

TFG

APLICACIÓN PRÁCTICA DE LA FOTOGRAMETRÍA COMO FORMA DE REGISTRO Y DIFUSIÓN SOBRE LOS OBJETOS DE TELECOMUNICACIÓN

Presentado por Marcelino Romero Bodí

Tutor: José A. Madrid García

Co-tutora: Carmen Martín Bachiller

Facultat de Belles Arts de Sant Carles

Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

Curso 2018-2019



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

RESUMEN

El Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, ubicado dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, alberga hoy uno de los repertorios más significativos de objetos de la historia de la telecomunicación, como lo reflejan sus colecciones de: imagen y sonido, instrumentación, radiocomunicaciones, telefonía y telegrafía, entre otras.

Es por eso que, la puesta en reconocimiento de estos elementos como parte de la evolución del ser humano a lo largo de las últimas décadas, ha llevado a replantearse diferentes estrategias para su conservación y sobre todo su difusión.

Esto nos obliga a la revisión de aquellos elementos pertenecientes a un pasado que aún es presente, pero adaptándolos a las nuevas formas de consumo cultural de hoy, que ayuden a la revalorización de estos referentes de la telecomunicación. Por ello, mediante el punto de vista de la prevención sobre la identidad propia de estos elementos, se ha planteado un método de actuación para este objetivo, basado en las nuevas tecnologías de la Información. Siendo este el punto de partida, y sobre el que versa este trabajo final de grado.

En esta investigación, queremos mostrar que, a través del uso de diferentes *softwares* libres, podemos ser capaces de realizar una documentación asequible a *bajo coste*. Llegando a la reconstrucción del objeto sobre un entorno virtual, mediante el uso de la fotogrametría digital como sistema de captura de información, sin descartar las posibles complicaciones que estos sistemas presenten y de ahí el diseño de un protocolo de trabajo.

Todo ello con la finalidad de ampliar los recursos necesarios para formar una difusión con mayor alcance sobre la sociedad, mediante la interacción visual del espectador dentro del espacio expositivo.

Palabras clave: Tecnologías 3D, museografía, conservación preventiva, fotogrametría, objetos de telecomunicación.

ABSTRACT

The Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, located within the Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación of the Universitat Politècnica de València, today contains one of the most significant repertoires of objects in the history of telecommunications, as reflected in its collections of: image and sound, instrumentation, radio communications, telephony and telegraphy, among others.

This is why the recognition of these elements as part of the evolution of human beings over the last few decades has led to the reconsideration of different strategies for their conservation and, above all, their diffusion.

This obliges us to review those elements belonging to a past that is still present, but adapting them to the new forms of cultural consumption of today, which help the revaluation of these referents of telecommunications. For this reason, through the point of view of prevention on the identity of these elements, a method of action has been proposed for this objective, based on new information technologies. This being the starting point, and on which this final degree work deals.

In this research, we want to show that, through the use of different free software, we can be able to make affordable documentation at low cost. Reaching the reconstruction of the object on a virtual environment, through the use of digital photogrammetry as a system for capturing information, without ruling out the possible complications that these systems present and hence the design of a working protocol.

All this with the aim of expanding the resources needed to form a wider diffusion about society, through the visual interaction of the viewer within the exhibition space.

Keywords: 3D technologies, museography, preventive conservation, photogrammetry, telecommunication objects.

RESUM

El Museu de la Telecomunicació Vicente Miralles Segarra, ubicat dins de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Telecomunicació de la Universitat Politècnica de València, alberga hui un dels repertoris més significatius d'objectes de la història de la telecomunicació, com ho reflecteixen les seues col·leccions de: imatge i so, instrumentació, radiocomunicacions, telefonia i telegrafia, entre altres.

És per això que, el reconeixement d'aquests elements com a part de l'evolució de l'ésser humà al llarg de les últimes dècades, ha portat a replantejar-se diferents estratègies per a la seua conservació i sobretot la seua difusió.

Això ens obliga a la revisió d'aquells elements pertanyents a un passat que encara és present, però adaptant-los a les noves formes de consum cultural de hui, que ajuden la revalorització d'aquests referents de la telecomunicació. Per això, mitjançant el punt de vista de la prevenció sobre la identitat pròpia d'aquests elements, s'ha plantejat un mètode d'actuació per a aquest objectiu, basat en les noves tecnologies de la Informació. Sent aquest el punt de partida, i sobre el qual versa aquest treball final de grau.

En aquesta investigació, volem mostrar que, a través de l'ús de diferents *softwares* lliures, podem ser capaços de realitzar una documentació assequible a *baix cost*. Arribant a la reconstrucció de l'objecte sobre un entorn virtual, mitjançant l'ús de la fotogrametria digital com sistema de captura d'informació, sense descartar les possibles complicacions que aquests sistemes presenten i d'ací el disseny d'un protocol de treball.

Tot això amb la finalitat d'ampliar els recursos necessaris per a formar una difusió amb major abast sobre la societat, mitjançant la interactuació visual de l'espectador dins de l'espai expositiu.

Paraules clau: Tecnologies 3D, museografia, conservació preventiva, fotogrametria, objectes de telecomunicació.

AGRADECIMIENTOS

Después de un largo proceso de trabajo, mucho esfuerzo y sacrificio, escribo este apartado de agradecimientos para finalizar mi trabajo de fin de grado.

Agradezco enormemente a mi tutor José Antonio Madrid por haberme dado la oportunidad de poder realizar este trabajo, así como ayudarme a que este trabajo haya tomado forma y que llegara a buen puerto. Y a mi cotutora, Carmen Bachiller, por haber estado disponible siempre que lo necesitaba.

A mis padres, mi hermano y a toda mi familia, por apoyarme durante toda esta etapa académica que hoy finaliza. Por confiar en mí, y estar a mi lado siempre apoyándome en todas mis decisiones. Gracias por vuestros consejos, y gracias por enseñarme a ser fuerte y no rendirme nunca.

También, quiero dedicar este trabajo a Ángela por soportarme en todo momento, por ser mi fuente de inspiración en la vida, y por ser quien soy hoy en día.

Dar las gracias a mis maravillosos compañeros de clase, en especial a Irene y Rubén, que siempre habéis estado ahí para ayudarme cuando lo necesitaba. Por ser los únicos que me han entendido tanto en los buenos como en los malos momentos, y por la ayuda que he recibido de vosotros estos años.

Por último, pero no menos importante, dar las gracias a todos los que habéis colaborado o colaboraréis en el museo, tanto personal docente como estudiantes pues sin vosotros este trabajo no sería el mismo. Gracias a todos por haberme ayudado de una forma u otra en haber acabado el Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales.

¡Muchas gracias a todos!

ÍNDICE

1. Introducción	7
2. Objetivos	10
3. Metodología	11
4. Los objetos de telecomunicación y la nueva museografía	13
4.1. El problema de los nuevos objetos de interés y la falta de estrategias para su conservación	15
4.2. La digitalización como nueva solución tanto de difusión como de preservación.....	18
4.3. Virtualización del patrimonio – Estudios de casos concreto a nivel nacional	21
5. Proceso de virtualización.....	25
5.1. Proceso de obtención de imágenes para el post.....	26
5.1.1. Trabajo de toma de imagen realizado <i>in situ</i>	27
5.1.2. Trabajo de toma de imagen en estudio.....	29
5.2. Calibración con agisoft lens	31
5.3. Recomendaciones finales para el uso de la cámara en esta sistematica de trabajo	33
5.4. Procesado de las imágenes	34
5.4.1. Inserción de puntos de control	35
5.4.2. Obtención de la nube de puntos.....	37
5.5. Exportación de resultados y visualización	39
5.5.1. Optimización del modelo virtual.....	40
5.5.2. Eliminación de deformidad en el modelo fotogramétrico	41
5.6. Difusión del modelo 3D	42
6. Conclusiones	45
7. Futuras líneas de trabajo	47
8. Bibliografía.....	49
9. Índice de figuras y de tablas	55
Anexo I: sistematica aplicada en el porcesado de las imágenes	58

1. INTRODUCCIÓN

La naturaleza propia del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra situado en la Universitat Politècnica de València (UPV), desde sus inicios en 2005, parte de las propias donaciones que se han ido recopilando a lo largo de los años, contando con más de seiscientas piezas comprendidas entre los siglos XIX, XX y XXI, referidos a objetos con una tipología variada respecto al ámbito de la telecomunicación.

El número de piezas que se albergan dentro de este museo y que hoy alcanza más de 601 entradas, se ha ido ampliando gracias a las continuas donaciones que el museo obtiene por parte de donantes anónimos sin ánimo de lucro e instituciones relacionadas con el mundo de las telecomunicaciones.

Bajo el nombre del que fue el primer Ingeniero de Telecomunicación valenciano, Vicente Miralles Segarra, este museo pretende transmitir y poner en práctica los valores de los objetos de telecomunicación, que han marcado una parte fundamental de la evolución de nuestra comunicación más reciente. Entre sus fondos, encontramos una infinidad de objetos con identidad propia como son las centralitas, los teléfonos de baquelita e incluso radios de distintas épocas (fig.1). Objetos singulares que le dan el carácter a dicho museo.



Fig.1. Radios de distintas épocas expuestas dentro del museo Vicente Miralles Segarra.

La ubicación de este museo dentro de una institución como es la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT), tiene expuestas al público 250 piezas que corresponde al 40 % de toda su colección, situadas en cinco áreas distintas del espacio museístico. Que distribuyen la exposición en: imagen y sonido, instrumentación, radiocomunicaciones, telefonía y telegrafía, entre otros.

Las características propias de fabricación de estos objetos de telecomunicación, y la ubicación de los mismos dentro del museo, replantean una serie de cuestiones referida a la dificultad que rige en gran parte a su conservación. Por ello, dentro de este trabajo de fin de grado, hemos querido abordar el problema de la conservación de estos elementos, a través de la aplicación de un plan de conservación preventiva, basada en las nuevas *tecnologías de información y comunicación (TIC)* y, a raíz de ello la activación de su valor patrimonial.

A través de estas características, la colección sobre la que se versa todo el trabajo de investigación es la referida a los objetos de telefonía y telegrafía, ya que se presentan como la colección con mayor número de objetos, siendo casi el 31% de los objetos que conforman dicho museo (tabala 1).

Tabla 1: porcentaje de piezas dentro del museo

COLECCIONES	Nº PIEZAS	(%)
Telegrafía	53	9,5%
Telefonía	172	30,8%
Imagen y sonido	221	39,6%
Instrumentación	114	20,4%
Radiocomunicaciones	15	2,6%

Gracias al uso de estas herramientas digitales, y sus técnicas expositivas basadas en el uso de diferentes *softwares* libres, puede servir como una medida de prevención sobre la identidad propia de este caso de estudio. Así como realizar una exposición infográfica mucho más atractiva y didáctica, que ayude a dar a conocer más rápido todas las áreas del patrimonio.¹

Con la elaboración de este trabajo, se pretende realizar la puesta en conocimiento de esta parte del patrimonio, mediante los diferentes recursos tecnológicos que podemos encontrar a la hora de realizar cualquier trabajo de divulgación, partiendo desde una metodología de *bajo coste*. Como son el uso de la fotogrametría y los sistemas de reproducción en 3D, con la intención de generar una conciencia social alrededor del patrimonio cultural que nos rodea.

¹ UNESCO. *Las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza*, 2005 ,p.33.

Es cierto que, desde su descubrimiento, la fotografía ha servido como un recurso dúctil en el análisis científico de los objetos. Sin embargo, la fotogrametría nos introduce en nuevos aspectos dentro del campo de la fotografía, que pueden llegar a ser complejos sino se tiene un conocimiento previo de las condiciones que tienen que adoptar estas imágenes.²

Es por ello que, para conseguir los objetivos descritos, dentro de este trabajo de final de grado pretendemos indagar en el marco teórico que está relacionado con las estrategias de virtualización de los objetos, en este caso de la telecomunicación, tratando de analizar todos los aspectos relacionados con los objetos singulares que queremos digitalizar, incluso buscando referentes que se han desarrollado hoy en día en el mundo de los museos.

Este marco teórico será base para el establecimiento de todos los puntos del trabajo dentro del proceso de virtualización del objeto, como son: la toma de imágenes, el proceso de calibración de estas imágenes, su procesado posterior y su exportación. Aplicando estas medidas como parte de una metodología de conservación preventiva sobre este caso de estudio.

Mediante la utilización de varios *softwares* libres, se pretende elaborar un modelo 3D, capaz de ser difundido por diferentes *blogs* de fomento científico. A través de una sistemática de trabajo basado en toma de imágenes, abordando todo el post-proceso de las mismas hasta la realización de un modelo virtual que se ciña al objeto real, mediante el uso de una textura fotorrealista para su acabado.

Pero también a través de este trabajo pretendemos reconocer todos los problemas que la técnica plantea en este momento. De esta manera en unas futuras líneas de investigación se podrían ir solucionado de forma particular cada uno de los aspectos que hoy son variables a solucionar.

² ELTNER, A., et al. *Image-based surface reconstruction in geomorphometry – merits, limits and developments*, 2016, p. 371.

2. OBJETIVOS

A raíz del objetivo principal que se dirige a generar un plan de prevención sobre la identidad propia de los objetos de telecomunicación, surgen dentro de esta metodología de trabajo diferentes propósitos, que permiten la descripción tanto del marco teórico como de los objetivos generales, así como la definición de los objetivos específicos realizados en el presente trabajo.

Se plantea como objetivo más inmediato el generar una imagen virtualizada del caso de estudio, con la intención de dar a conocer dichos elementos mediante su reconocimiento y puesta en valor, a través de la difusión que podemos realizar sobre este elemento virtualizado.

Por otro lado, este trabajo debe de servir de herramienta para futuras líneas de investigación y divulgación del patrimonio, basadas en la virtualización de los elementos de interés a un *bajo coste*. De la misma forma, a través de este método, se busca realizar un manual de consulta para futuros interesados en esta disciplina de documentación sobre el patrimonio, facilitando así la puesta en funcionamiento de esta metodología de trabajo, estableciendo el resultado obtenido como base de apoyo a otras actividades, como pueda ser la interacción de este recurso en distintas plataformas virtuales, para dar a conocer las diferentes colecciones que conforma dicho museo, y con ello realizar una puesta en valor.

Así como conocer la repercusión de la utilización de estas nuevas tecnologías sobre un caso de estudio determinado. Buscando la realización de un trabajo multidisciplinar entre diferentes ámbitos del patrimonio, que interactúen en la realización de un breve desarrollo teórico-práctico de la aplicación de estos recursos virtuales, con la mirada puesta en su exposición, tanto presente como futura.

A través de lo expuesto anteriormente se plantean los siguientes objetivos:

Los objetivos generales son:

- Diseñar una estrategia de difusión sobre los objetos de telecomunicación de la colección.
- Revalorizar la colección de los objetos referidos a la historia de la telecomunicación.

Los objetivos específicos son:

- Revisar el uso de la fotogrametría aplicada sobre objetos de interés.
- Sistematizar un protocolo de realización de un modelo virtual en 3D.
- Analizar los diferentes recursos expositivos de difusión sobre el patrimonio.

3. METODOLOGÍA

En primera instancia, con el fin de tener una visión global sobre los objetos de telecomunicación, se ha realizado un trabajo de investigación sobre los temas que se han considerado anexos a la práctica de digitalización. Se ha realizado en primer lugar un estudio sobre los objetos de telecomunicación, y el por qué realizar una virtualización sobre los mismos, abarcando desde la noción de museo, hasta la necesidad de preservar el patrimonio. Todo ello ayudando a establecer el marco teórico para la realización del trabajo en el caso de estudio seleccionado.

Este sistema de prevención y difusión sobre la identidad propia del patrimonio, se aborda mediante la revisión de tres casos llevados ya a la práctica, que son ejemplo de diferentes recursos expositivos y formas de difusión del patrimonio. Las estrategias que se plantean en los tres casos, pueden repercutir sobre nuestro objeto de interés.

Asimismo, a través de los beneficios que podemos extrapolar de estos ejemplos, se pretende el análisis de los nuevos avances tecnológicos aplicados en el proceso de documentación y virtualización de objetos referidos a la telecomunicación, más concretamente sobre los teléfonos de baquelita pertenecientes a los años 60. Por sus diferentes características expositivas sobre este caso de estudio, podemos potenciar de forma no intrusiva la revalorización de este objeto, mediante una reproducción símil de la misma.

Estos teléfonos se pueden considerar como objetos complejos por ser elementos con un destacado brillo, así como una textura lisa sin apenas detalles en su superficie. Sin embargo, esta serie de características se vuelven cruciales para entender el proceso de digitalización y sus posteriores trabajos, con el fin de subsanar una serie de desperfectos en el resultado final.

Es por eso que, mediante el denominado trabajo de campo, se ha indagado en el uso del software de *Agisoft Photoscan*, cogiendo como ejemplo, el caso práctico del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra.

El propósito de este trabajo se centra en el desarrollo de un sistema de exposición, en el cual, se involucre la experiencia del espectador mediante un canal visual de expresión. Por lo cual, la búsqueda de información ha sido una recopilación actualizada de las herramientas utilizadas en el patrimonio, respecto a la documentación y catalogación del mismo, incluyendo técnicas de registro virtualizado y difusión.

La gestión que se debe de realizar sobre los riesgos esenciales que podemos encontrar a la hora de planear el método de actuación, es un factor a tener en cuenta. Estos riesgos propician la aparición de diferentes imprevistos en el proceso, que pueden tener una repercusión sobre el resultado final. Para ello se debe de llevar a cabo una planificación óptima del trabajo, mediante el estudio morfológico del objeto de estudio, sacando el mayor rendimiento a los recursos utilizados.

Es por ello que, a través de las diferentes imágenes capturadas mediante el proceso de fotogrametría, se obtienen los recursos básicos para poder realizar un modelo tridimensional. A través del alineamiento de estas imágenes dentro del programa de *Agisoft Photoscan*, se obtienen diferentes pasos en los cuales deberemos subsanar diferentes desperfectos obtenidos en este proceso.

Tras los resultados obtenidos mediante la obtención de la nube de puntos y la eliminación de polígonos externos al objeto virtualizado, se procederá a la generación de una malla de toda la superficie y su posterior texturizado, para formar un objeto virtual sólido, que ayude a la reproducción más similar de su morfología, mediante la unión de los diferentes polígonos dispersos. Concluyendo en la extracción de mapeado, que garantiza un resultado fotorealista, simulando al material original.

Cabe destacar que estas herramientas virtuales no están tan reguladas por normativas como es en el caso de las intervenciones sobre obras reales. Por ello, nos basamos en los diferentes congresos referidos a la virtualización del patrimonio, para generar un escrito fidedigno a las actuaciones que se están llevando a cabo actualmente.

4. LOS OBJETOS DE TELECOMUNICACIÓN Y LA NUEVA MUSEOGRAFÍA

El aspecto a destacar, como hemos indicado, dentro del museo de Telecomunicaciones Vicente Miralles Segarra, es la gran diversidad de elementos que se han ido recogiendo en el museo a lo largo de los últimos años, y en ello la dificultad que supone una exposición de estas características.

Inscribir estos elementos de telecomunicación dentro de una función específica, que permita plantear una definición concreta de este tipo de museos, puede ser una labor complicada. Por que aunque todos ellos se caracterizan por tener un nexo común dentro de la exposición, por tener como referente el entorno de la telecomunicación, no existe una homogeneidad en ellos. La colección presenta diferencias no solo en materiales que sería la clave para su conservación, sino diferencias en su funcionalidad que son determinantes para su comprensión. Pero en vez de restar, esta diversidad suma, porque los convierte en objetos de interés para un amplio rango de visitantes.

Registrar estos objetos de telecomunicación dentro de una clasificación específica, puede ser una labor compleja, pero debemos considerar a través de sus propias características que, estos objetos contemplan diferentes ramas del patrimonio, inscribiéndose dentro del ámbito tecnológico, científico e industrial.¹ El problema que encontramos es que, desde el punto de vista de la museografía todavía no se ha razonado suficientemente el tipo de exposición adecuado para este tipo de objetos (fig.2).²

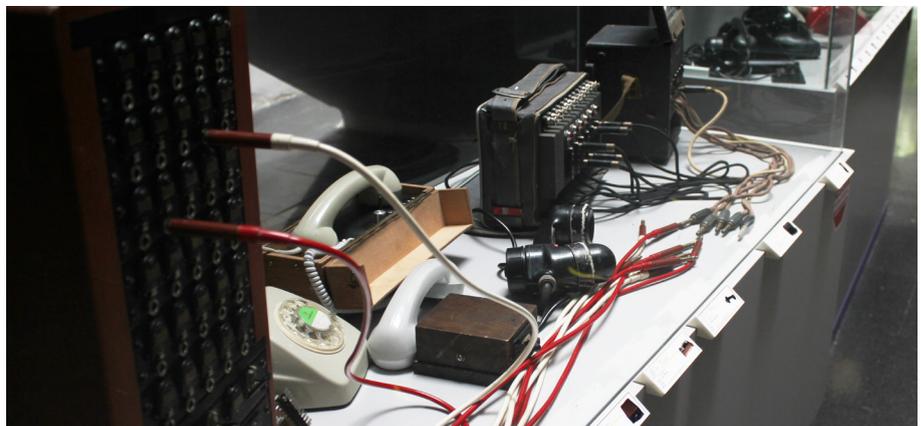


Fig.2. Diferentes objetos expuestos dentro del museo Vicente Miralles Segarra.

¹ Haciendo una primera aproximación, el patrimonio industrial hace alusión a todo aquel objeto material que albergue un interés cultural inscrito dentro de los siglos XVIII-XX. Pero cabe destacar, que dentro de este término, también se inscriben los elementos arquitectónicos llamados "arquitectura arqueológica industrial", donde se hace alusión a los testigos de edificios en ruinas de esta época.

² GILBERT, L. M. *El patrimonio industrial y los museos: evolución histórica y propuestas museísticas en Europa*, 2018, pp. 385-387.

Es por eso que, el entendimiento de dichas colecciones ubicadas dentro de esta institución y su exposición, puede ser un punto crítico de atención que repercute en el tipo de disposición del espacio, donde todos los objetos queden integrados y puedan ser comprendidos por el espectador. Podríamos definir según la clasificación establecida por Belcher en 1991³, que este museo emplea la utilización de una exposición didáctica, a través de los recursos auxiliares que se pueden encontrar dentro de estas salas como elementos interpretativos, algunos de ellos emblemáticos como son los telégrafos e incluso los teléfonos de baquelita.

Este museo nació con una intención didáctica a través de su ubicación dentro de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT). De ahí que, este nuevo sistema de trabajo tiene como punto de partida, la relación entre los elementos que confieren la lectura global del objeto y su entorno, sin ser estos casos aislados. Por ello, es importante establecer un espacio de diálogo y difusión del contenido expuesto, con nuevas fórmulas de representación de los objetos a fin de conseguir un mayor realismo en su contextualización⁴, que genere una gran aportación en el modelo de exposición y divulgación de los elementos que se inscriben dentro de las colecciones, reflejando una revalorización de los mismos.

El modelo de exposición adoptado, esta creado con la intención de aproximar los diferentes objetos de telecomunicación al espectador, formando un recorrido visual en el espacio expositivo, desde sus comienzos, hasta los elementos más peculiares, utilizando nuevos recursos digitales de la vida cotidiana para su representación.

Por lo tanto, la metodología de trabajo adoptada dentro de este trabajo de fin de grado, tiene un marcado carácter visual como un nuevo instrumento infográfico dentro del entorno museológico. Basándose dentro de la colección de telefonía y telegrafía del museo, en aquellos teléfonos comerciales para uso doméstico de los años 60 (fig.3).



Fig.3. Telefonos de distintas épocas expuestas dentro del museo Vicente Miralles Segarra.

³ BELCHER, M. *Organización y diseño de exposiciones. Su relación con el museo*, 1994.

⁴ ANDREU, A. *Los museos de etnología en Europa: entre la redefinición y la transformación*, 2012, p. 88.

4.1. EL PROBLEMA DE LOS NUEVOS OBJETOS DE INTERÉS Y LA FALTA DE ESTRATEGIAS PARA SU CONSERVACIÓN

A lo largo de estas últimas décadas, la creciente ampliación sobre el concepto de patrimonio, y la diversidad de sus corrientes, ha generado un nuevo interés en torno a los elementos que se integran dentro de un pasado aún presente en la conciencia social. Todos estos objetos pertenecen a la vida cotidiana, como son los gramófonos, las máquinas de escribir, e incluso los teléfonos de baquelita, afectan a la denominación de los objetos de telecomunicación (fig.4-6).



Fig.4. Modelo de gramofono de c. 1887.

No obstante, estos objetos de telecomunicación, suscitan en la actualidad numerosos interrogantes respecto a su acotación en base a los materiales constituyentes. Ya que nos introducen en un nuevo contexto, donde se incluyen objetos materiales con una tipología variada, tanto en su origen como en su creación. Pero no debemos de olvidar, que estos objetos se incluyen dentro del reconocimiento del patrimonio cultural, puesto que son elementos testimoniales de la creciente evolución técnica e industrial de la cultura.⁵

Como ya recoge Rodríguez en su libro *El valor de las emociones para el análisis cultural* de 2008, dice que la sociedad actual es una comunidad en proceso evolutivo y cambiante.⁶ Y es por eso que, el concepto existente de patrimonio cultural se debe entender como un recurso social, donde su intención principal es recuperar cualquier objeto significativo de la práctica cultural.⁷



Fig.5. Modelo de máquina de escribir Junior Premier de los años 1930.

El giro que toma este nuevo conjunto de recursos, vuelve más complejo este término, puesto que es cada vez menos restrictivo⁸ como resultado del progreso socio-cultural, en la salvaguarda de aquellos elementos representativos de la identidad propia de una sociedad.

Actualmente, se conserva una amplia variedad de testimonios que permiten la investigación y divulgación de este tipo de patrimonio, mediante una percepción global que agrupa estos objetos de telecomunicación, como son: los objetos telegráficos, la telefonía, la radiocomunicación o los equipos audiovisuales.



Fig.6. Teléfono Español Fabricado por Telefónica en los Años 40-50.

El problema más común que nos encontramos en el ámbito de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, es considerar como preservar estos objetos de interés cultural. Ya que la cultura material, no puede ser elemento de replazo⁹, puesto que es sobre todo un documento histórico,

⁵ JEFATURA DEL ESTADO, núm. 155, «BOE» de 29/06/1985. art. 49.

⁶ RODRÍGUEZ, T. *El valor de las emociones para el análisis cultural*, 2008, pp. 148-149.

⁷ MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE. *La definición del IPC sobre Plan Nacional de Patrimonio Industrial*.

⁸ PARDO, C.J. *La reutilización del patrimonio industrial como recurso turístico. Aproximación geográfica al turismo industrial*, 2004.

⁹ ICOM. *Conferencia de Nara sobre la autenticidad*, 1994, p.1

que adquiere una revalorización con el paso del tiempo. Pero las tecnologías aplicadas al patrimonio, han generado una participación efectiva de la sociedad en la conservación de estos objetos de consumo.

La revalorización que adquieren muchas veces estos elementos con carácter histórico, son reflejadas en el valor o estima que tiene una sociedad por el objeto como forma de expresión cultural. En grandes ocasiones, la naturaleza propia del objeto y la distancia temporal, puede facilitar la observación positiva del elemento, dentro de las necesidades de consumo de una sociedad, pero a diferencia de otros objetos con interés cultural, los objetos de telecomunicación o, en su misma situación el arte contemporáneo no admite tal clasificación, ya que al igual que la sociedad, estos objetos se han ido adaptando a las nuevas modas y costumbres (fig.7).



Fig.7. Detalle de diferentes teléfonos de baquelita expuestos dentro del museo.

La reconstrucción o creación de un nuevo modelo tridimensional como método científico de análisis, a través de la fotogrametría y los sistemas de reproducción en 3D ofrecen grandes posibilidades, donde no solo está presente una recreación del objeto, sino que además éste, es capaz de expresar o transmitir toda la información necesaria de un modo más simple y clara.

Cabe destacar que el empleo de estas herramientas no debe de convertirse en un objeto de interés, sino tan solo una herramienta de difusión.¹⁰ El problema que se produce cuando se realiza una virtualización, es determinar de forma más precisa entre el valor de aquellos elementos auténticos y aquellos añadidos mediante la creación de un nuevo modelo tridimensional virtualizado.

¹⁰ RASCÓN, S.; SÁNCHEZ, A. L. *Las nuevas tecnologías aplicadas a la didáctica del patrimonio*, 2008, pp.73-76.

De ahí que, una imagen virtualizada del objeto no debe, ni puede suplantar nunca a la materia presente, por ello hay que proteger todos aquellos elementos que se conserven del objeto original. Estos sistemas, son capaces de recrear sobre la materia situaciones anteriores que ayuden a la comprensión de la misma. Pero es cierto que la materia, no puede recuperar el estado original, ya que la pátina del tiempo otorga un valor añadido a lo que consideramos como auténtico.

Por esa misma razón, este tipo de objetos, no deben de entenderse como elementos estáticos, ya que la sociedad cambia y con ello la observación de éstos. Los recursos aplicados sobre el patrimonio, se presentan como una herramienta útil en la gestión de estos objetos, que puede modificar la interacción entre el espectador y las colecciones expuestas dentro de una institución.

Las aportaciones realizadas a través de la utilización de nuevos avances tecnológicos¹¹, como es la utilización de la realidad virtual, puede presentar nuevas formas de concienciar a la sociedad sobre el patrimonio que nos rodea.¹² Las posibilidades que nos da este tipo de intervención considerada como no invasiva, se presentan como un recuso expositivo, mediante la interacción visual con el espectador¹³, inscrita como un recurso dentro del plan de conservación preventiva, dado sus características como objetos de comunicación.

Con estas consignas, podemos generar elementos auxiliares que formen una herramienta informativa más visual, mejorando la imagen del museo tradicional cada vez más atractiva, para el proceso de patrimonialización y puesta de valor del patrimonio. Pero como cita Knell:

Sin embargo, no importa cómo uno anima el objeto digital o lo captura en alta resolución, el objeto recibido a través de un monitor parece remoto. Su materialidad, su ser, su existencia como prueba, como evidencia, su verdadero valor, sigue siendo ilusoria. La experiencia emotiva de ver lo real, requiere de lo real y ningún sustituto lo hará. Un visitante virtual puede entender mejor las cosas y preparado para interpretarlas cuando lo observen, pero reciben esos peculiares atributos de las cosas reales solo a través del compromiso del mundo real.¹⁴

La puesta en valor de esta parte del patrimonio es fundamental, adaptándolos al aporte y a los beneficios que puedan facilitar en todo momento el interés de revalorización de estos objetos.¹⁵ Ya que, si caen en desuso por la comunidad, pueden llegar a la desactivación.¹⁶ Y por consiguiente a la desaparición del objeto en el olvido.

¹¹ CASTELLS, M. *La revolución de la tecnología de la información*, 2002.

¹² SANTACANA, J. SERRAT, N. *Museografía didáctica*, 2005, p. 52.

¹³ DURÁN, G.; FELICISIMO, A.M; POLO, E.M. *Science, Technology and Cultural Heritage*, 2014, pp. 363- 367.

¹⁴ KNELL, S. J. *The shape of Things to Come: Museums in the Technological Landscape*, 2003, p. 140.

¹⁵ PARDO, C. J. *La reutilización del patrimonio industrial como recurso turístico. Aproximación geográfica al turismo industrial*, 2008, pp. 148-149.

¹⁶ La desactivación de un objeto, se produce al perder la importancia identitaria que adquiere un elemento cultural dentro de un colectivo.

4.2. LA DIGITALIZACIÓN COMO NUEVA SOLUCIÓN TANTO DE DIFUSIÓN COMO DE PRESERVACIÓN

El creciente interés por estos objetos testimoniales y los cambios sociales de consumición, han replanteado una nueva metodología de divulgación y difusión de estos objetos de interés. Y es por eso que, la finalidad de cualquier museo, se inscribe dentro de un ejercicio de responsabilidad coherente a las demandas de una sociedad evolutiva y cambiante.¹⁷

Mediante el museo de la telecomunicación Vicente Miralles Segarra, se planteó una mejora del espacio museístico. Como una acción dirigida a facilitar la promoción y divulgación de las colecciones, basada en las técnicas expositivas que nos ofrecen las herramientas virtuales de 3D, sin limitarse única y exclusivamente a la exposición de los objetos dentro de sus salas (fig.8).

Según Maure, refiriéndose a las estrategias de una nueva museología:

La exposición es un método, que, constituye uno de los más importantes útiles de diálogo y concienciación de que dispone el museólogo con la comunidad.¹⁸

Estas colecciones tienen una exposición permanente, pero cabe destacar que este tipo de objetos están sujetos a unos cambios continuos, ya sean por remodelaciones o cambios de diseño. Sin embargo, la complejidad que reside en estas instituciones, es el acomodamiento de los recursos expositivos a las demandas sociales¹⁹, y con ello las directrices que rigen las funciones propias del museo.²⁰



Fig.8. Diferentes objetos expuestos dentro de las salas del museo.

¹⁷ UNESCO. *La conservación de los bienes culturales: museos y monumentos*, 1969, pp. 21-30.

¹⁸ MAURE, M. *¿La nouvelle muséologie – qu'est-ce-que c'est?*, 1996, pp. 127-132.

¹⁹ La importancia que reside en estos objetos del pasado, depende en gran medida de la comunidad que lo rodea. Es por eso que, las comunidades construyen el patrimonio.

²⁰ SCHWEIBENZ, W. *El desarrollo de los museos virtuales*, 2004.

Así pues, la visión que debe adoptar el objeto dentro de un espacio expositivo debe de hacerse de forma activa, entre la interacción del espectador con las colecciones, contribuyendo a una mejor lectura del objeto dentro de este entorno que lo confiere. Y por ello, generar una forma de comunicación mucho más amplia, para destacar el valor de reconocimiento de los elementos originales, que garanticen el acceso a la participación directa y colectiva del espectador, mediante herramientas tecnológicas cercanas de su vida cultural²¹, utilizadas de forma creativa.²²

Gracias a la evolución de las nuevas tecnologías y el desarrollo de *softwares* capaces de generar volúmenes tridimensionales, podemos ser capaces de recrear el elemento de interés, mediante una previsualización del mismo. Inscribiendo esta actividad como una acción preventiva sobre el objeto, que disponga el elemento de interés como forma de estímulo a la participación.

Las acciones de activación sobre este recurso cultural, aumenta la formación del público que consume dicha imagen, y es por ello que, la mejor forma de preservar el objeto, es dándolo a conocer.²³ Por ello, debemos ser capaces de gestionar este contenido virtual, mediante los recursos que nos facilitan diferentes portales *web* de difusión. Este proceso se vuelve fundamental, aportando una comprensión mucho más didáctica al público.²⁴

Estas nuevas herramientas de difusión, se disponen como un recurso útil, para crear una sala única que complazca las necesidades esenciales del espectador²⁵, a través de la utilización de una realidad alternativa. Sin embargo, una buena representación virtual de estos objetos, debe de adaptarse a aquella suma de características que, de algún modo, cree un equilibrio entre los valores históricos y aquellos elementos añadidos. Ayudando a la visualización de estos objetos a través de la interacción con el espectador, que ayude a la comprensión de las colecciones expuestas.²⁶

²¹ Estas herramientas son los smartphones o tablets. Estos dispositivos utilizados como sistemas de ayuda dentro del museo, puede acrecentar el dinamismo entre el objeto y el espectador.

²² VETTESE, A. *El arte contemporáneo entre el negocio y el lenguaje*, 2012, p.22.

²³ SILVESTRE, R.; SENABRE, C. *Hacer y dejar hacer. Políticas culturales y mediación pública en las artes visuales*, 2013, p. 64.

²⁴ LÓPEZ, F. J. *La infografía3D como sistema de documentación y divulgación*, 2007, pp. 436-438.

²⁵ El contenido expositivo del objeto y fomento de la información expuesta, debe de dar un nuevo enfoque creativo. Aportando un gran interés por la educación, apto para todos los niveles culturales.

²⁶ CORDÓN, D. *Evolución conceptual del museo como espacio comunicativo*, 2018, pp. 485-500.



Fig.9. Las gafas de realidad aumentada, donde el espectador se introduce dentro de un espacio virtualizado pudiendo observar el objeto dentro a un alcance muy próximo.

Podemos definir esta concepción de realidad alternativa, mediante la creación de una interacción de mayor o menor grado mediante:

a) Sistemas inmersivos:

El espectador está íntimamente ligado con la visualización. La escenificación del contenido involucra de manera directa al espectador, ya que este es capaz de englobarlo dentro de la imagen que se proyecta a tiempo real, a través de la utilización de diferentes accesorios (gafas, cascos), los cuales actúan como controladores de la interacción entre el usuario y la proyección, pudiendo modificar el espacio de manera particular, dentro de las limitaciones oportunas.

Un ejemplo práctico podría ser el uso de las *Oculus Rift* o las *Gear VR*, donde estas imágenes, se registran por medio de *softwares* especializados y a tiempo real. Las imágenes, que son transmitidas a las gafas abarcan un campo visual completo de 360° (fig.9).

b) Sistemas no inmersivos:

Este tipo de representación, hace alusión a la realidad aumentada, que se caracteriza por una visualización, en la cual, el espectador únicamente observa dicha escena a través de una pantalla o monitor (fig.10).

Sin embargo, no hay que olvidar que estos recursos virtuales carecen de valor físico, pero pueden mostrar todos aquellos valores culturales que se vinculan dentro del acervo del objeto. Haciendo posible un museo con un método divulgativo mucho más pedagógico²⁷ para comprender las colecciones que se inscriben dentro de una institución.²⁸ Siendo los registros o documentos realizados, el discurso expositivo que mejor pueda difundir y fomentar la educación.²⁹

Según ICOM, en su última revisión del Code of Ethics for Museums, indica que:

Cada oportunidad debe ser usada para informar y educar al público sobre los objetivos, propósitos y aspiraciones de la profesión para desarrollar una mejor comprensión pública de las contribuciones de los museos a la sociedad.³⁰



Fig.10. Mediante los *smatphones*, podemos ser capaces de visualizar de una manera más sencilla toda la información necesaria de aquello que se nos muestra. Esta técnica informativa, se incorpora dentro de la realidad virtual.

El restablecer el patrimonio, es un punto de fuente potencial económica, que con la rehabilitación funcional y estética del material (unidad potencial), así como a la accesibilidad de estos materiales, y su forma de exposición puede propiciar un aumento del turismo cultural.

²⁷ No es coherente mantener la estructura de un museo clásico cuando los objetos que contienen en su espacio, no se adecuan a este fin.

²⁸ SABATINI, M. *Centros de ciencia y museos científicos virtuales, teoría y práctica*.

²⁹ ROTAECHE, M. *Conservación y restauración de materiales contemporáneos y nuevas tecnologías*, 2011.

³⁰ ICOM. *Code of Ethics for Museums*, 2004.

4.3. VIRTUALIZACIÓN DEL PATRIMONIO – ESTUDIOS DE CASOS CONCRETO A NIVEL NACIONAL

La preocupación por salvaguardar cualquier manifestación del patrimonio cultural, debe ser una parte fundamental en el ámbito de la Conservación y Restauración de Bienes Culturales, para el establecimiento de un método de participación del colectivo en la transmisión de este legado a futuras generaciones, por ser parte de una fuente testimonial de la evolución del ser humano y todo aquello que lo rodea.

Estos elementos actúan como vínculo entre generaciones pasadas, que sirven como guía a las generaciones futuras³¹, manifestándose en un conjunto de elementos naturales tangibles e intangibles, heredados del pasado o creados recientemente.³²

En el ámbito nacional, podemos observar la divulgación expositiva que realizan algunos de los cuerpos más destacados en el sector museístico sobre el patrimonio, mediante las herramientas auxiliares que proporcionan el desarrollo de recursos multimedia, aplicados sobre los propios bienes.

A continuación, se presentan algunos de los casos más significativos que pueden servir de ejemplo en nuestro trabajo. En ellos destacaremos cuales son los puntos de interés a tener en cuenta para mostrar como la virtualización del patrimonio, y la adaptación de las tecnologías de la información para su difusión, pueden servir de material auxiliar a la documentación tradicional, capaz de introducirnos en aspectos más profundos que revaloricen la idea del objeto³³ adaptándose al bagaje cultural conservado.

Sin embargo, no solamente pretenden transmitir el objeto en su forma óptima, sino todo aquello que podemos llegar a contemplar gracias a él, pretendiendo lograr un cierto modelo del objeto, que añada todos aquellos contenidos que lo rodean. Mediante los elementos sonoros o la temática que lo rodea, puede ser capaz de potenciar y revivir experiencias pasadas dentro del acervo cultural.

Todo elemento que se incorpore dentro de un ámbito tecnológico queda registrado en forma de catalogación, capaz de exponer el patrimonio con mayor rango de difusión, constatando los sucesos que la confieren tal y como se presente en la actualidad.

³¹ BALLART, J ; TRESSERRAS, J.J. *Gestión del patrimonio cultural*, 2010, p.13.

³² UNESCO. *Recomendación sobre la preservación de bienes culturales en peligro por obras públicas o privadas*, 1968.

³³ Esta idea preconcebida, hace alusión a representaciones del objeto de interés que podemos ser capaces de reconocer dentro de una situación en el tiempo, de forma concreta.

a) *Sant Climent de Taüll*

En la localidad barcelonesa de Taüll, encontramos un ejemplo de proyecto museográfico a través de la reincorporación de las pinturas en el espacio, favorecido al desarrollo de una nueva escenificación sobre el patrimonio desaparecido.

Esta compleja aplicación, viene dada por la técnica del *mapping*³⁴. Esta técnica, consta en reproducir la escena digitalmente mediante un escaneado 3D laser. Los fotogramas realizados, son editados restituyendo las zonas perdidas para reproducir el legado artístico perdido.

Posteriormente, se genera una proyección adaptativa del modelo 3D, sobre la superficie y los restos de material original, para reincorporar la imagen en el espacio arquitectónico (fig.11).

Esta restitución consta como un sistema virtual no inmersivo de enseñanza, que dan a conocer cómo eran las pinturas dentro de la iglesia de Sant Climent de Taüll, en el siglo XII. A través de la musealización sobre el espacio, y restituyendo aquellos faltantes en el soporte mural, podemos facilitar una interacción con el espectador, que faciliten su lectura, buscando en todo momento la esencia³⁵ de los restos que se conservan.



1955-2013

2013

Fragmentos Originales

Reconstrucción 1123

Fig.11. Evolución de los diferentes estados del ábside a lo largo de los años.

³⁴ Esta herramienta se basa en la proyección directa de un video, sobre una superficie, en la cual quedan integradas dentro de este espacio animado los restos originales. Generando diferentes movimientos escenificados de la obra, que dan o un carácter dinámico a la proyección.

³⁵ MATEOS, S. M.; GIFREU, A. *Reconstrucción y activación del patrimonio artístico con tecnología audiovisual. Experiencia de Taüll 1123*, 2014, pp. 528-532.

b) Yacimiento Ibero Romano de Cástulo en un entorno virtual

En el yacimiento Ibero Romano de Cástulo ubicado en Linares³⁶ (Jaén), encontramos un ejemplo de proyecto museográfico a través del uso de la realidad aumentada, mediante la creación de una aplicación para *smartphones* que se puede instalar gratuitamente desde la tienda de *PlayStore* (fig.12-14).

En este caso, la técnica utilizada ha sido el análisis geográfico basado en los datos *LiDAR*³⁷, permitiendo el acercamiento del patrimonio a los visitantes, de manera mucho más sencilla, mediante la recreación a través de la pantalla, de las diferentes infraestructuras que se conservan y aquellos elementos que lo rodean.³⁸

Este sistema de virtualización sirve como recurso lucrativo, con la intención de dar un valor conmemorativo a los vestigios que se conservan en el mismo sitio, y que puede recrear una situación anterior de la materia presente, presentándose cómo era esta localización en su estado primigenio. Para ello, el espectador solamente se debe enfocar con la cámara posterior del móvil sobre el espacio para poder visualizar esta recreación virtual del espacio.



Fig.12. Mosaico de los amores (Cástulo), vista original.

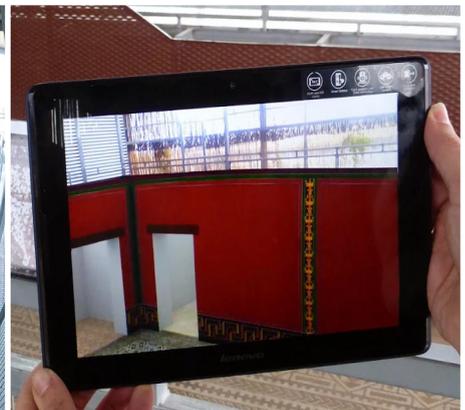


Fig.13. Mosaico de los amores (Cástulo), visto desde la aplicación para *smartphones*.



Cástulo Virtual

esTRESd Patrimonio Virtual Educación

★★★★★ 27

PEGI 3

Esta aplicación es compatible con algunos de tus dispositivos.

Añadir a la lista de deseos

Instalar

Fig.14. Vista de la aplicación de Cástulo virtual, situada en la *PlayStore*.

³⁶ URL de interés: <<https://www.linaresurismo.es/castulo/>> [Consulta: 2019-12-17].

³⁷ El *Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*, es un sistema de recogida de información topográfica, capaz de reproducir informáticamente las características propias de una superficie, mediante el escaneo láser del terreno.

³⁸ LÓPEZ, M^a P.; SERRANO, L.; EXPÓSITO, D. *Creación de la malla en el conjunto arqueológico de Cástulo: de la disciplina al vector*, 2017, pp. 249-266.

c) MAN Virtual

Incorporando estos sistemas de realidad aumentada dentro de una institución como es el museo Arqueológico Nacional situado en Madrid³⁹, se ha utilizado una virtualización de los objetos contenidos dentro del espacio expositivo, para proporcionar al espectador un recurso auxiliar en la visita dentro del espacio (fig.15).

A través de materiales de apoyo como son las gafas de realidad aumentada (*Gear VR*), el uso de *tablets* o *smartphones*, permite ampliar la información de las obras, mediante los 802 puntos de interés que muestran, así como enlaces a la base de datos corporativa CER.ES (Colecciones en Red) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.⁴⁰

Este sistema ofrece, una interpretación rigurosa y didáctica, del patrimonio presente en el museo, utilizando este recurso como método de documentación y catalogación de los objetos de interés cultural, que se inscriben dentro de esta institución.

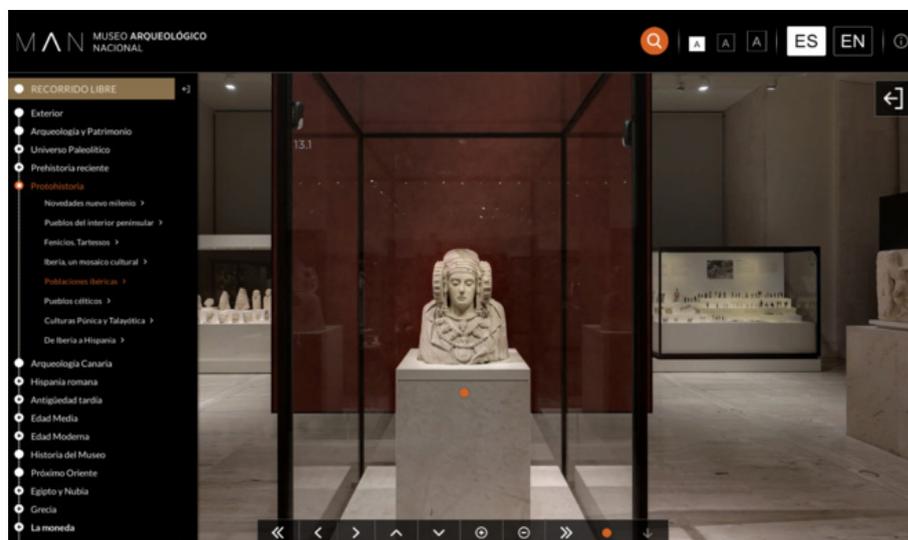


Fig.15. Vista de la aplicación para el MAN.

³⁹ Disponible en : <<http://www.man.es/man/exposicion/MANvirtual>> [Consulta: 2019-12-17].

⁴⁰ LÓPEZ, J. *Una app para llevar el Museo Arqueológico Nacional en el bolsillo*, 2017.

5. PROCESO DE VIRTUALIZACIÓN

Fig 16. Conjunto de vistas del objeto o caso de estudio. (a-b)



La creación de *softwares* de código abierto, han permitido que estas herramientas puedan estar al alcance de todo el mundo. Mediante su bajo coste y su fácil accesibilidad, estos equipos permiten mejorar el conocimiento de nuestro caso de estudio, gracias al proceso de documentación visual y su representación tridimensional dentro de un espacio concreto.

Esta representación del objeto real sobre el espacio bidimensional, no consta como una mera recreación del objeto, sino que además es capaz de expresar o transmitir toda la información necesaria de un modo simple, entendiendo todo aquello representado con una claridad en su lectura a golpe de vista.⁴¹

Mediante el software libre de *Agisoft Photoscan*, y utilizando el sistema de la fotogrametría aplicada sobre este caso de estudio, se realizó un modelo virtualizado mediante un teléfono de baquelita perteneciente a la colección de telefonía de este museo (fig.16), realizando esta acción como una primera aproximación en la prevención sobre la identidad propia de estos elementos tan complejos.



Cabe destacar que, al igual que este programa, en el mercado existen multitud de *softwares*, que podemos utilizar con el mismo fin, y es por eso que, esta técnica de registro fotográfico, se debe de entender como una herramienta suplementaria en la toma de información, o parámetros sobre el objeto de estudio.

Este recurso, se basa en la captura fotográfica de la morfología del elemento, procesando posteriormente esta imagen bidimensional, a través de un programa informático específico, que superpone los fotogramas creando una máscara de puntos unidos de forma lógica, generando así, una representación en 3D del modelo fotografiado.

⁴¹ UNESCO. *Las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza, manual para docentes o cómo crear nuevos entornos de aprendizaje abierto por medio de las TIC*, 2005, p. 33.

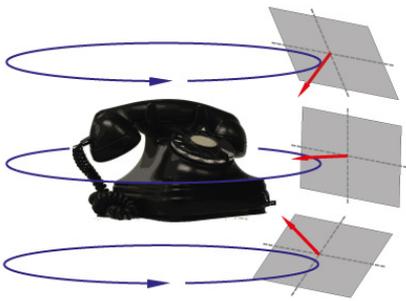


Fig.17. Representación del tipo de captura fotográfica utilizada en esta sistemática.

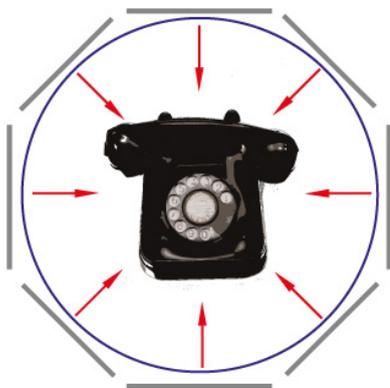


Fig.18. Representación del estereopar.

Sin embargo, cualquier proyecto de registro fotogramétrico debe tener una planificación sobre cómo abordar el elemento de estudio, ya que todo elemento que no se inscriba dentro de estas imágenes, no saldrá reflejado en el modelo 3D final.⁴² Cada caso de estudio tiene unas características particulares que lo diferencian del resto de objetos, y es por eso que, no debemos de interpretar como válida una sola intervención o reinterpretación sobre estos materiales.⁴³

Esta acción dependerá, además, de las características propias del material de creación, o la morfología del soporte (superficie del elemento y su tamaño), aplicando una técnica concreta en la captura de datos, para que, esta serie de condicionantes queden representados dentro del modelo virtualizado.

5.1. PROCESO DE OBTENCIÓN DE IMÁGENES PARA EL POST

El recurso principal dentro de la sistemática utilizada en la captura de información sobre el objeto de estudio, ha sido el empleo de una serie de tomas fotográficas alrededor de un radio base, entrelazadas en diferentes niveles o sectores del objeto (fig.17).

Este círculo que se crea al modelar las fotografías en el programa de Agisoft, abarca toda su morfología a modo de *anillos*, produciendo como resultado estereopares⁴⁴ perfectos que convergen en el centro del objeto de estudio (fig.18), intuyendo los diferentes puntos de vista del mismo mediante un fotografiado de la superficie en 360°.

A diferencia del ciclo de imágenes situada en el centro, el segundo anillo, así como el tercero, ubicados en los planos superiores e inferiores, se deben hacer desde un punto de vista diferente al anillo central, para capturar diferentes puntos de vista del objeto.⁴⁵ Procurando hacer una toma de imágenes de todos los puntos importantes y recovecos presentes en el objeto, ya que, de no ser así, estas no se reproducirán sobre el modelo virtual.⁴⁶

⁴² PAL SINGH , S.; JAIN, K.; RAVIBABU, V. *Image based 3D city modeling: comparative study*, 2014, pp. 538-540.

⁴³ En la carta de Londres de 2006, se estipula las bases u objetivos que deben seguir los diferentes métodos de visualización tridimensional, para entender de la forma más rigurosa y transparente, la divulgación virtual del patrimonio.

⁴⁴ Es el conjunto de dos o más imágenes de la misma escena capturadas desde diferentes ángulos de visión, que convergen en un mismo punto. Esta característica, dota al objeto de una sensación de relieve.

⁴⁵ Una buena captura de fotografías es la herramienta imprescindible para generar un buen modelo fotogramétrico. Al mover la cámara en cada serie de imágenes, se debe de ajustar nuevamente los valores de la imagen, para intentar capturar en todo momento un imagen símil.

⁴⁶ PAL SINGH ,S.; JAIN, K.; RAVIBABU, V. *Op. Cit*, 2014, pp. 538-540.

5.1.1. Trabajo de toma de imagen realizado *in situ*

Lograr unas características adecuadas para el uso de esta herramienta utilizadas *in situ*, puede ser una tarea compleja, ya que, las circunstancias que rodean a nuestro caso de estudio puede que sea poco favorables para obtener un buen resultado.

Atendiendo a los materiales constituyentes de este tipo de teléfono, el uso de resinas sintéticas, así como una amplia variedad de elementos metálicos, dotan a este objeto de un color y brillo característicos.⁴⁷ Pero al estar ubicado dentro de una vitrina acristalada, iluminada por una luz led situada cenitalmente sobre el espacio expositivo, estas características se veían alteradas.

Además, la proximidad de esta vitrina a una zona de acceso acristalada, generaba que estas características propias de la sala de exposición, se veían desfavorecidas, fruto de la implementación de luz natural dentro de la sala. Es por eso que, esta serie de características provocan que el cristal genere reflejos, cambiando el aspecto y color mate de dichos objetos de telecomunicación.

La elección de los valores de velocidad de obturación y la sensibilidad (*ISO*), dependen en gran mayoría de la iluminación incidente sobre el objeto y el espacio fotográfico, es por eso que, estos parámetros siempre son complicados de manipular correctamente dentro de la cámara fotográfica.

Al no poseer una fuente de iluminación buena para esta toma de imágenes, el tiempo de exposición utilizado, debe de tener una prolongación mayor que en fotografía convencional, permitiendo aumentar la información que captura el sensor, sin tener que perder calidad de imagen. Pero, por ende, se debe procurar que la cámara, no sufra ningún tipo de movimiento.

Al requerir estar un tiempo prolongado expuesto al objeto, mitigar los movimientos propios del uso de la cámara, es crucial para evitar el desenfoque en las imágenes. Por ello la utilización de un disparador remoto como elemento auxiliar, hace posible la toma de imágenes sin manipularla y con ello desestabilizarla.⁴⁸

Otro aspecto a tener en cuenta, es que las características propias del entorno de nuestro caso de estudio, obliga a tener que usar un *ISO* alto, que implica a su vez, un aumento del grano y por ende una pérdida de calidad.

⁴⁷ La propia fabricación de este objeto, mediante el uso de una sustancia plástica totalmente sintética, como es la baquelita, caracterizó a estos objetos hasta su fin de fabricación.

⁴⁸ ELTNER, A., et al. *Image-based surface reconstruction in geomorphometry – merits, limits and developments*, 2016, p.371.

Esta pérdida de calidad no solo afecta a la disposición de los bordes de la imagen, sino al aumento de los errores de color que se van recogiendo en los *pixels* que conforman la imagen. Por lo cual se debe de tener especial atención a estos parámetros, ya que el proceso de captura del *software Agisoft Photoscan*, se basa en la georreferencia y los colores de los *pixels* para formar el mapeado y el volumen del objeto.

Referencias para el tipo de toma fotográfica

Dado las características propias de ubicación, la realización de esta toma de imágenes se realizó mediante un movimiento de la cámara de fotografía dentro del entorno. Para capturar las imágenes precisas de los diferentes planos del elemento (fig.19).

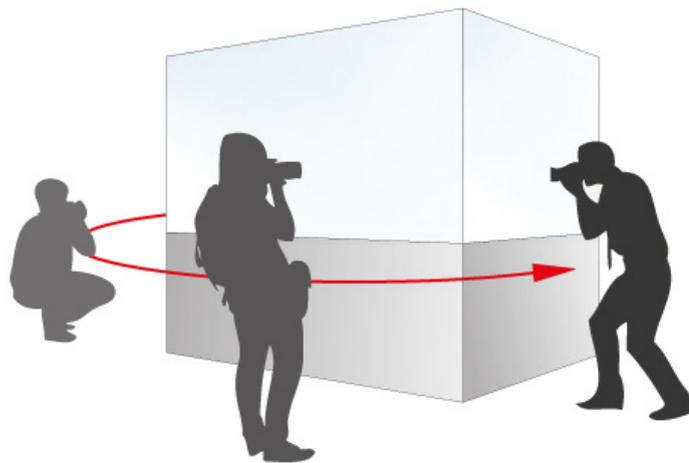


Fig.19. Representación del tipo de toma fotográfica utilizada.

Otro aspecto a tener en cuenta es que esta captura de imagen debe de recoger dentro de su medida, el mayor trozo posible del objeto. Y es por eso que, cuando la distancia entre la cámara y el objeto es mínima por las circunstancias propias en las que se encuentra el caso de estudio, aumenta la complejidad que reside en su toma de datos.⁴⁹

En nuestro caso de estudio, la vitrina se presentaba muy próxima a las paredes, sin dejar apenas margen para la toma con un objetivo normal, teniendo que hacer uso de un objetivo de gran angular. Las características propias de este tipo de lente, favorece a la visualización del fondo en estas imágenes, presentándose como un factor problemático.

⁴⁹ *Ibid.*

Como resultado en las fotografías tomadas sobre las vitrinas, la aparición de reflejos sobre la superficie del objeto, generaba como resultado, pequeños destellos sobre la superficie que no se podían eliminar incluso utilizando un filtro polarizado.

Además, la ubicación y disponibilidad de espacio para la captura de fotografías, hacía que no se tomaran adecuadamente para realizar el ejercicio. Sin embargo, si el objeto tiene un tamaño reducido, y puede ser manipulable dentro de unos parámetros óptimos para su manipulación, se pueden realizar una captura con mayores posibilidades de éxito.

5.1.2. Trabajo de toma de imagen en estudio

Debido a la gran problemática que presentaba las actuaciones in situ, se decidió, realizar nuevamente una captura de imágenes, pero en este caso sobre el objeto sin ningún tipo de distorsionante o elemento añadido, tomadas dentro de un estudio fotográfico que permitiera la manipulación completa del objeto, para obtener unos datos óptimos a partir de los parámetros propios de las fotografías capturadas.

Es por eso que, es importante hacer especial hincapié no solo al tipo de cámara que se utilice en el proceso, sino a todos aquellos elementos que confieren la escena donde se encuentra ubicado nuestro caso de estudio. Buscando dentro de lo posible la mejor iluminación del objeto, a través de elementos auxiliares que nos ofrezcan un reparto homogéneo de la luz y que nos evite en gran medida los brillos, como las sombras indeseables que se puedan crear por la refracción del objeto.⁵⁰ Ya que al igual que los brillos, estos elementos provocarían alteraciones sobre la geometría del objeto. final.

El *software* que se utilizará posteriormente detecta diferenciaciones del color para generar las coordenadas. Si este brillara, los enlaces entre imágenes se verían alterados.⁵¹

⁵⁰ Un factor a tener en cuenta es la aparición de sombras en el caso de estudio, ya que estas pueden crear errores que no pueden ser subsanados dentro del programa. Para ello, es recomendable tener una ubicación de los focos de luz equilibrada, con una distancia similar en el punto de enfoque, así como utilizar un difusor para mitigar los destellos luz.

⁵¹ WALDHÄUSL, P.; OGLEBY, C. (1994). *3-by-3- Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture*, 1994.

Referencias para el tipo de toma fotográfica

La sistemática utilizada en esta segunda captura de imagen, varía en el proceso de captura anterior. Ya que, se basa en el uso de una cámara fija, utilizando un elemento auxiliar como es una plataforma móvil (fig.20). De esta forma se nos permite poder mover y girar el objeto, mediante un punto de cámara fija en el espacio.

La utilización de una base rotatoria en el proceso, puede ser un elemento de ayuda a la hora de capturar estas imágenes, así como, al realizar una separación geométrica entre los diferentes grados de rotación que podemos realizar sobre el objeto, y que nos ayude a capturar con mejor eficacia la morfología del elemento.⁵²



Fig.20. Representación del tipo de toma fotográfica utilizada.

Cabe recordar, que la intención de estas imágenes no es lograr una imagen con un sentido artístico del objeto. Sinó que, se busca una imagen lo más fidedigna a la realidad sin distorsiones añadidas. Por ello, es importante hacer especial hincapié a los recursos que podemos encontrarnos a la hora de realizar este tipo de imágenes. Esta toma se caracteriza por utilizar un encuadre en el cual quede reflejado entre el 50% y 70% de la totalidad de la obra, en cuanto al radio base de lectura.

La localización y posición de la cámara dependerá del tamaño del objeto. En nuestro caso, el objeto de estudio al tener un tamaño reducido, se realizaron cuatro anillos alrededor del objeto. Esta forma de proceder permitió una vista cenital, una central y un plano contrapicado. Las imágenes realizadas, se han tomado con un solapamiento entre la imagen anterior y posterior sobre el 60% del total de la imagen, para generar un buen enlazado de las mismas.⁵³

⁵² CARO, J. L. *Fotogrametría y modelado 3D: un caso práctico para la difusión del patrimonio y su promoción turística*, 2012, pp.4-6.

⁵³ FIORINI, A. *Nuove possibilità della fotogrammetria. La documentazione archeologica del nuraghe di tanca manna (nuoro)*, 2013, pp.346-347.

5.2. CALIBRACIÓN CON AGISOFT LENS

En ocasiones las características propias de las cámaras o las lentes que se utilizan, hacen que debamos de realizar una calibración de la cámara para obtener el coeficiente de distorsión óptica.⁵⁴ La obtención de estos parámetros, nos permiten mitigar los errores de distorsión que se pueden dar en el proceso fotogramétrico.⁵⁵

Gracias a la serie de programas que incluye el paquete de *Agisoft*, se realizó una calibración de la cámara, a través del *software* de *Agisoft Lens*. Mediante estos parámetros, podemos ser capaces de verificar con más precisión el tipo de objetivo que deberemos de usar para esta captura de imagen. Evitando así, las diferentes alteraciones o errores provocados por el mal encuadre de las imágenes.

Al estar el objeto quieto en un único punto, al igual que nuestra cámara de fotos, estas características nos sirven como una aproximación a los parámetros que se deben de cumplir para que las imágenes no se distorsionen en el proceso.⁵⁶

A través de una retícula en forma de cuadrícula, se proyecta mediante un ordenador o formato físico (impreso). Fotografiando esta imagen⁵⁷ en la cámara. Esta imagen tomada, sirve como banco de calibración⁵⁸ procesada posteriormente dentro del mismo programa, dando los resultados pertinentes (fig.21).



Fig.21. Calibración de la cámara mediante el uso de retícula.

⁵⁴ El ojo de pez y las lentes de gran angular, pueden propiciar distorsiones sobre el modelo. Por lo cual, es aconsejable, elegir bien el tipo de objetivo adecuado.

⁵⁵ BALLETI, C.; et al. *Calibration of Action Cameras for Photogrammetric Purposes*, 2014.

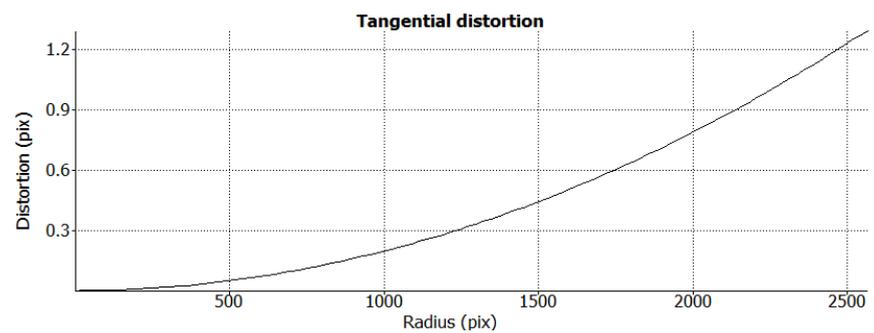
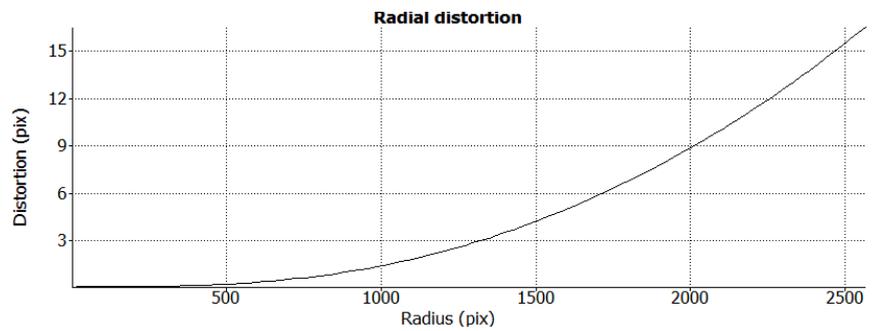
⁵⁶ Cabe destacar que estos parámetros son orientativos, y pueden diferir en el momento de la toma, ya que cada imagen tiene valores de distorsión ligeramente diferentes.

⁵⁷ La calibración, debe llevarse a cabo mediante la configuración exacta de los parámetros preajustados anteriormente sobre la zona donde se situará nuestro objeto.

⁵⁸ SÁNCHEZ, Á. *Aplicación de la fotogrametría digital para levantamiento gráfico de Casa de los Cosidó en Elche*, 2015, p.36

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras la toma fotográfica realizada sobre la retícula y su posterior calibración mediante el uso de *Agisoft Lens* (tabla 2).

Tabla 2: Resultados obtenidos tras la calibración



Parameter	Value	Std Error
Image width	5184	
image height	3456	
Focal length (x)	7271.4	49.5554
Focal length (y)	7270.8	49.4914
Principal point (x)	2634.34	3.32087
Principal point (y)	1753.08	3.94599
Skew	-1.74807	0.134676
Radial K1	-0.0761367	0.00441754
Radial K2	0.29799	0.0950586
Radial K3	-0.813927	0.825095
Radial K4	1.60374	6.02123
Tangential P1	0.000864015	4.31552e-05
Tangential P2	0.00113155	5.22847e-05

5.3. RECOMENDACIONES FINALES PARA EL USO DE LA CÁMARA EN ESTA SISTEMÁTICA DE TRABAJO

Otras consideraciones que debemos de tener en cuenta es la utilización de la cámara en este proceso. Ya que, si se utiliza un modelo de cámara determinado, se estima para todo el bloque de imágenes. Las características propias de la cámara y los ajustes establecidos previamente, pueden ser que no se ajusten bien a los parámetros establecidos en el uso de diferentes cámaras, traduciendo este fenómeno en el programa como deformaciones y errores de cálculos en su reconocimiento espacial.⁵⁹

Así como a la nitidez de las imágenes, son dos de los condicionantes que podemos obtener en este tipo de metodología. Si estas imágenes no se presentan con el campo de profundidad adecuado, el programa no reconoce la diferenciación entre el fondo y la figura de estas imágenes. Teniendo que hacer especial atención a la obertura del diafragma, así como al tratamiento de cada punto de vista de una forma símil y detallada.⁶⁰

Esta profundidad de campo debe de ser grande, garantizando que toda la escena quede enfocada a través de la utilización de un diafragma muy pequeño, trabajando dentro de unos parámetros comprendidos entre $f/16$ - $f/22$.⁶¹

Otros parámetros a tener en cuenta, es que no se debe de mover la lente polarizada en el proceso de captura. Así como la captura de las imágenes, no se deben de realizar en formato *.Raw + *.jpg.⁶² Estas particularidades, pueden producir que las características propias de la imagen no se vinculen al programa de *Agisoft Photoscan*.

Los recursos necesarios para la captura de imágenes pueden ser variada, ya que podemos capturar una simple imagen desde casi cualquier dispositivo, ya sea de uso práctico como son los smartphones o las *GoPro*, hasta las cámaras réflex más sofisticadas que se pueden encontrar en el mercado. Permitiendo capturar imágenes de mayor o peor calidad, independientemente del nivel que posee el usuario de estas herramientas, gracias a las características propias que integran estos dispositivos.⁶³

⁵⁹ ELTNER, A., et al. *Op. Cit.*, 2016, p.371.

⁶⁰ Para obtener un enfoque apropiado sobre el objeto, la ayuda del autoenfoco puede garantizar una buena aproximación a las fotografías que se desean. Sin embargo, debemos de desactivar posteriormente, las funciones automáticas que presente la cámara (autenfoco y estabilizador), para garantizar el reconocimiento espacial y su georreferencia dentro del software de *Agisoft Photoscan*.

⁶¹ DOMÉNECH, C.; PRADOS, F. *Op.Cit.*, 2016, p.144.

⁶² Si se deben de editar las imágenes, es aconsejable realizarlo mediante Photoshop, ya que en el formato *.Raw, se pueden producir errores mediante el proceso de alineamiento.

⁶³ Las opciones de la cámara se deben al autoenfoco, la autocalibración integrada, o el modo manual, pero es necesario conocer algunos parámetros básicos de estas herramientas a partir de modelos de cámara con una estimación insuficiente.

5.4. PROCESADO DE LAS IMÁGENES

Una vez recogida toda la información necesaria sobre nuestro caso de estudio, se realiza posteriormente el procesado de estas imágenes bidimensionales sobre un programa informático especializado en el tratamiento y procesado fotogramétrico de imágenes digitales. Esta labor se llevó a cabo, mediante los algoritmos del programa *Agisoft Photoscan*, generando una coordinación automática de las distintas imágenes realizadas.

Los pasos o secuencia de esta parte del trabajo contempla, la información *EXIF*⁶⁴ de las imágenes obtenidas. Es por eso que, el programa de *Agisoft* se basa en la ubicación en cada captura de imagen, mediante la coincidencia y orientación de las imágenes, consiguiendo una representación estereoscópica⁶⁵ del modelo fotografiado, a través de una nube de puntos dispersos, en nuestro caso, de baja densidad⁶⁶, que, con la superposición de los distintos fotogramas, se crea una máscara de puntos unidos de forma lógica (fig.22).⁶⁷

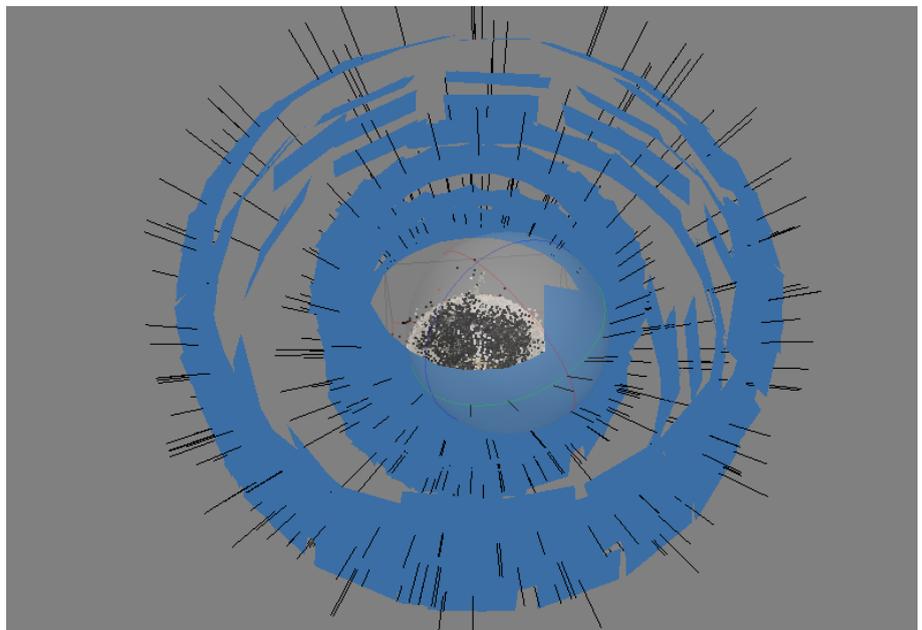


Fig.22. Imágenes alineadas alrededor de la máscara de puntos en *Agisoft Photoscan*.

⁶⁴ *Exchangeable image file format* (EXIF): Estos metadatos, recogen la información básica de como se ha realizado la captura de imagen, así como el tipo de cámara u objetivo. Estos datos se incrustan dentro del fichero de imagen generado, ya sea en * RAW o * .jpg.

⁶⁵ Es cualquier recurso utilizado, que pueda generar una visión de profundidad a través de una imagen.

⁶⁶ FORTE, M.; DELL'UNTO, N.; JONSSON, K.; LERCARI, N.(2015) *Interpretation Process at Çatalhöyük using 3D*, 2015, pp. 8-9.

⁶⁷ Es por eso que, en el proceso de alineamiento de las imágenes, pueden quedarse descartadas algunas de las imágenes realizadas al no se ajustarse a los parámetros de lineamiento que incorpora este programa.

5.4.1. Inserción de puntos de control

El problema más común que podemos encontrarnos a la hora de realizar una captura fotográfica, es que estas imágenes no se adecuen a las características propias del programa, o que la falta de información haga que todo el trabajo realizado sea en vano.

Al utilizar un solo punto de captura fotográfica, los datos *EXIF* que se obtienen, pueden que no proporcionen al programa la información necesaria para ubicar las imágenes de forma lógica. Traduciendo este error, en un mal alineamiento de las imágenes dentro del programa, que dan como resultados todas las imágenes en un mismo punto (fig.23).

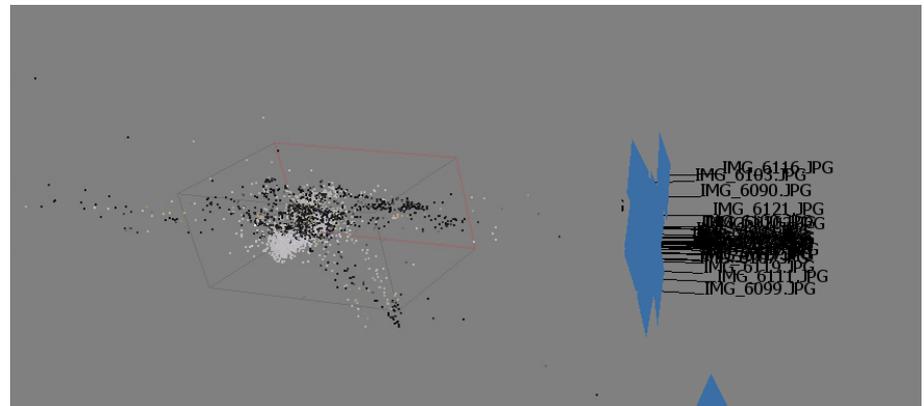


Fig.23. Error de cálculo en el alineamiento de las imágenes.

Para mitigar este error de cálculo dentro del programa, se han utilizado dianas o *Coded Targets* (fig.24). Estos elementos, son objetos codificados que ayudan a realizar puntos de medición, en la automatización del programa de forma mucho más eficaz y simple. El alineando de las imágenes, viene dada por la construcción geométrica de los mismos, dada por diferentes algoritmos que otorgan un diseño diferente y único, con carterísticas definidas dentro del programa.⁶⁸

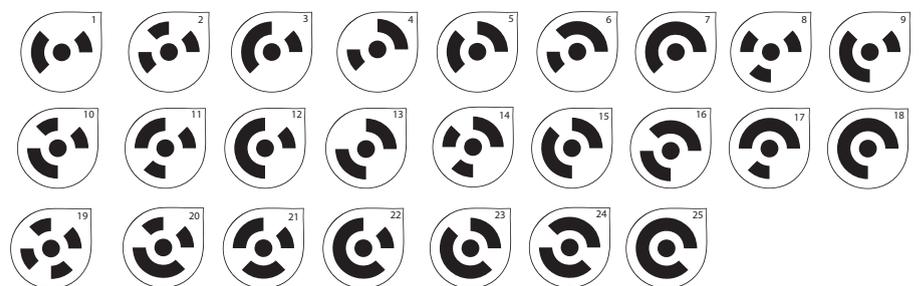


Fig.24. *Coded Targets* utilizados en el proceso de fotogrametría.

⁶⁸ AHN, S.; & RAUH.; RAUH, W.; IL KIM, S. *Circular Coded Target for Automation of Optical 3D-Measurement and Camera Calibration*, 2001.

Para nuestro caso, se utilizaron veinticinco targets circulares⁶⁹, que engloban la mayor parte del objeto (fig.25), haciendo una nube de puntos concéntrica.⁷⁰ Esta herramienta, sirve como una ayuda puntual de referencia, para que *Agisoft Photoscan* pueda realizar el reconocimiento espacial de nuestro caso de estudio.⁷¹

Adelantándonos al trabajo experimental es importante recordar que, durante este proceso de obtención de imágenes, la cámara no puede experimentar ningún tipo de alteración en lo que respecta a las lentes o el zoom en su posición⁷², ya que la geometría de las imágenes podría verse afectada. Es por esto que, lo más recomendable en este tipo de casos, es hacer uso de un objetivo de distancia focal fija (35 o 50 mm), pues así se mantendrá en todo momento la distancia entre la relación del espacio-objeto con la cámara.⁷³



Fig.25. Preparación del objeto para la captura de imágenes mediante el uso de la fotogrametría.

⁶⁹ Disponible en: <<https://www8.cs.umu.se/kurser/5DV015/VT09/assignment3/targets/>> [Consulta: 19 -03 -20]

⁷⁰ WIJENAYAKE, U.; CHOI, S.; YONG, S. *Automatic Detection and Decoding of Photogrammetric Coded Targets*, 2016.

⁷¹ Las características morfológicas de las dianas utilizadas, nos permite un número limitado de diseños. Es por eso que, este sistema no se puede utilizar en elementos que precisen de una mayor codificación superficial. El tamaño de este *Coded Target*, dependerá en gran medida de la calidad y tamaño de *pixel* que se utilizará a la hora de capturar la imagen, escalándolo según el contenido del mismo.

⁷² WALDHÄUSL, P.; OGLEBY, C. (1994). *Op.Cit.*, 1994.

⁷³ DOMÉNECH, C.; PRADOS, F. *El Congreso del Máster en Arqueología de la Universidad de Alicante: crónica de la XI edición*, 2016, p.144.

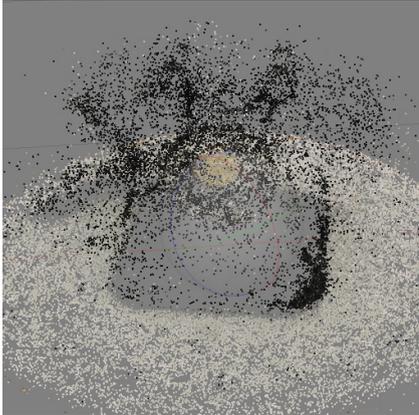


Fig.26. Resultado de la nube dispersa obtenida sobre el caso de estudio.



Fig.27. Nube dispersa (izquierda) y nube densa (derecha), obtenidas en el proceso de virtualización del objeto.



Fig.28. Puntos exentos que se generan al realizar la nube de densa del objeto.

5.4.2. Obtención de la nube de puntos

Tras realizar el alineamiento de las imágenes en la escena de este programa mediante la opción de *Align Photos* (fig.22), se realizó una nube de puntos de baja densidad, que se genera a través del cálculo y la proyección de las intersecciones de los puntos que se han detectado de las imágenes alineadas.⁷⁴

A raíz de la información adquirida mediante las 387 imágenes capturadas en la sistemática de trabajo comentada anteriormente, se obtuvo como resultado la previsualización del modelo con una cantidad mínima de puntos que permiten el enfoque tanto intrínseco como extrínseco del conjunto (fig.26).⁷⁵

Posteriormente al proceso de la creación de esta nube de puntos, en este momento dispersos con una baja densidad. Se pasa entonces, a la formación de una nube de puntos mucho más densa mediante el cálculo de coincidencia estereoscópica entre las imágenes ya alineadas.⁷⁶

Este proceso da como consecuencia, una previsualización del objeto virtualizado con mayor nitidez y detalle en su resultado final (fig.27), gracias a la obtención del más que significativo número de 6.208.333 puntos que conforman esta nube de puntos.⁷⁷ La imagen adquiere así, un sentido más fidedigno y elaborado del volumen de la pieza, permitiendo interpolar (lectura entre puntos) el elemento de forma mucho más localizada y referenciada, de manera que se puede generar un seguimiento de la pieza en todo momento.⁷⁸

Tras realizar esta nube densa, se observan diferentes puntos exentos del volumen generado por esta masa de puntos, o diferentes elementos que interrumpen la lectura del objeto (fig.28-29). Por ello, se hace imprescindible realizar una limpieza de aquellos puntos que no son imprescindibles dentro de nuestra área de interés.



Fig.29. Detalle de los puntos exentos sobre la superficie del objeto.

⁷⁴ CARO, J. L. *Op. Cit.*, 2012, pp.8-9.

⁷⁵ FORTE, M.; DELL'UNTO, N.; JONSSON, K.; LERCARI, N.(2015)*Op. Cit.*, pp. 8-9.

⁷⁶ *Ibíd.*

⁷⁷ ARÉVALO, B.; Bayona, E.; Rincón, I. K. *Metodología para documentación 3D utilizando fotogrametría digital*, 2015, pp. 116-119.

⁷⁸ DURÁN, G.; MATÍAS, J.; SANJOSÉ, J. J. *Técnicas fotogramétricas aplicadas al patrimonio*, 2007, pp.137-143



Fig.30. Malla realizada sobre las características propias de la nube densa del objeto.



Fig.31. Texturizado realizado sobre las características propias de la malla del objeto.

Generar una maya sobre el modelo obtenido es una herramienta básica para crear una superficie geométrica dentro de esta nube de puntos⁷⁹ *Agisoft Photoscan*, es capaz de unir estos polígonos realizando una malla, que forma aristas y caras poligonales en toda esta nube de puntos (fig.30). Nube que va a dejar formado, un modelo 3D detallado, en el que posteriormente calcular los valores necesarios para extraer una textura fotorrealista que se asemeje a las características propias del objeto original.⁸⁰

A través de los resultados obtenidos, se realizó la textura final que adoptaría este objeto virtual, a través de la creación de una imagen de textura mediante la obtención de una ortofoto (fig.31).

Esta imagen 2D, se caracteriza por aplicar sobre cada plano de la maya una sección de la fotografía⁸¹, mediante la selección automática de las diferentes imágenes alineadas.⁸²

Esta acción, tiene como resultado la obtención de una nueva imagen denominada *imagen UV*⁸³, que se adapta sobre la malla, dando como resultado un mayor realismo en el objeto final.⁸⁴

Las características que adopta este modelo son muy similares al objeto original, pero cabe destacar que este mapeado dependerá en gran parte del tipo de mapeado que se incida sobre el objeto y su tamaño de *pixel (Ground Sampling Distance)*.⁸⁵ Es por ello, que en muchas ocasiones podemos obtener errores de color en el proceso, teniendo que modificar estas características posteriormente con ayuda de otros programas externos.

⁷⁹ FORTE, M.; DELL'UNTO, N.; JONSSON, K.; LERCARI, N. *Op. Cit.*, 2015, pp. 8-9.

⁸⁰ BOLETÍN del Instituto de Estudios Latinoamericanos de la Universidad de Estudios Extranjeros de Kyoto, 2016, pp. 126-127.

⁸¹ YAMAFUNE, K. *Using computer vision photogrammetry (agisoft photoscan) to record and analyze underwater shipwreck sites*, 2016.

⁸² CARO, J. L. *Op. Cit.*, 2012, pp.8-9.

⁸³ Un mapa UV es una forma de asignar la parte de una imagen a un polígono en el modelo virtualizado.

⁸⁴ CARO, J. L. *Op. Cit.*, 2012, pp.8-9.

⁸⁵ *Ground Sampling Distance (GSD)*. es una medida que limita la resolución de la imagen. Cuanto mayor sea este valor de la imagen, menor será la resolución espacial de la imagen y los detalles menos visibles. Para calcular en nuestra toma de imágenes este parámetro, podemos observarlo en: <<https://www.3dflow.net/ground-sampling-distance-calculator/>>

5.5. EXPORTACIÓN DE RESULTADOS Y VISUALIZACIÓN

El resultado obtenido dentro de este *software*, no debe de entenderse como el resultado final del objeto de estudio, ya que este se presenta con una multitud de polígonos y vértices sobre la superficie, que puede que no concuerde a la texturización propia del soporte original. Por este motivo, se hace necesario utilizar programas auxiliares de trabajo, que corrijan estas pequeñas imperfecciones.

Como consecuencia de los diferentes materiales que confieren la morfología del objeto, la proyección de luz sobre su superficie, genera brillos que no se pueden mitigar con el uso de una lente polarizada. Este brillo, es una característica propia del elemento, como consecuencia del acabado que poseen, por los elementos que la confiere.

Como consecuencia, los brillos sobre la superficie de las imágenes capturadas, tienen como resultado la aparición de diferentes bultos o deformidades sobre la superficie del objeto, distorsionando en gran medida su visualización. Esto es debido a que el programa traduce los picos de luz obtenidos en el histograma⁸⁶ en abultamientos sobre el objeto virtual (fig.32).

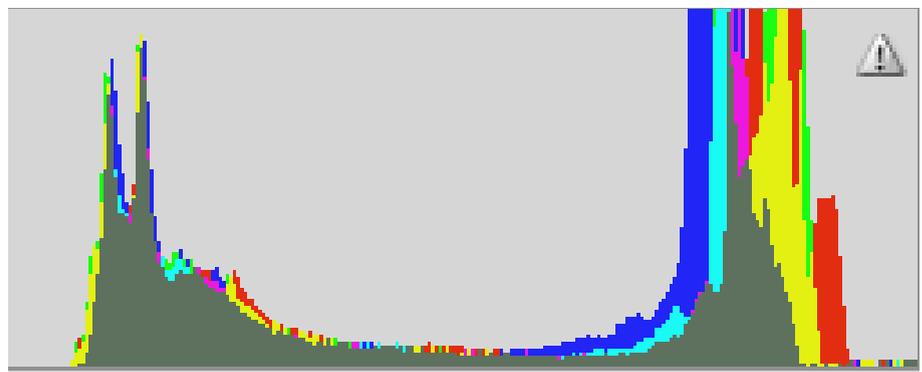


Fig.32. Histograma realizado a partir de una imagen fotográfica del caso de estudio.

Esto se debe a que los brillos que encontramos dentro de la imagen están compuestos por la mezcla en cuatricromía de los *pixels*. Dando a este punto unas características propias, que, con el movimiento del objeto, puede producirse la alteración de las mismas.

⁸⁶ Gráfico de la representación de distribuciones de frecuencias de color, en el que se emplean rectángulos dentro de unas coordenadas.

Para poder subsanar estas características propias de las imágenes, previamente, deberemos de exportar mediante las características que nos ofrece *Agisoft* el resultado obtenido. Para ello, se crean simultáneamente tres archivos para obtener nuestro modelo virtual. Obteniendo como resultado: la creación de un modelo en formato **.obj*, la textura en formato **.jpg* y un archivo de enlace **.mtl*.

Para mitigar este desperfecto, posteriormente a la exportación del elemento, se debe de procurar hacer un alisado de la superficie con diferentes herramientas que nos ofrecen programas como *Blender* o *Zbrush*, también de tipo colaborativo.

5.5.1. Optimización del modelo virtual

Como resultado del proceso realizado en *Agisoft Photoscan*, se debe de tener en cuenta que, en ocasiones, este modelo puede generar que nuestro sistema operativo no cargue correctamente el contenido o se exceda un tiempo prolongado en la previsualización del modelo 3D. Por lo que se hace necesario, realizar una edición del modelo obtenido, para permitir diferentes prestaciones con mayor fluidez.

A través de la utilización del programa *MeshLab*, podemos eliminar este exceso de polígonos reduciendo la masa (polígonos) del modelo virtual. Esta acción no repercute en la calidad final del modelo, pero permite manipular con mayor fluidez el modelo dentro de cualquier programa específico.

En nuestro caso de estudio, se ha obtenido como resultado, la reducción del modelo a 1/6 de su volumen total, porque de esta forma los resultados no se verían afectados por la eliminación excesiva de polígonos innecesarios, ya que, al unir dichos elementos entre sí, el programa de *Agisoft* crea polígonos irregulares que, en ocasiones, excede la representación real del objeto, y por ende un aumento del peso de almacenamiento (fig.33).

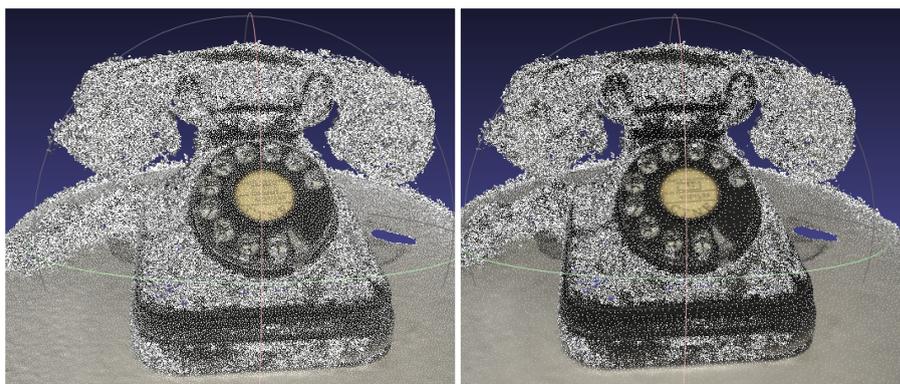


Fig.33. Optimización del modelo virtual mediante *MeshLab*. A la izquierda: modelo original (6.208.333 polígonos), y a la derecha, modelo optimizado (1.034.722 polígonos).

5.5.2. Eliminación de deformidad en el modelo fotogramétrico

Los nuevos elementos creados o faltantes de la figura, no ofrecen un texturizado adecuado al objeto, ya que estos elementos, no se encontraban incorporados dentro del objeto físico. Por ello, mediante las características que se nos muestran dentro del programa de *Blender*, podemos realizar diferentes modificaciones que puedan proporcionar un texturizado homogéneo en la figura, dentro de los parámetros obtenidos mediante el uso de la fotogrametría.⁸⁷

Además de proporcionar una uniformidad sobre la superficie a este caso de estudio, podemos recuperar el brillo característico que tiene este objeto, mediante la mezcla de la textura fotográfica y los parámetros que podemos encontrar dentro de este *software*.

Este rediseño (fig.34), es la última fase en el proceso de creación de nuestro objeto de estudio, pudiendo exportar toda esta información a una nueva plataforma digital.⁸⁸

Al final de trabajo se ha recogido todo el proceso llevado a cabo para la virtualización de los casos de estudios. En esta presentación visual del proceso se puede ver la complejidad de modelo virtual (anexo I).



Fig.34. Resultados finales, tras la edición del modelo en el *software de Blender*.

⁸⁷ Otras características que podemos aportar a este modelo, es la creación de diferentes elementos auxiliares que recreen su disposición dentro del espacio o aquellas características que se han podido perder en el proceso de fotogrametría.

⁸⁸ CARO, J. L. *Op. Cit.*, 2012, pp. 8-9.

5.6. DIFUSIÓN DEL MODELO 3D

Los resultados obtenidos tras realizar el modelo virtual de este caso de estudio, pueden ser utilizados para varias finalidades, ya que, puede ser un producto de intercambio para otros participantes, que puedan realizar sobre este modelo virtual, alguna acción dirigida a su funcionalidad dentro de un programa informático especializado para su difusión.

No debemos obviar que tras realizar las modificaciones pertinentes en el resultado final y su posterior optimizado, el archivo del modelo virtual alcanza un peso de 1,4 Gb. La ventaja es su calidad, pero las desventajas es indudablemente su peso teniendo en cuenta las características medias de los equipos actuales.

No obstante, no debemos olvidar que este resultado obtenido siempre debe de contemplar los diferentes archivos que conforman a este objeto virtual, como son los archivos *.obj, *.jpg y *.mtl. Las posibilidades que nos ofrecen para la manipulación del contenido virtual, puede ayudar en gran medida a su difusión y puesta en valor para el espectador.⁸⁹

La adaptación y puesta en funcionamiento de los resultados mostrados, no solo pretende transmitir el objeto en sí, sino todas las herramientas que podemos llegar a utilizar, para contemplar su reproducción.

Por una parte, mediante la utilización de plataformas digitales como es internet, están apareciendo nuevos sistemas de musealización accesibles a todo tipo de visitantes, mediante lo que se denomina como *museos digitales*⁹⁰, que son utilizados cada día por más *usuarios*, capaces de mostrar colecciones con una alta fidelidad, sin tener que desplazarse in situ para observar el objeto de interés.

Esta herramienta es un recurso útil para realizar una aproximación a la puesta en valor de los objetos que se inscriben dentro de un museo tan complejo, como es este museo de telecomunicaciones, generando así, una promoción y difusión de su contenido expuesto dentro de esta *web*.

Sin embargo, otro de los recursos que podemos optar para su difusión, es el uso de las *TICs*, como ya se ha comentado anteriormente en nuestra introducción, estas herramientas forman una novedosa experiencia audiovisual en la exposición del contenido realizado para su divulgación. Es por ello, que las diferentes aplicaciones de realidad virtual, aumentada y mixta⁹¹ que

⁸⁹ Esta nueva aplicación de las *TIC* dentro del patrimonio, puede ser una herramienta potencial en la musealización de estos objetos tan particulares.

⁹⁰ SCHWEIBENZ, W. *El desarrollo de los museos virtuales*, 2004.

⁹¹ La realidad mixta es una mezcla de las anteriores que permite interactuar con el espacio existente y objetos reales en un mundo virtual. La realidad mixta también permite que objetos físicos del

podemos encontrar en el mercado, abren un gran abanico de posibilidades en la representación de estos nuevos objetos virtuales, capaces de ayudar a la comprensión conceptual de este caso de estudio.⁹²

Dentro del mismo Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, existe un desarrollo continuo de las diferentes estrategias expositivas que se pueden llevar a cabo ampliando los recursos de su colección. A raíz de diferentes trabajos y estudios realizados dentro del museo, se han realizado varias patentes en la creación de una aplicación de realidad virtual, capaz de garantizar un recorrido visual pleno del espacio expositivo, mediante el uso d un sistema inmersivo. Así como el desarrollo de un sistema de códigos *Qr* alrededor de las salas de exposición, que nos facilitan información sobre los diferentes objetos que se ubican dentro de las vitrinas.

Aunque nos podamos decantar por una plataforma concreta para su difusión y promoción, debemos tener en cuenta no descuidar el resultado obtenido dentro de estos programas, ya que esta imagen, debe de crear una conciencia social alrededor del objeto representado. Como resultado, podemos ampliar los recursos expositivos que nos pueden ofrecer estos *softwares*, para potenciar el valor de reconocimiento de los objetos.

La capacidad de seleccionar los recursos óptimos para la divulgación y entendimiento, como puedan ser el uso de materiales sonoros o infográficos dentro de estos programas, sin modificar significado original del contenido cultural. Es por ello, que invertir el tiempo suficiente para adaptar estas nuevas herramientas tecnológicas a nuestras necesidades de difusión, puede ayudarnos a elaborar una organización sistematizada de como se debe de elaborar un proceso de virtualización de esta parte del patrimonio (fig.35), así como en nuestro caso los objetos de telecomunicación referidos a la telefonía, a través de nuestro caso de estudio, para satisfacer las necesidades de consumo de este objeto con interés cultural.

Finalmente, no debemos olvidar que los archivos tecnológicos utilizados en el registro de la obra, pueden quedar obsoletos o en desuso. La complejidad de conservar un archivo digital se debe por el mismo deterioro o corrupción del archivo utilizado para su resguardo digital, que puede ocasionar la desaparición total de dicho elemento. Por ello, es recomendable generar un método en el cual se cree una copia de seguridad de los datos y estar en continua actualización de las herramientas utilizadas para su representación o reproducción.⁹³

espacio en el que estemos, puedan servir como elementos de interacción con el entorno virtual.

⁹² RUIZ, D. *Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultura*, 2011.

⁹³ VALLE, J.M; et. al. *El modelo 3D como base para la documentación y difusión de los elementos patrimoniales*, 2016.

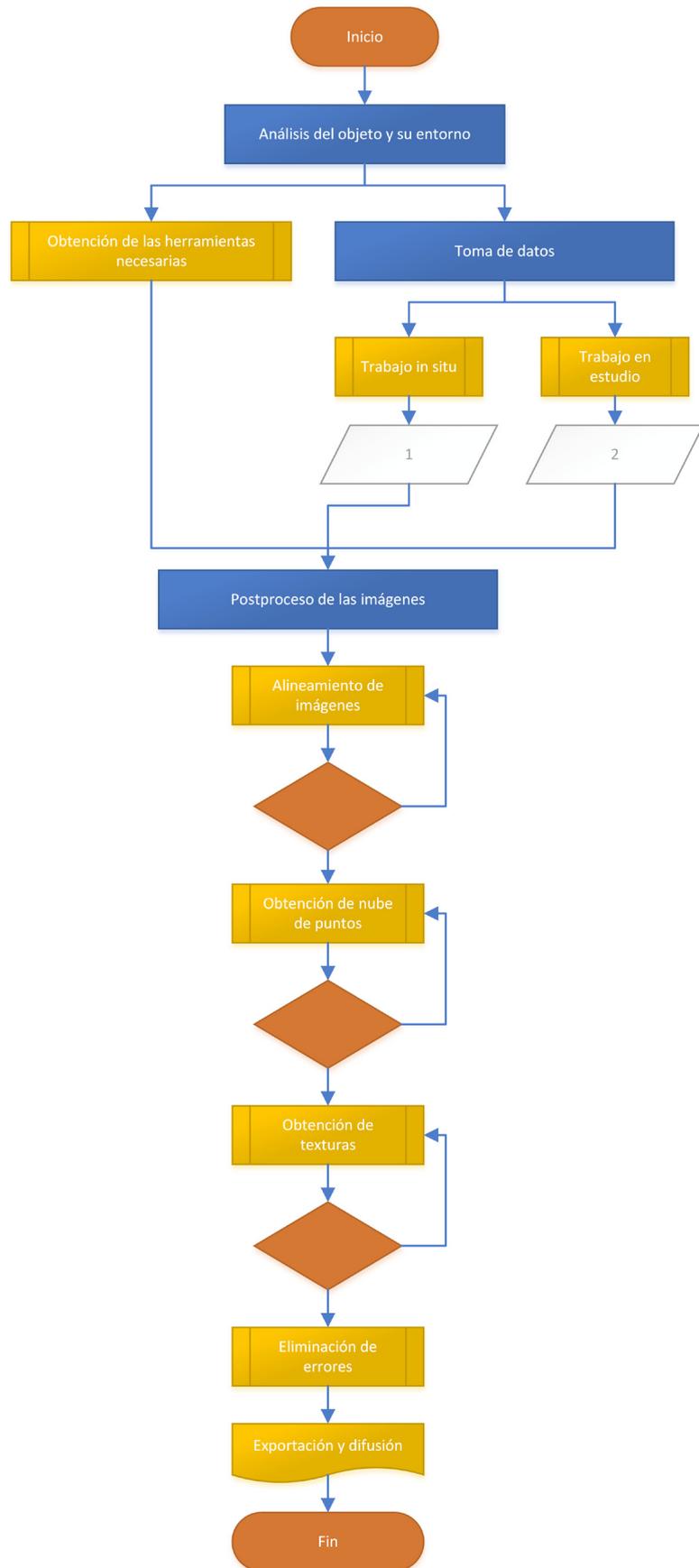


Fig.35. Flujo de trabajo utilizado dentro de esta sistemática de trabajo.

6. CONCLUSIONES

Tal y como se ha mencionado a lo largo de este trabajo de fin de grado, la integración de estas nuevas técnicas de registro en el campo de la conservación, cada vez son más obvias. Por este motivo, el aprendizaje continuo de nuevos sistemas de conservación y documentación del patrimonio, se convierten en un aspecto muy importante a tener en cuenta.

Pese a que es una parte poco reconocida del patrimonio, este trabajo ha pretendido estudiar las posibilidades de una revalorización de estos objetos tan peculiares, referidos al campo de la de telecomunicación.

Tomando como referencia la colección del Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, a través de todos aquellos objetos que se inscriben en sus exposiciones, estos objetos tienen un mayor o menor grado de prestaciones o recursos para su entendimiento. Todo ello destinado a crear, una nueva visión del objeto puede de algún modo crear un interés por parte del espectador, y, por ende, una revalorización y puesta en conocimiento de esta parte tan desconocida del patrimonio.

A través de esta carencia, la muestra de un material virtual adaptado a las necesidades encontradas dentro del museo, podría favorecer al desarrollo de un plan de conservación preventiva, inscrito dentro de esta actuación de revalorización.

Teniendo en cuenta el estudio realizado, y sobre todo sus limitaciones, la complejidad que supone integrar un museo de estas características a las nuevas formas de difusión mediante el uso de las *TIC*, puede ser un hándicap para la puesta en reconocimiento de esta sistemática de trabajo. Por ello, se ha facilitado una visión general de los diferentes tipos de problemas y sus posibles soluciones que podemos llegar a realizar, declarados a través de un caso de estudio como es la virtualización de un teléfono de baquelita.

En detalle, se ha visto que el intento de ajustar esta técnica tan singular a los parámetros propios del modelo, a partir de datos experimentales, ha puesto en evidencia que se pueden llegar a manifestar diferentes defectos que en el presente modelo no son tenidos en cuenta y que tienen una influencia no despreciable en los resultados obtenidos.

La nube densa mostrada en el proceso de virtualización mediante el programa de *Agisoft*, se ha manifestado en forma de diferentes alteraciones producidas por los mismos valores de refracción que caracterizan al caso de estudio. Por ello, se hace imprescindible erradicar en todo momento el efecto que se pueda traducir en el modelo, ya que la observación de irregularidades

y el exceso de elementos geométricos en la estructura interna del objeto, siempre va a dar problemas a la hora de exportar el formato a otros portales de divulgación. Por ello, la utilización de alguno de los softwares comentados en el trabajo, se hacen indispensables para reducir o reinsertar las carencias que podemos llegar a observar dentro de las limitaciones de dicho programa.

No se puede insinuar que, los resultados obtenidos en la virtualización de este objeto tan complejo y la gran mayoría de defectos o errores que surgen en el proceso de digitalización, se deban a la sistemática aplicada. Si aplicamos esta sistemática empleada a otro caso de estudio similar, podría favorecer a realizar un modelo virtual, con mejores garantías de éxito, con mejores prestaciones a la hora de dinamizar, optimizar y rentabilizar una imagen virtual, creando una efectividad y proliferación del trabajo.

La importancia del factor tiempo a lo largo de la realización de este trabajo de virtualización, y el aprendizaje continuo, han sido dos factores a tener en cuenta, ya que a raíz de los diferentes obstáculos o dificultades que han ido apareciendo, se ha tenido que ir modificando esta sistemática de trabajo para obtener un modelo tridimensional que se ajustara a la representación más fiel del objeto real. Marcando en todo momento, los tiempos de trabajo para la realización de una sistemática de trabajo que ha pretendido en todo momento visibilizar y potenciar cualquier elemento que se inscriba dentro del patrimonio, a través de las evidencias mostradas en el proceso de fotogrametría.

Sirviendo de conclusión final, cabría destacar que no solamente debemos concienciarnos únicamente en la salvaguarda de la identidad propia de esta parte del patrimonio, sino que este trabajo muestra como es posible realizar un trabajo multidisciplinar a *bajo coste*, donde puedan intervenir varias disciplinas o ámbitos de trabajado, para realizar un material visual apto para todo el público. Mediante las posibilidades que podemos llegar a alcanzar a través de las herramientas *TIC*, para el fomento y puesta en valor del patrimonio, como forma de estrategia para fomentar un uso coherente de nuestro patrimonio preexistente.

7. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

Después del desarrollo de este trabajo el resultado obtenido, sabemos que ayudará en un futuro a radicar en gran medida, el efecto de error que podemos obtener a la hora de realizar un ejercicio de virtualización con la premisa del *bajo coste*.

Sin embargo, gracias a las características propias de exportación del archivo a otras plataformas a través de los archivos **.obj*, **.jpg*, **.mtl*. y, beneficiándose de las ventajas que pueden ir surgiendo en el futuro más inmediato, mediante las nuevas prestaciones, podremos ser capaces de realizar una musealización más asequible, con grandes repercusiones sobre la aproximación de las colecciones a la comunidad. Realizando una escena perfecta para emplear dentro del museo nuevas sensaciones al espectador y el patrimonio que lo rodea.

En este sentido todo el proceso de investigación desarrollado y de manipulación de este caso de estudio, nos lleva a definir nuevas líneas de trabajo que puedan facilitar un mayor entendimiento dentro de la creación de un modelo tridimensional y sobre todo referente a su uso dentro de una institución específica como es el caso de un museo. Por ello, a continuación, señalamos algunos posibles caminos a seguir y que ayudarían a seguir completando el trabajo realizado con este teléfono de baquelita.

La primera propuesta de investigación establecida de manera estratégica sería realizar un perfil dentro de una plataforma *web*, en la cual se integren a la perfección las redes sociales con los modelos 3D, creando un repositorio de modelos virtualizados, como método de catalogación y conservación preventiva sobre la identidad propia de este objeto tan singular.

Mediante el caso práctico de *Sketchfab*, esta web multiplataforma, ofrece diferentes recursos de edición e importación del modelo a través del navegador, realizando una exposición del contenido realizado para su divulgación, a través de las herramientas que se nos presenta el visor de la *web*.

La segunda propuesta de línea de trabajo que se propone en el siguiente trabajo, hace referencia a los efectos futuros que pueden provocar la adaptación de las *TIC* a los objetos culturales. A raíz del análisis de los diferentes ejemplos contemplados dentro de este trabajo de fin de grado durante el proceso de digitalización, podemos mostrar como la adaptación de estas herramientas pueden producir efectos positivos en la visualización de este caso de estudio.

Por ello, a través del uso de un *software* especializado como es *Unity*, y su puesta en funcionamiento dentro de los sistemas inmersivos realizados en la aplicación patente del museo, se podrá exportar este material a un sistema compatible para el desarrollo de una difusión eficaz de cualquier elemento patrimonial, que se pueda inscribirse dentro de esta práctica. Implementándolos con material infográfico y audiovisual que permitirán tener un primer contacto entre el público.

Como se ha mencionado en apartados anteriores, la creación de estas aplicaciones patentes, surgieron con la necesidad de ampliar los conocimientos de estos objetos tan particulares. La utilización de un programa con las características de *Unity*, facilita en gran medida la realización de un trabajo multidisciplinar entre diferentes ámbitos científicos, en las cuales poder vincular el proceso descrito dentro de este trabajo final de grado, aplicado a partir de la recreación del entorno museístico dentro de este programa, y obteniendo como resultado una *app* digital, que sea capaz de potenciar las experiencias del espectador.

Estas propuestas de trabajo o líneas futuras de investigación, pueden ser el inicio de muchas otras nuevas estrategias que se podrían realizar a través de la metodología presentada. Pensando que, el presente trabajo pueda convertirse en una primera aproximación, dando un nuevo enfoque en la documentación del patrimonio y una clara revisión de técnicas digitales utilizadas para este cometido.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AHN, S.; RAUH, W.; IL KIM, S. (2001). "Circular Coded Target for Automation of Optical 3D-Measurement and Camera Calibration" en: *IJPRAI, International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, núm. 6.
<https://www.researchgate.net/publication/220359809_Circular_Coded_Target_for_Automation_of_Optical_3D-Measurement_and_Camera_Calibration> [Consulta: 7 Marzo de 2019]
- ANDREU, A. (2012). "Los museos de etnología en Europa: entre la redefinición y la transformación" en: *ILHA Revista de antropología*, n.1.
<<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:YSeAiSS4E04J:https://periodicos.ufsc.br/index.php/ilha/article/viewFile/26315/24009+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=es>> [Consulta: 18 de Abril de 2018]
- ARÉVALO, B.; BAYONA, E.; RINCÓN, I. K. (2015). "Metodología para documentación 3D utilizando fotogrametría digital" en: *Revista Tecnura*, núm. 19.
<<http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v19nspe/v19nspea10.pdf>>
[Consulta: 3 de Octubre de 2018]
- BALLART, J.; TRESSERRAS, J.J. (2001). *Gestión del patrimonio cultural*, Barcelona: Ariel.
- BALLETI, C.; et al. (2014). *Calibration of Action Cameras for Photogrammetric Purposes*.
<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4208234/>>
[Consulta: 3 de Mayo de 2019]
- BELCHER, M. (1994). *Organización y diseño de exposiciones. Su relación con el museo*. Gijón: Trea.
- CASTELLS, M. (1998). Vol 1. "La sociedad red" en: *La revolución de la tecnología de la información*. Madrid: Alianza Editorial.
- CASTELLS, M. (2002). "La revolución de la tecnología de la información" en: *La era de la información. Economía, sociedad y cultura, Siglo XX*.
<https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31335392/Castells__M._-_La_revolucion_TIC.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWO WYYGZ2Y53UL3A&Expires=1558292722&Signature=K2k7%2BFgLdr UKMW26Pc7NhLVs%2FrU%3D&response-content-disposition=inlin e%3B%20filename%3DLa_Revolucion_de_las_TIC_de_Castells.pdf>
[Consulta: 26 de Noviembre de 2018].

- CARO, J. L. (2012). "Fotogrametría y modelado 3D: un caso práctico para la difusión del patrimonio y su promoción turística" en *IX Congreso Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TuriTec'2012)*, Málaga, 25-26 octubre.
<<https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/5134>>
[Consulta: 2 de Marzo de 2019]
- CORDÓN, D. (2018). "Evolución conceptual del museo como espacio comunicativo" en *Estudios sobre el mensaje periodístico*, núm. 24.
<<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6480596>>
[Consulta: 10 de Abril de 2019]
- DOMÉNECH, C.; PRADOS, F. (2016). "El Congreso del Máster en Arqueología de la Universidad de Alicante: crónica de la XI edición" en *DAMA, Documentos de Arqueología y Patrimonio Histórico*, núm. 1.
<<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/59164>> [Consulta: 10 de Febrero de 2019].
- DURÁN, G.; MATÍAS, J.; SANJOSÉ, J. J. (2007). "Técnicas fotogramétricas aplicadas al patrimonio" en *La conservación infalible, de la teoría a la realidad. Actas del III Congreso*, Oviedo, 21-23 noviembre.
- DURÁN, G.; FELICISIMO, A. M; POLO, E. M. (2014). "The representation of Cultural Heritage: Methodologies for digital characterization" en *Science, Technology and Cultural Heritage. II Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología para la Conservación del Patrimonio Cultural*.
- ELTNER, A., et al. (2016). "Image-based surface reconstruction in geomorphometry – merits, limits and developments" en: *Earth Surf. Dynam*, núm. 4.
<<https://www.earth-surf-dynam.net/4/359/2016/esurf-4-359-2016.pdf>> [Consulta: 1 de Marzo de 2019]
- FORTE, M.; DELL'UNTO, N.; JONSSON, K.; LERCARI, N. (2015). "Interpretation Process at Çatalhöyük using 3D" en: *Assembling Çatalhöyük - EAA - Themes in Contemporary Archaeology*, Cap.4.
<https://www.researchgate.net/publication/280627567_Interpretation_Process_at_Catalhoyuk_using_3D> [Consulta: 3 de Febrero de 2019]
- FIORINI, A. (2013). "Nuove possibilità della fotogrammetria. La documentazione archeologica del nuraghe di tanca manna (nuoro)" en: *Archeologia e calcolatori*, núm. 24.
<http://www.archcalc.cnr.it/indice/PDF24/18_Fiorini.pdf> [Consulta: 7 de Septiembre de 2018]

- GILABERT, L. M. (2010). "El patrimonio industrial y los museos: evolución histórica y propuestas museísticas en Europa" en: *Boletín de Arte*, núm. 30-31. <<http://www.revistas.uma.es/index.php/boletin-de-arte/article/view/4380/4092> 16/02/19> [Consulta: 23 de Septiembre de 2018]
- ICOM. (2017) Code of Ethics for Museums. <<https://icom.museum/wp-content/uploads/2018/07/ICOM-code-En-web.pdf>> [Consulta: 5 de Octubre de 2018]
- ICOMOS.(1994). Conferencia de Nara sobre la autenticidad. <<http://www.icomoscr.org/doc/teoria/DOC.1994.nara.documento.sobre.autenticidad.pdf>> [Consulta: 30 de Septiembre de 2018]
- KNELL, S. J. (2003). "The shape of Things to Come: Museums in the Technological Landscape" en *Museum and Society*, núm. 3. <<https://journals.le.ac.uk/ojs1/index.php/mas/article/view/40>> [Consulta: 10 de Octubre de 2018]
- LÓPEZ, J. (2017). "Una app para llevar el Museo Arqueológico Nacional en el bolsillo" en *El Mundo*. <<https://www.elmundo.es/tecnologia/2017/11/27/5a1c02f5ca4741853b8b4685.html>> [Consulta: 19 de Noviembre de 2018].
- LÓPEZ, P.; SERRANO, L.; EXPÓSITO, D. (2017). "Creación de la malla en el conjunto arqueológico de Cástulo: de la disciplina al vector" en *Revista Otarq: Otras arqueologías*, núm. 249. <https://www.researchgate.net/publication/314866216_CREACION_DE_LA_MALLA_EN_EL_CONJUNTO_ARQUEOLOGICO_DE_CASTULO_DE_LA_DISCIPLINA_AL_VECTOR> [Consulta: 9 de Diciembre de 2018]
- LÓPEZ, J. (2007). *La infografía 3D como sistema de documentación y divulgación*. <https://www.academia.edu/1361731/La_infograf%C3%ADa_3D_como_sistema_de_documentaci%C3%B3n_y_divulgaci%C3%B3n> [Consulta: 20 de Octubre de 2018].
- LUIS, I. (2013). Toma de datos fotogramétricos, reconstrucción virtual, realidad aumentada y difusión en la red de la iglesia nuestra señora de la asunción. Trabajo Final de Máster. Salamanca: Universidad de Salamanca. <https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/122177/1/TFM_Luis-RivasI_Tomadedatos.pdf> [Consulta: 20 de Octubre de 2018].
- MAURE, M. (1996). "La nouvelle muséologie – qu'est-ce-que c'est?" en *Museum and community II*.

- MATEOS, S. M.; GIFREU, A. (2014). "Reconstrucción y activación del patrimonio artístico con tecnología audiovisual. Experiencia de Taüll 1123" en: *El profesional de la información*, núm. 5. <<http://www.comunicacionpatrimonio.net/el-editor/article-santosm-mateos-arnaugifreu-epi/>> [Consulta: 18 de Octubre de 2018].
- MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE. *La definición del IPC sobre Plan Nacional de Patrimonio Industrial*. <<http://www.culturaydeporte.gob.es/planes-nacionales/planes-nacionales/patrimonio-industrial/definicion.html>> [Consulta: 1 de Marzo de 2019].
- PARDO, C. J. (2004). "La reutilización del patrimonio industrial como recurso turístico. Aproximación geográfica al turismo industrial" en: *Treballs de la societat Catalana de Geografia*, núm. 57. <<https://www.raco.cat/index.php/TreballsSCGeografia/article/view/247692/331651>> [Consulta: 2 de Noviembre de 2018].
- PAL SINGH, S.; JAIN, K.; RAVIBABU, V. (2014). "Image based 3d city modeling: comparative study" en *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. <https://www.researchgate.net/profile/Venkata_Mandla2/publication/269853924_Image_based_3D_city_modeling_Comparative_study/links/5801a64508ae23fd1b62051f/Image-based-3D-city-modeling-Comparative-study.pdf> [Consulta: 1 de Marzo de 2019]
- RASCÓN, S.; SÁNCHEZ, A. (2008). "Las nuevas tecnologías aplicadas a la didáctica del patrimonio" en: *Pulso, Revista de educación*, núm. 31. <<http://www.alcalavirtual.es/pdfs/10.Tecnologias.pdf>> [Consulta: 20 de Agosto de 2018].
- RODRÍGEZ, T. (2008). El valor de las emociones para el análisis cultural en *PAPERS, Revista de sociologia de la Universitat Autònoma de Barcelona*, núm. 87. <<https://core.ac.uk/download/pdf/13272600.pdf>> [consulta: 18 de Octubre de 2018]
- ROTAECHE, M. (2011). *Conservación y restauración de materiales contemporáneos y nuevas tecnologías*. Madrid: Ed.Sintesis
- RUIZ, D. (2011). "Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultura" en: *E-rph: Revista electrónica de Patrimonio histórico*, núm. 8. <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/21792/ruiz_torres_realidad_aumentada_y_patrimonio_cultural.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consulta: 22 de Mayo de 2019]

- SÁNCHEZ, Á. (2015). *Aplicación de la fotogrametría digital para levantamiento gráfico de Casa de los Cosidó en Elche*. Trabajo Final de Máster. Alicante: Universidad de Alicante.
<<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/49687>> [Consulta: 1 de Diciembre de 2018]
- SABBATTINI, M. *Centros de ciencia y museos científicos virtuales, teoría y práctica*.
<http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_04/n4_art_sabbattini.htm> [Consulta: 21 de Marzo de 2019]
- SANTACANA, J.; SERRAT, N. (2005). *Museografía didáctica*. Barcelona: Ariel.
<https://books.google.es/books?id=bOJpftLRSiMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false> [Consulta: 30 de Enero de 2018].
- SCHWEIBENZ, W. (2004) "El desarrollo de los museos virtuales" en: *Noticias del ICOM*, núm. 3.
<http://temp.icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/ICOM_News/2004-3/SPA/p3_2004-3.pdf> [Consulta: 21 de Marzo de 2019].
- SILVESTRE, R.; SENABRE, C. (2013). *Hacer y dejar hacer. Políticas culturales y mediación pública en las artes visuales*. España: Univesitat de València.
- TOMÁS, A. A. (2012). "Los museos de etnología en Europa: entre la redefinición y la transformación" en: *ILHA, Revista de antropología*, núm. 1-2.
<<http://dx.doi.org/10.5007/2175-8034.2012v14n1-2p83>> [Consulta: 22 de Febrero de 2019].
- UNESCO. (1968). *Recomendación sobre la preservación de bienes culturales en peligro por obras públicas o privadas*.
<http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=13085&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html> [Consulta: 12 de Octubre de 2018]
- UNESCO. (2005). *Las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza*. Francia: Ed. Trilce.
<<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001390/139028s.pdf>>[consulta: 6 de Noviembre de 2018]
- UNESCO. (1969). *La conservación de los bienes culturales: museos y monumentos*.
<<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000135545>> [Consulta: 2 de Noviembre de 2018].

- VETTESE, A. (2012). *El arte contemporáneo entre el negocio y el lenguaje*. Madrid: Rialp.
- VALLE, J. M; et al. (2016). “El modelo 3D como base para la documentación y difusión de los elementos patrimoniales. Aplicación al mausoleo romano denominado ‘la Sinagoga’ de Sádaba (Zaragoza, España)” en: *RA, Restauro Archeologico*.
<<http://fupress.net/index.php/ra/article/view/19316/17971>>
[Consulta: 7 de Diciembre de 2018]
- WALDHÄUSL, P.; OGLEBY, C. (1994). “3-by-3- Rules for Simple Photogrammetric Documentation of Architecture” en *Close Range Techniques and Machine Vision. V Congreso del ISPRS*, Melbourne.
<<http://cipa.icomos.org/wp-content/uploads/2017/02/Waldh%C3%A4usl-Ogleby-3x3-rules-for-simple-photogrammetric-documentation-of-architecture.pdf>> [Consulta: 5 de junio de 2018]
- WIJENAYAKE, U.; CHOI, S.; YONG, S. (2016). Automatic Detection and Decoding of Photogrammetric Coded Targets.
<<https://arxiv.org/pdf/1601.00396.pdf>> [Consulta: 10 de Marzo de 2019]
- YAMAFUNE, K. (2016). *Using computer vision photogrammetry (agisoft photoscan) to re-cord and analyze underwater shipwreck sites*. Trabajo Final de Máster. Texas: A & M University.
https://www.academia.edu/29440776/USING_COMPUTER_VISION_PHOTOGRAMMETRY_AGISOFT_PHOTOSCAN_TO_RECORD_AND_ANALYZE_UNDERWATER_SHIPWRECK_SITES [Consulta: 20 de Febrero de 2019]

9. ÍNDICE DE FIGURAS Y DE TABLAS

Fig.1. Radios de distintas épocas expuestas dentro del museo Vicente Miralles Segarra (p.7). Elaboración propia.

Fig.2. Diferentes objetos expuestos dentro del museo Vicente Miralles Segarra (p.13). Elaboración propia.

Fig.3. Telefonos de distintas épocas expuestas dentro del museo Vicente Miralles Segarra (p.14). Elaboración propia.

Fig.4. Modelo de gramofono de c. 1887 (p.15). <https://www.google.com/search?q=gramofonos&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjyxeTm_5PiAhUWA2MBHcz_AqEQ_AUIDigB&biw=1280&bih=610#imgsrc=huLbv2XUK6gvM> [Consulta: 11 de Mayo de 2018]

Fig.5. Modelo de máquina de escribir Junior Premier de los años 1930 (p.15). <https://www.google.com/search?q=Modelo+de+m%C3%A1quina+de+escribir+Junior+Premier+de+los+a%C3%B1os+1930.&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjgpei1gZTiAhXeA2MBHUd1BoYQ_AUIDigB&biw=1280&bih=561#imgsrc=vFHEpugcGPOJGM> [Consulta: 11 de Mayo de 2018]

Fig.6. Teléfono Español Fabricado por Telefónica en los Años 40-50 (p.15). <<https://www.antiguedades.es/telefonos-vendidos/raro-telefono-espanol-fabricado-por-telefonica-en-los-anos-40-50-muy-atractivo-y-funcionando>> [Consulta: 11 de Mayo de 2018]

Fig.7. Detalle de diferentes teléfonos de baquelita expuestos dentro del museo (p.16). Elaboración propia.

Fig.8. Diferentes objetos expuestos dentro de las salas del museo (p.18). Elaboración propia.

Fig.9. Las gafas de realidad aumentada, donde el espectador se introduce dentro de un espacio virtualizado pudiendo observar el objeto dentro a un alcance muy próximo (p.20). Elaboración propia.

Fig.10. Mediante los *smatphones*, podemos ser capaces de visualizar de una manera más sencilla toda la información necesaria de aquello que se nos muestra. Esta técnica informativa, se incorpora dentro de la realidad virtual (p.20). Elaboración propia.

Fig.11. Evolución de los diferentes estados del abside a lo largo de los años (p.22). <<http://pantocrator.cat/es/projectes/>> [Consulta: 2018-11-2]

Fig.12. Mosaico de los amores (Cástulo), vista original (p.23). <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.esTRESd.CastuloVirtual&hl=es>> [Consulta: 2 de Diciembre de 2018]

Fig.13. Mosaico de los amores, visto desde la aplicación para smartphones (p.23). <[http:// estresd.com/castulo-virtual-app-de-realidad-aumentada-para-dispositivos-android/](http://estresd.com/castulo-virtual-app-de-realidad-aumentada-para-dispositivos-android/)> [Consulta:6 de Noviembre de 2018]

Fig.14. Vista de la aplicación de Cástulo virtual, situada en la PlayStore (p.23). <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.esTRESd.CastuloVirtual&hl=es>> [Consulta: 6 de Noviembre de 2018]

Fig.15. Vista de la aplicación para el MAN (p.24). <[https:// www.elmundo.es/tecnologia/2017/11/27/5a1c02f5ca4741853b8b4685.html](https://www.elmundo.es/tecnologia/2017/11/27/5a1c02f5ca4741853b8b4685.html)> [Consulta: 10 de Diciembre de 2018]

Fig.16. Conjunto de vistas del objeto o caso de estudio. (a-b) (p.25). Elaboración propia.

Fig.17. Representación del tipo de captura fotográfica utilizado en esta sistemática (p.26). Elaboración propia.

Fig.18. Representación del estereopar (p.26). Elaboración propia.

Fig.19. Representación del tipo de toma fotográfica utilizada (p.28). Elaboración propia.

Fig.20. Representación del tipo de toma fotográfica utilizada (p.30). Elaboración propia.

Fig.21. Calibración de la cámara mediante el uso de retícula (p.31). Elaboración propia.

Fig.22. Imágenes alineadas alrededor de la máscara de puntos en *Agisoft Photoscan* (p.34). Elaboración propia.

Fig.23. Error de cálculo en el alineamiento de las imágenes (p.35). Elaboración propia.

Fig.24. *Coded Targets* utilizados en el proceso de fotogrametría (p.35). Elaboración propia.

Fig.25. Preparación del objeto para la captura de imágenes mediante el uso de la fotogrametría (p.36). Elaboración propia.

Fig.26. Resultado de la nube dispersa obtenida sobre el caso de estudio (p.37). Elaboración propia.

Fig.27. Nube dispersa (izquierda) y nube densa (derecha), obtenidas en el proceso de virtualización del objeto (p.37). Elaboración propia.

Fig.28. Puntos exentos que se generan al realizar la nube de densa del objeto (p.37). Elaboración propia.

Fig.29. Detalle de los puntos exentos sobre la superficie del objeto (p.37). Elaboración propia.

Fig.30. Malla realizada sobre las características propias de la nube densa del objeto (p.38). Elaboración propia.

Fig.31. Texturizado realizado sobre las características propias de la malla del objeto (p.38). Elaboración propia.

Fig.32. Histograma realizado a partir de una imagen fotográfica del caso de estudio (p.39). Elaboración propia.

Fig.33. Optimización del modelo virtual mediante *MeshLab*. A la izquierda: modelo original (6.208.333 polígonos), y a la derecha, modelo optimizado (1.034.722 polígonos) (p.40). Elaboración propia.

Fig.34. Resultados finales, tras la edición del modelo en el *software* de *Blender* (p.41).

Fig.35. Flujo de trabajo utilizado dentro de esta sistemática de trabajo. Elaboración propia.

TABLA1: porcentaje de piezas dentro del museo. (p.8) <<http://colteleco.webs.upv.es/>> [Consulta: 15 de Julio de 2019]

TABLA 2: Resultados obtenidos tras la calibración (p.32). Elaboración propia.

ANEXO I: SISTEMÁTICA APLICADA EN EL POROCESADO DE LAS IMÁGENES

- a) Procesado de las imágenes en *Agisoft Photoscan*.
- b) Obtención de la nube de puntos dispersos.
- c) Obtención de la nube densa.
- d) Obtención de la malla.
- e) Obtención del texturizado.
- f) Procesado del modelo 3D en *MeshLab*.
- g) Optimización del modelo virtual.
- h) Exportación de resultados y edición mediante *Blender* para su visualización.

