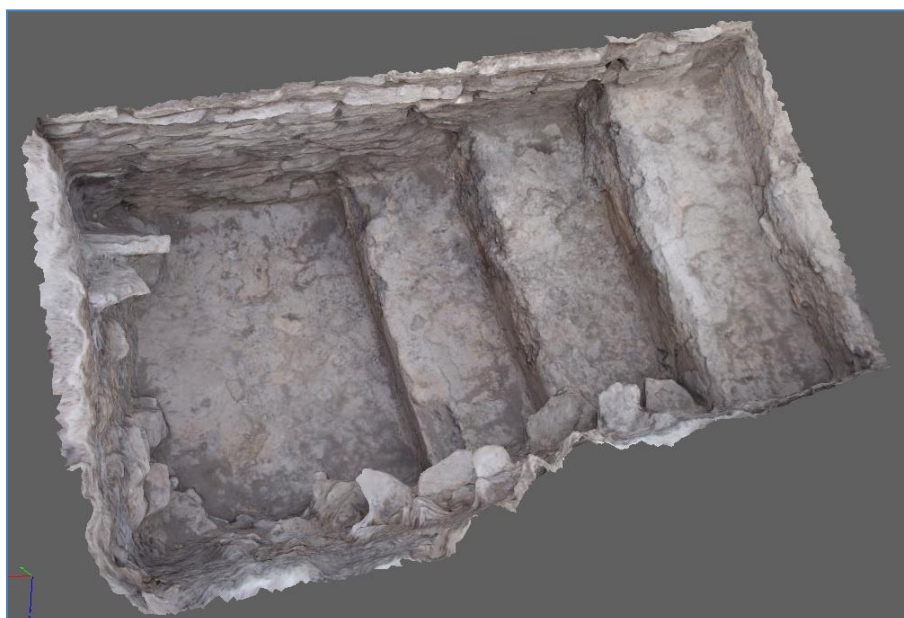


Figura 17 - Imagen del modelo tridimensional de un pozo de sondeo



Figura 18 - Vistas de corte a partir del modelo fotogramétrico

En una de las unidades habitacionales de El Cuartel (unidad I), se excavó toda su superficie, lo que permitió que varios elementos arquitectónicos y piezas salieran a la luz. En este caso se realizaron dos modelos tridimensionales, uno en donde están plasmados todos los elementos, tal cual se encontraron al terminar la excavación (figura 19); y otro modelo después de haber realizado una restauración (figura 20 y 21), lo que permite comparar diferencias en este tipo de intervenciones. Además con el modelo se obtienen vistas cenitales que de otro modo sólo podrían conseguirse con fotografía aérea.



Figura 19 - Imagen del modelo 3D de la excavación de la unidad I

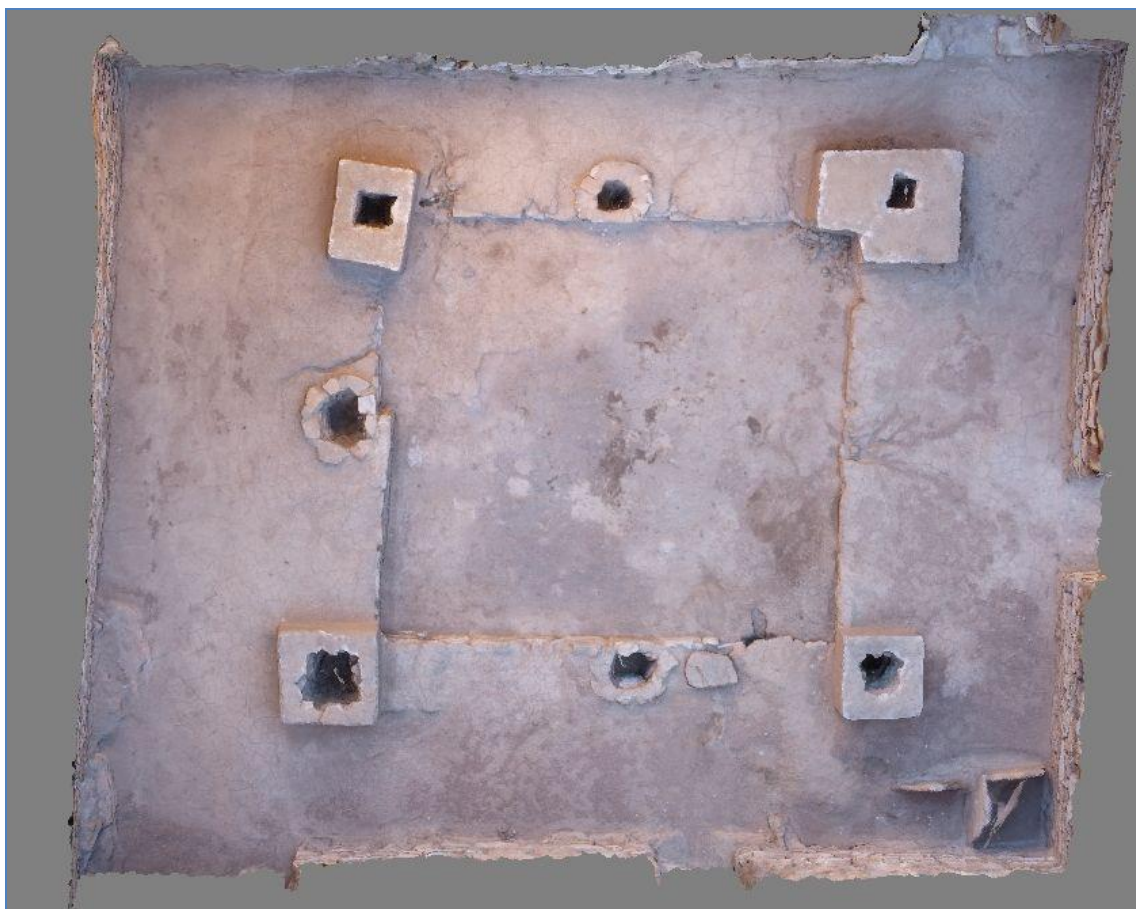


Figura 20 - Imagen del modelo 3D de la misma unidad después de su restauración



Figura 21- Imagen del modelo anterior desde otra perspectiva

De igual manera se creó un modelo tridimensional del petrograbado de las 7 serpientes, uno de los pocos monumentos con inscripción simbólica en La Quemada (Batres, 1903: 151). También es posible aplicar diferentes técnicas de visualización por computadora al modelo, resaltando detalles que a simple vista no son perceptibles.



Figura 22 - Imagen del modelo 3D del petrograbado de las 7 serpientes

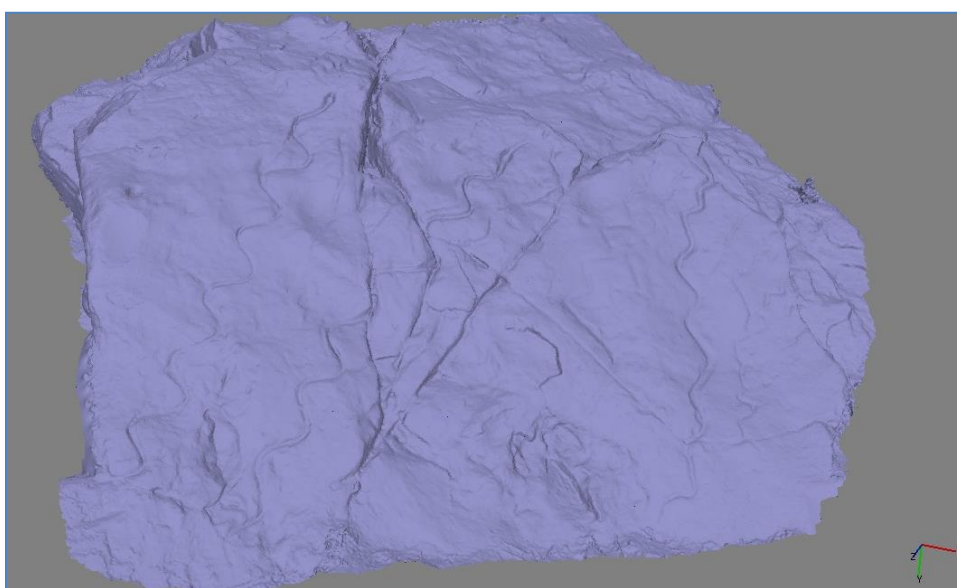


Figura 23 - Imagen del mismo modelo visualizando sólo su geometría.

Conclusiones

Estos modelos fotogramétricos ofrecen muchas ventajas como las de ser compartidos fácilmente a través de medios electrónicos, ya que pueden ser almacenados en formatos de computadora ampliamente difundidos como los de Adobe Reader o publicados directamente en páginas Web. De esta forma un especialista en cerámica puede tener un modelo virtual de una vasija encontrada en cualquier parte del mundo, posibilitando el intercambio de conocimiento científico.

Además, cuando se realizan excavaciones arqueológicas muchos objetos y estructuras deben ser movidos de sus posiciones originales, afectando el contexto y por lo tanto la información que se puede obtener de ellos. Al crear varios modelos tridimensionales de diferentes momentos de la excavación se guarda una representación virtual del contexto, lo cual ofrece más información que sólo fotografías y dibujos de diversos ángulos.

Finalmente el objetivo de la fotogrametría no es dar vueltas a un modelo 3D en un visor, si no documentar de forma geométrica el patrimonio, por lo que es necesario contextualizar nuestro levantamiento tridimensional y para ello podemos utilizar fichas con los principales datos del objeto y su entorno, así como información técnica del proceso de creación: software, cámara, cantidad de fotos, etcétera (Aparicio, 2013 a: 4). De esta forma abonamos en el proceso de insertar a la fotogrametría dentro de las metodologías arqueológicas tradicionales, teniendo así una utilidad científica.

Bibliografía

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)

- 2012 Organization information. Documento electrónico,
<http://www.asprs.org/About-Us/What-is-ASPRS.html>, accesado el 12 de
noviembre del 2014.

Aparicio Resco, Pablo

- 2013 a *Fotogrametría y arqueología virtual: insertando la técnica en la
metodología de investigación histórico arqueológica*, Universidad de
Burgos. Documento electrónico, <https://ubuvirtual.ubu.es>, accesado el 10 de
noviembre del 2014

- 2013 b *Historia de la fotogrametría y su aplicación del patrimonio*, Universidad de
Burgos. Documento electrónico, <https://ubuvirtual.ubu.es>, accesado el 10 de
noviembre del 2014

Batres, Leopoldo

- 1903 *Visita a los monumentos arqueológicos de “La Quemada” Zacatecas*,
Imprenta de la Vda. De Francisco Díaz de León, México D.F.

Denard, Hugh (ed.)

- 2009 *La Carta de Londres Para la visualización computarizada del patrimonio
cultural*, King's College London.

Sánchez Sobrino, José Antonio

2006 *Introducción a la fotogrametría*, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina.

Santos Ramírez, Marco Antonio

2011 *Proyecto: Parque Arqueológico La Quemada, Zacatecas, 2012-2018 y Programa de Intervención 2012*, Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México

Sociedad Española de Arqueología Virtual

2011 *Los principios de Sevilla, Principios Internacionales de la arqueología virtual*, Forum Internacional de Arqueología Virtual.

Wells, Christian E

2000 "Pottery production and microcosmic organization: The residential structure of La Quemada, Zacatecas", En *Latin American Antiquity*, Vol. 11, No 1. Society for American Archaeology, Washington, DC. pp. 21-42