

# DE LA LÍNEA AL PUNTO: FOTOGRAMETRÍA DIGITAL Y NARRATIVA GRÁFICA

## SWAPPING LINES FOR POINTS: DIGITAL PHOTOGRAMMETRY AND GRAPHIC NARRATIVE

Pablo J. Juan Gutiérrez. Universidad de Alicante. pablo.juan@ua.es

Carlos L. Marcos Alba. Universidad de Alicante. carlos.marcos@ua.es

### RESUMEN

Este trabajo de investigación analiza las aplicaciones de la fotogrametría digital desde una óptica contemporánea en la que se establecen maneras alternativas de considerar el problema del levantamiento de la realidad construida y de un patrimonio que no tiene por qué obedecer siempre a las mismas y convencionales geometrías que imaginamos cuando pensamos en arquitectura patrimonial.

Con la técnica fotogramétrica digital, la realidad, capturada en una base de datos fotográfica, tendrá su correspondencia con una nube de millones de puntos cualificados por su posición y color, cuyo rigor permitirá modelizarla en el espacio virtual. La hipótesis considerada en esta investigación es que esta nube de puntos es, de hecho, parte de una nueva codificación gráfica y no sólo una nueva forma de acceder a los códigos espaciales propios de una determinada tecnología. El paso de la línea al punto, es decir, del conocido y acertado código gráfico que constituye el dibujo fundamentado en la línea como elemento básico de la representación gráfica, pasaremos a una nueva narrativa gráfica -posible gracias a las tecnologías digitales- en la que el punto, como base de toda geometría en el espacio, se erige en protagonista.

### Palabras Clave:

Fotogrametría digital, narrativa gráfi-

ca, modelos virtuales, geometrías complejas

### INTRODUCCIÓN

El procedimiento digital de levantamientos fotogramétricos ya sea con fotografía digital o con escáner láser está orientado a la consecución de un modelo tridimensional de nube de puntos, ya sea obtenido de forma interpolada, como en el caso de los métodos fotográficos, o directamente, con los escáneres láser. Las herramientas digitales y fotográficas que aquí se contemplan permiten ir un paso más allá no sólo en lo relativo a la precisión de la técnica sino también en relación a la geometría del referente construido.

Más allá de los procedimientos y las propias tecnologías, el hecho de trabajar con una nube de puntos permite cambiar de paradigma de representación gráfica reemplazando líneas por puntos y, una vez proyectados éstos sobre el plano, logra obtener una narrativa gráfica más adecuada para la representación de determinadas superficies de doble curvatura.

### OBJETIVOS

El primer objeto del artículo es determinar los factores (aspectos) que relacionan los resultados gráficos de los levantamientos fotogramétricos de la realidad física, así como los de los escaneados con láser, con un nuevo lenguaje digital en auge propio de la

tecnología informática contemporánea. Estos resultados son las nubes de puntos que representan digitalmente a la realidad construida en el espacio virtual. Debido al modo mediante el que la tecnología nos permite documentar la realidad construida, nos encontramos ante un cambio de paradigma en lo que a la necesaria codificación de la representación gráfica se refiere. La línea, artificio por excelencia del dibujo e inexistente en el caso de los contornos aparentes, es un efectivo elemento de reducción para la representación gráfica de geometrías convencionales. Sin embargo, pierde toda su efectividad narrativa cuando trata de representar superficies complejas no regladas de doble curvatura. Así, esa abstracción que sintetiza la realidad representada gráficamente (FLORES: 2006, 241) será ahora reemplazada por el punto que, cargado de valor y en número suficiente, desempeñará el papel protagonista dentro de un emergente vocabulario gráfico inaccesible sin la capacidad de computerización de los ordenadores. Todo ello como segunda derivada de los procedimientos de levantamiento realizados a partir de la fotogrametría digital o los escáneres láser. Ambos, se orientan -en un primer estadio y siguiendo procedimientos distintos- a la obtención de nubes de puntos a partir de la realidad para construir con ellos, por ejemplo, un modelo digital tridimensional en el espacio virtual. Pero dichas nubes de puntos también pueden ser proyectadas sobre el plano en

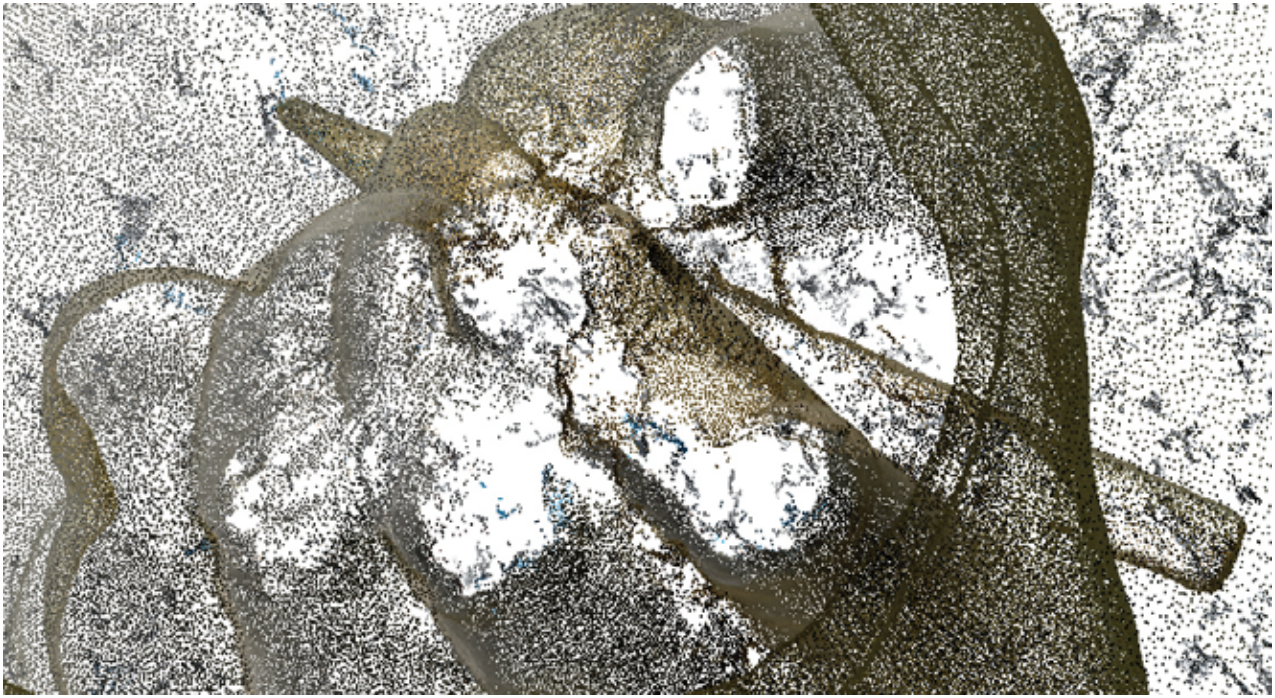


Fig. 1: Nube de puntos representando geometría compleja. Fuente: Elaboración propia

el espacio virtual de modo que, convertidas en proyección —en dibujo, alteran el canon establecido durante siglos que ha caracterizado la representación gráfica arquitectónica, sustituyendo de este modo el código lineal por un código puntual. Los ordenadores, puestos al servicio de nuestras necesidades, han reclamado así un espacio propio e inédito en lo que a la documentación y el lenguaje gráfico se refiere, aprovechando su enorme capacidad para procesar enormes cantidades de información (TERZIDIS: 2006) y permitiendo, con ello, una representación efectiva de superficies de doble curvatura sobre el plano.

## DESARROLLO

La propia técnica fotogramétrica supone una consideración tanto de aspectos temporales como espaciales. En primer lugar, por la propia naturaleza de la instantánea pero, también, por la manera en que la información gráfica capturada es procesada como parte de una imagen ampliada (DIDI-HUBERMAN: 2000, 307). Los modelos digitales se con-

vierten en testimonios rigurosos, acaso más que nunca, de una realidad puntual, de un tiempo detenido pero también, real; es decir, representan de manera líquida y digital (en oposición a lo sólido y analógico) también aquella intrahistoria que los ha visto erigirse, primero, y permanecer, después (BAUMAN: 2000, 14).

Con la técnica fotogramétrica digital la realidad, capturada en una base de datos fotográfica, tendrá su correspondencia con una nube de millones de puntos cualificados por su posición en el espacio y por su color, cuyo rigor permitirá modelizarla en el espacio virtual. La hipótesis central de esta investigación es que esta nube de puntos puede también ser parte de un nuevo código gráfico y no sólo una nueva forma de acceder a los códigos espaciales propios de una determinada tecnología.

Obviamente, uno de los objetivos primarios del levantamiento puede ser conseguir la nube de puntos para poder construir un modelo tridimensional digital. Una vez obtenidos, dichos puntos se triangulan para generar un

modelo 3D que represente las superficies que conforman el espacio arquitectónico del modelo real. Sin embargo, dichos puntos, proyectados sobre el plano o más aún en su propia configuración tridimensional, se pueden entender como un gráfico vectorial que permite tener, como narración gráfica, un conocimiento mucho más intuitivo en el caso de determinadas superficies que, por su complejidad, no resultan convenientemente descritas en un dibujo estrictamente lineal. Mediante el levantamiento, el análisis y la edición de estas geometrías, se plantearán nuevas maneras de entender la representación de la arquitectura hasta ahora inéditas.

Así, se trabajará con una realidad digital compleja en forma de nube de puntos que conformará una precisa base de datos generada a partir de la realidad material. Como en un juego de espejos, para cada punto del modelo virtual existirá un homólogo real, aunque obviamente el modelo es discreto y ello implica que la relación no es biunívoca. Es decir, las superficies de los objetos materiales que-

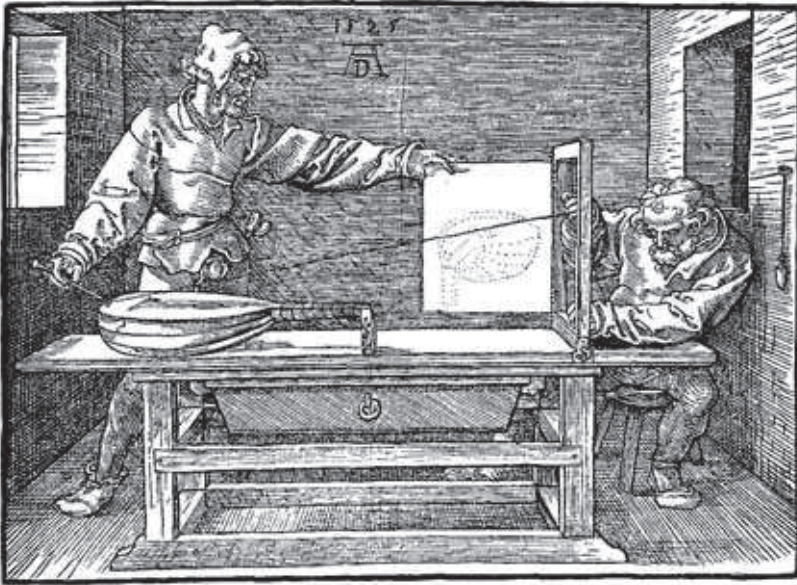


Fig. 2: Grabado de Alberto Dürero (1471-1528) en el que se representa un laud por medio de una nube de puntos

darán discretizadas en una innumerable pero finita cantidad de puntos, cuya cantidad dependerá en buena medida de la resolución de las instantáneas (en el caso de un trabajo fotogramétrico). A partir de la primordial y auténtica base de datos, esto es, de la propia arquitectura construida, se deducirán los levantamientos, representaciones con las que seguir trabajando y elaborando conocimiento en un camino condicionado por ellas mismas (JUAN: 2014). El referido juego de espejos hace que para la nube de puntos la materia prima original sea, en realidad, el producto (y por tanto artificio) de unas determinadas decisiones coyunturales tomadas en el momento de la captura de las instantáneas. De este modo, la nube de puntos constituye la nueva base de datos sobre la que trabajar (en realidad reflejo de las dos anteriores: las fotografías y la propia realidad). Es decir, en la fotogrametría digital el modelo tridimensional de la nube de puntos es el resultado de un complejo proceso de interpolación. Las fotografías digitales se concretan en archivos que el sensor de la cámara traduce en píxeles con características de luminosidad y color propias que, para poder ser visualizadas, el ordenador pro-

yecta sobre su pantalla. En el caso del escaneo láser la diferencia fundamental es que la nube de puntos se construye directamente a partir de la realidad construida y no fotografiada.

En cierto modo, el procedimiento sería el método proyectivo representado en el conocido grabado de Dürero del laúd (que también puede entenderse como la explicación del proceso de codificación que realizan las cámaras digitales). En la máquina de dibujar de Dürero, para cada punto de la realidad hay una línea de proyección hacia el punto de vista elegido —materializados por el hilo y la argolla en la pared, respectivamente. El plano de proyección, interpuesto entre el objeto y el punto de observación, registra cada punto proyectado sobre él con la ayuda de dos reglas que se desplazan por medio de las cuales una vez soltado el hilo se calcan en el papel de dibujo en el bastidor pivotante haciéndolo coincidir con dicha posición. El plano de proyección, en nuestra analogía, correspondería con el sensor de la cámara o con el sensor láser, siendo los hilos los rayos de luz o de láser, según el caso (Allen, 2009:10).

En todo caso, a pesar de las dife-

rencias de procedimiento, ambos sistemas generan una nube de puntos tridimensional en un archivo codificado digitalmente cuya enorme cantidad de datos es posible procesar gracias a la enorme capacidad de computerización de la informática. Por otro lado, la nube de puntos, en tanto que modelo tridimensional, encuentra un mejor acomodo en un sistema de representación puntual en el que dicho modelo se proyecte estableciendo —ahora sí— una relación biunívoca entre el conjunto de puntos que la integran y la imagen —en realidad dibujo— que vemos proyectada de la misma sobre el plano (de nuestros soportes, sean de físicos como el papel o digitales como la pantalla). Dependiendo de la naturaleza de las superficies analizadas, la codificación de la realidad puede tener con la línea una relación más débil y, por tanto, la fidelidad de la representación puede ser menor que cuando utilizamos puntos.

La codificación de la realidad en millones de posiciones cualificadas puede entenderse como el síntoma que anuncia la posibilidad de un nuevo código gráfico propio del medio digital. El modo en el que hemos abordado la representación de la arquitectura hasta ahora ha estado basado, de un modo u otro, en la codificación y simplificación de la misma a partir de la línea como elemento primario. Si pensamos en la línea como intersección de planos parece evidente que para determinadas geometrías supone la manera más simple de representar la arquitectura —ya sea en el caso del levantamiento gráfico de la realidad o del proyecto—. Por un lado, la línea es eficaz en el caso del dibujo de la arquitectura a construir, es decir, del proyecto; un documento que opera en un universo de formas geométricas ideales pero ¿sucede lo mismo cuando lo que queremos es representar la inevitable y compleja irregularidad de la arquitectura construida? En este caso los planos de la misma (de haberlos) se evidencian como la idealización formal y material de un hecho construido que dista de ser ideal y perfecto,

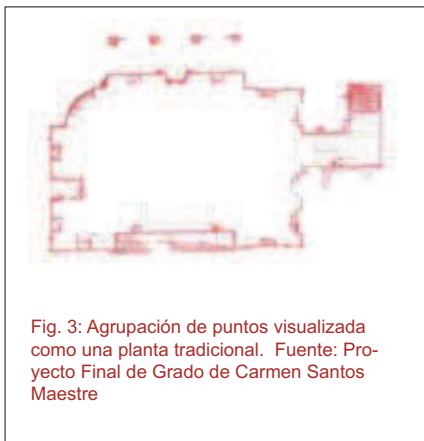


Fig. 3: Agrupación de puntos visualizada como una planta tradicional. Fuente: Proyecto Final de Grado de Carmen Santos Maestre

con todos los defectos que la materialización del hecho construido entraña respecto de la geometría ideal definida en el proyecto.

Podemos entonces entender que los puntos cualificados pueden constituir una nueva forma de codificación de la realidad que, como tal, podría desarrollar nuevas posibilidades narrativas. La elaboración gráfica a partir de estos puntos no supondrá una relectura del objeto y su transcripción proyectiva desde el punto de vista del dibujo lineal, sino una asunción del dibujo puntual como medio de expresión gráfica alternativo. Gracias a la ayuda de la fotografía digital o a los escáneres láser y a la capacidad de procesamiento de los ordenadores podremos obtener dibujos hasta ahora inéditos que, sin la necesidad de líneas - sólo con agrupaciones de puntos, logren describir gráficamente la geometría de la realidad de forma adecuada. La primera de las agrupaciones podría ser la propia nube (editada y sin ruido, se entiende), es decir, la modelización virtual de la realidad mediante puntos de color. Esto permite, a su vez, un posterior procesamiento de la información para la creación de complejas mallas que los contienen y, también, la posibilidad de proyección de fotografías o texturizados sobre ellos. Pero, además del propio modelo virtual en forma de nube de puntos hay otras posibilidades de representación al generar agrupaciones intencionadas de puntos. Estas agrupaciones puntuales podrían responder a una serie de criterios que dependerían de los diferentes objetivos que se estable-

cieran. Así, proponemos aquí una posible clasificación preliminar para los levantamientos fotogramétricos digitales:

**A. Cualidades de posición (x,y,z).** Agrupando los puntos en relación a sus coordenadas podemos obtener secciones de la realidad que pueden entenderse como el homólogo de las plantas y de las secciones. Así, si limitamos la visibilidad de los puntos de un modelo a aquellos que compartan una cierta característica de altura (o un determinado rango de cota z, por ejemplo los que se encuentran entre la altura de un metro cincuenta y un metro sesenta centímetros respecto del suelo) podremos obtener una planta del edificio (Fig. 3) dibujado a base de puntos en vez de líneas -ello suponiendo que posicionamos el punto de vista en el infinito, obviamente. De esto modo, también obtendremos una eficaz y útil codificación de la realidad tan sólo trabajando con los elementos de este nuevo lenguaje digital: los puntos. De la misma manera, pero con la variable de la profundidad, podremos obtener el homólogo de las secciones lineales.



Fig. 4: Posición de las cámaras y nube de puntos de la escultura "Dibuixar léspai". Fuente: Proyecto Final de Grado de Pedro Cascales Cascales.

**B. Cualidades de color.** Podemos trabajar también con la segunda de las características de los puntos pues a la referida posición se le añade la cualidad del color de cada píxel generado en el formato ráster. Agrupando los puntos por sus cualidades de color

seremos capaces de representar partes de la edificación realizadas con el mismo material (por ejemplo carpinterías), o también, escoger o desecher selectivamente ciertas partes del modelo para una edición posterior mediante el filtrado por colores.

**C. Otras.** Además de emplear las principales características de los puntos (posición y color) contenidos en un modelo de nube de puntos, podemos trabajar con más series de agrupaciones en función de las nuevas relaciones que se pretendan establecer. Así, podremos agrupar puntos en base al ruido (o error) que suponen en el modelo, o también, atendiendo a su relación con otros puntos; por ejemplo, seleccionando determinadas áreas con la requerida densidad de puntos, lo que influye directamente en el nivel de definición de la representación del modelo. Del mismo modo, podríamos agrupar puntos a partir de la combinación de varios factores simultáneamente (posición x con posición y, densidad con color, ruido con altura, etc.) pudiendo producir resultados gráficos inesperados a partir de un referente dado capaces de generar manifestaciones gráficas que pudieran servir como pre-existencias configurales para la ideación de nuevos proyectos.

Sin olvidar el bagaje disciplinar, esta técnica de representación se deriva del uso de la fotografía o de los escáneres láser, reemplazando el papel de la línea en la disección de la arquitectura que va más allá de los dictados de la proyectividad sobre el plano en el caso de geometrías no desarrollables. Obviamente, el objetivo final puede ser la modelización virtual de un modelo tridimensional, pero, como se ha comentado con anterioridad, la representación a partir de los puntos proyectados puede servir de eficaz narración gráfica de una geometría compleja como estadio intermedio del proceso. Así, un ejemplo evidente de esta aplicación, sería el empleo de la nube de puntos a la hora de representar gráficamente una escultura que entraña una superficie compleja (Fig. 4) sin recurrir



Fig. 5: A Sunday on La Grande Jatte, 1884  
Georges Seurat (French 1859–1891). The Art Institute of Chicago

a formatos ráster. Ello, además de suponer una narrativa gráfica distinta que no recurre a la línea, permite reemplazar píxeles por puntos de un modelo 3D que, una vez proyectados, se convierten en archivos digitales en formato vectorial con las ventajas que ello conlleva respecto de la escalabilidad de los mismos.

Al igual que determinadas técnicas propias del puntillismo (Fig. 5), la narrativa gráfica a través de los mencionados puntos se apoya principalmente en el manejo de la escala y la densidad de los mismos para garantizar la correcta codificación de los datos así como para la adecuada percepción de las geometrías representadas. Incluso, con el correspondiente algoritmo, se podrían procesar los gráficos puntuales y, como en el puntillismo o en los actuales carteles publicitarios, utilizar el color para transponer los juegos de luz y sombra a partir de códigos de color preestablecidos.

Dos situaciones de práctica disciplinar bien pueden servir para ilustrar la idoneidad de este cambio de paradigma: la producción de levantamientos de edificios existentes elaborados con la intención de documentarlos gráficamente, por un lado,

y las prácticas bien conocidas de algunos estudios de arquitectura cuya génesis de la forma surge del proceso de creación de modelos físicos escaneados para lograr un modelo virtual tridimensional (Colomina, 2003). Cada una de las situaciones responde a uno de los posibles sentidos en los que puede estar implicado lo gráfico: desde la realidad (levantamiento o documentación) o hacia la realidad (proyecto o ideación).

La metodología de proyecto que Frank Gehry ha popularizado (por ejemplo con su Disney Hall en Los Ángeles o su Museo Guggenheim para Bilbao) está basada, precisamente, en el escaneo tridimensional



Fig. 6: Maqueta de trabajo de Frank Gehry para su edificio polivalente en Sidney

de modelos físicos a escala realizados, a su vez, a partir de sus primeros bocetos, algo suficientemente explicado en el más bien inquietante documental realizado por su amigo Sidney Pollack (2006). Dichos escaneos no dejan de ser levantamientos de una realidad construida – aunque se trate de una realidad miniaturizada. La ductilidad formal de las maquetas a escala en el trabajo sobre geometrías complejas le proporciona al arquitecto canadiense la posibilidad de elaborar propuestas que, cuando comenzó a desarrollarlas, resultaban difíciles de concebir o resolver de otro modo. Es aquí donde surge la idea, heredada de la tecnología industrial y trasladada a la arquitectura, de ingeniería revertida (reverse engineering); un proceso que elabora modelos digitales a partir de modelos físicos. Se genera en este caso un círculo de retroalimentación: desde la realidad material (maqueta), hacia la realidad virtual (escaneado tridimensional), para la obtención del modelo digital sobre el que desarrollar el proyecto. A tenor de la presente investigación y estas prácticas cabría preguntarse ¿son eficaces los métodos de levantamiento tradicionales para documentar gráficamente, por ejemplo, arquitecturas de geometrías complejas como las del Guggenheim de Bilbao? ¿No se adecuarían mejor a este cometido aquellos métodos en los que se emplee el punto, y no la línea, como elemento básico de la narrativa gráfica? y, por consiguiente, aunque se empleen este tipo de métodos de representación que se apoyan en el punto y no en la línea ¿es necesario terminar codificando la realidad en gráficos fundamentalmente lineales cuando la doble curvatura de las superficies representadas lastran la tradicional capacidad de síntesis de la línea como protagonista gráfico en los dibujos de arquitectura?

La terminal marítima de Yokohama, de Alejandro Zaera-Polo (F.O.A.), es otro ejemplo elocuente en la exploración de los límites de la representación basada en códigos lineales. La serie de superficies que se desarro-

llan (al menos en la extensa superficie de la terminal) no tienen como modelo superficies convencionales basadas en planos y aristas sino, más bien, la adecuación de la superficie a unos desniveles y a una casuística que resulta más propia de una topografía que del juego con el tranquilizador (y abstracto) plano horizontal. Los planos de la terminal portuaria nos hablan de una topografía artificial y su complejidad formal se explica de la misma manera con la que trabajaríamos con una topografía: con cortes por sucesivos planos paralelos. Ello se debe, entre otras cosas, a que la geometría del proyecto es el fruto de la modelización tridimensional con opciones como barridos o sollevados, lo que genera superficies alabeadas difíciles de representar. Dada la naturaleza lineal del proyecto, la representación para su construcción se realizó a partir de las secciones transversales. El sistema de planos de sección sucesivos surgió de la necesidad de representar gráficamente superficies. En el caso de la terminal de Yokohama (y también en los que tienen que ver con la representación topográfica a partir de planos acotados) la línea es la consecuencia de intersectar la superficie con un elemento auxiliar, el plano, para compatibilizar la representación de dicha geometría compleja con el modo tradicional de grafía de la arquitectura: mediante líneas. ¿Es esto realmente necesario o podríamos establecer otros mecanismos –otra codificación gráfica– que nos permitiese representar de una manera más eficaz este tipo de geometrías?

Podríamos extender nuestro análisis en esta dirección de trabajo, de lo gráfico hacia la realidad, con numerosos ejemplos que podemos encontrar en la contemporaneidad. Superficies complejas derivadas de una aproximación proyectual con conciencia digital empleando para su concepción herramientas de modelado que permiten generar geometrías a partir de operaciones tales como sollevado, barrido, extrusión con dirección, o incluso en el caso de proyectos parametrizados, vinculados a códigos y al-

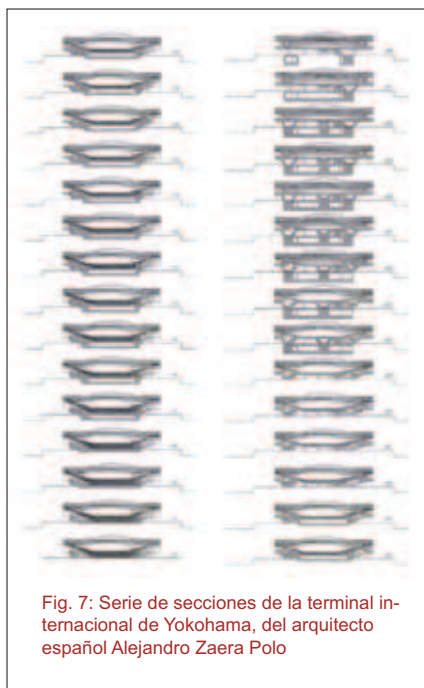


Fig. 7: Serie de secciones de la terminal internacional de Yokohama, del arquitecto español Alejandro Zaera Polo

goritmos que codifican la forma, cualquiera de los cuales ilustran adecuadamente nuestra hipótesis. En algunos casos la base idónea sobre la que construir lo gráfico, por su versatilidad y su capacidad narrativa, es el punto en lugar de la línea. Así, especialmente para la representación de superficies alabeadas no regladas, aunque también para el caso más general de superficies curvas, debemos considerar la posibilidad de enriquecer la codificación gráfica para gráficos vectoriales a partir de los puntos. Puede que en este último caso la combinación de ambos códigos –líneas y puntos– sea más expresivo desde el punto de vista de la percepción de la forma a partir del dibujo, pero, sin duda, en el caso particular de las superficies de doble curvatura no regladas el papel de los puntos como narrativa gráfica alternativa resulta indiscutiblemente más eficaz. Es cierto que para geometrías de este tipo la posibilidad de utilizar el sistema de representación de planos de sección sucesivos –forzando la aparición de líneas mediante la sucesiva intersección de planos paralelos con la superficie a representar– supone una alternativa eficaz de representación gráfica desde un punto de vista descriptivo. Programas como Rhinoceros ya incorporan comandos que de forma automática generan to-

das las “líneas de cota” respecto de una superficie dada, una dirección normal y distancia fijada respecto de los planos de corte. Con todo, el hecho de que para el levantamiento fotogramétrico exista una relación unívoca entre los puntos de la nube y los del modelo real hace que la veracidad de la representación sea mayor cuando se proyecta la nube de puntos sobre el plano.

Al margen de la existencia de geometrías relativamente complejas derivadas de las corrientes actuales de la arquitectura que requieren de formas novedosas de grafía, también es cierto que la arquitectura construida cuenta con un factor que de forma automática e imprevista puede contribuir a complejizar la geometría original, aunque sea en términos más o menos superficiales e independientemente de la complejidad inicial de la superficie estudiada. Nos referimos aquí a la acción del tiempo sobre la arquitectura y, de forma significativa, en el caso de la arquitectura histórica con cierto grado de deterioro en su conservación. También en este caso las aproximaciones más veraces a dicha imperfecta realidad se realizarán con nubes de puntos antes que con grupos de líneas.

El levantamiento del patrimonio arquitectónico construido nunca antes ha tenido un reflejo más fiel que el que significan los modelos digitales en forma de nube de puntos o los modelos de mallas y texturas generados a partir de ellos en fases posteriores. Hasta ahora, para la representación de estos levantamientos se recurría a la representación con líneas pero quizás ya no sea necesario. Los ordenadores nos permiten trabajar con agrupaciones de puntos que, considerando la escala de la representación –y por tanto de la densidad de los mismos–, pueden generar tanto las plantas, como los alzados, las secciones o los propios modelos digitales tridimensionales en función las intenciones o las necesidades de documentación, catalogación, estudio, análisis o soporte que se planteen. El empleo de las nuevas técnicas digi-



Fig. 8: El tiempo erosionando la arquitectura: las Cariátidas en la Acrópolis

## RESULTADOS

Antes de enumerar las conclusiones podemos establecer la serie de resultados que, entendemos, posibilita la asunción de este nuevo código gráfico basado en el punto. Agrupándolos en torno a sus objetivos, podemos establecer dos grupos de gráficos: los relativos a la descripción y los relativos a la presentación. La descripción tendría que ver con aquellos dibujos que están concebidos para transmitir datos precisos del edificio (ya sea para documentarlo o para facilitar su construcción); por ejemplo, las tradicionales plantas, alzados y secciones, realizadas en este caso con millones de puntos. La presentación tiene más que ver con los fines narrativos de lo gráfico; es decir, manifestaciones gráficas cuya finalidad es la de anticipar el aspecto visual y espacial del edificio desde un punto de vista perceptivo en lugar de describir los datos precisos y dimensionales de una obra de arquitectura. Aquí, entraría en juego la psicología de la Gestalt con los factores de densidad y escala, tal y como sucede cuando visualizamos la arquitectura construida y real.

tales aplicadas a la fotogrametría en la elaboración de levantamientos o de dibujos para la representación de geometrías complejas será pertinente y desarrollará todo su potencial únicamente en el caso de que se entienda este hecho: las nuevas posibilidades de acceso a lo gráfico generadas por el trabajo con los ordenadores invitan a repensar los modos de codificar y, por tanto, de representar la realidad. En algunos casos -por supuesto, no en todos- la codificación tradicional de la representación arquitectónica basada en líneas es el resultado de una inercia en la práctica disciplinar más que de una decisión consciente y plenamente asumida.

Todos los edificios construidos que pasan a formar parte de un patrimonio arquitectónico arrojado en la temporalidad y, por tanto, expuesto a múltiples y pequeños cambios en la forma por la acción del tiempo y el natural deterioro, requerirán acciones de restauración y acondicionamiento para su conservación. La necesidad de realizar levantamientos y contar con modelos representacionales de dichos edificios para poder intervenir

en ellos hacen de la fotogrametría digital y de la codificación gráfica a partir de la nube de puntos proyectada una herramienta narrativa capaz de describir con precisión dicha arquitectura. Un patrimonio que en un futuro podría incluir tanto edificios construidos con geometrías complejas posibles tan sólo con los actuales desarrollos digitales como edificios del patrimonio histórico en estado semi-ruinoso para los que la línea y el plano pueden resultar insuficientes como instrumentos de disección de la realidad. El descubrimiento de problemas nuevos derivados de análisis más profundos y generales, debe modificar nuestras respuestas -siempre provisionales- a contrastaciones constantemente renovadas y crecientemente rigurosas (POPPER: 1934, 262). En este sentido la nube de puntos es, más allá de la instrumentalidad derivada de la tecnología que la produce, un nuevo sistema de representación adecuado para la representación de superficies curvas -especialmente geometrías no desarrollables- que se escapan a la capacidad de la línea para sintetizar eficazmente la forma en un gráfico vectorial.

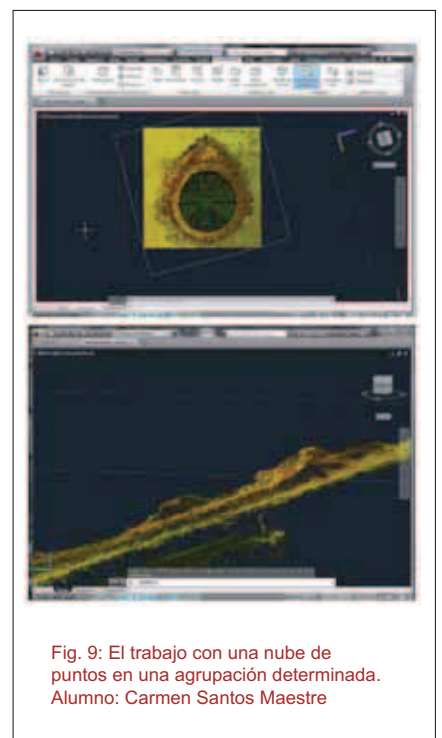


Fig. 9: El trabajo con una nube de puntos en una agrupación determinada. Alumno: Carmen Santos Maestre

Tal vez, una posibilidad potencialmente interesante desde el punto de vista de la ideación y la noción de temporalidad podría considerar el movimiento como una más de las variables que permitieran definir el espacio arquitectónico y, de alguna manera, albergar un tiempo latente en su seno. En este sentido, las reflexiones de Greg Lynn sobre este tema podrían ser consideradas como un punto de partida (Lynn, 1999). El movimiento intencional de superficies de un modelo físico -probablemente con una malla de puntos de control superpuestas mientras se realizan las fotografías del levantamiento de ingeniería revertida podría producir efectos dinámicos directos en la génesis de dichas superficies y tal vez los resultados pudieran resultar sugerentes aunque fuera en un plano únicamente experimental en un taller de proyectos.

## CONCLUSIONES

Podemos resumirlas como sigue:

- Los resultados, obtenidos gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías y su aplicación a lo gráfico, exigen replanteamientos de los problemas gráficos derivados de sus posibilidades expresivas y narrativas.

- La nube de puntos supone una base de datos de la realidad que aún con sus limitaciones es la más precisa y rigurosa con la que podemos trabajar.

- La asunción del punto y no de la línea como base de la codificación gráfica para casos especiales de geometrías complejas permite presentar resultados que superan en complejidad -capas y profundidad de lectura- a los de la codificación convencional.

- En los casos en los que la complejidad geométrica del modelo venga dada (y también en aquellos en los que por la acción del tiempo lo pueda ser en el futuro) será útil dicha asunción.

- Mediante la combinación, incluso la superposición, del dibujo de líneas derivado de la proyección del modelo 3D y de la proyección de la nube de puntos obtenemos unos resultados narrativos más expresivos que con la representación lineal tradicional y podemos lograr dibujos de presentación más interesantes y representativos de la realidad.

- A consecuencia de lo anterior, el dibujo de puntos puede convivir con el de líneas en función de las intenciones comunicativas que se pretendan.

## NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, S. 2009, *Practice: Architecture Technique+Representation*, Routledge, New York

BAUMAN, Zygmunt (2000) *Modernidad líquida*, Fondo de Cultura Económica de Argentina, 2004

COLOMINA, Beatriz (2003) "The process of design" (*Interview to Frank Gehry in Frank Gehry 1996-2003*), *El Croquis*, v.117.

D. K. CHING, F. (*conversando con*) en *REVISTA EGA N°25* (2015). Edita Ángela García Codoñer, Valencia, 2015

DIDI-HUBERMAN, Georges (2000) *Ante el tiempo. Historia del arte y anacronismo de las imágenes*, Adriana Hidalgo, 2006.

FERNÁNDEZ-GALIANO, Luis (1991) *El fuego y la memoria: sobre arquitectura y energía*, Alianza Editorial, Madrid, 1991

FLORES SOTO, J.A. (2014) *Aprender a pensar: el dibujo como herramienta de análisis* en RASMUSSEN, Steen Eiler. *Ciudades y edificios (1949)*. Editorial Reverté. Barcelona, 2014

JUAN GUTIÉRREZ, P.J. y IRLES PARREÑO, R. *Hacia una gestión eficaz de la base de datos fotográfica* en actas de XII Congreso Internacional de Expresión Gráfica Aplicada a la Edificación. Madrid. 2014

LYNN, G., 1999, *Animate Form*, Princeton Architectural Press, New York

MAEDA, J. *Las leyes de la simplicidad (2006)* Editorial GEDISA. Barcelona, 2006

POLLACK, S. 2006, *Sketches of Frank Gehry*

POPPER, Karl (1934) *La lógica de la investigación científica*. Traducido por Víctor Sánchez de Zavala (1ª edición). Madrid: Editorial Tecnos, 1962

SOLÁ-MORALES, Ignasi de (2000) *Arquitectura líquida*, DC. Revista de Crítica num. 5, Barcelona, 2001

TERZIDIS, K. (2006). *Algorithmic Architecture*. Oxford: Architectural Press

Reconocimiento: Este artículo recoge parcialmente los resultados del proyecto de investigación "Pensamiento gráfico. Percepción visual, expresión gráfica y conciencia digital" financiado por la Conselleria de Educación, Cultura y Deporte (Generalidad Valenciana), evaluado por la ANEP y obtenido en concurrencia competitiva.