

PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN GRÁFICA ARQUITECTÓNICA EN MODELOS TÁCTILES

PROCESS OF TRANSFORMATION OF ARCHITECTURAL GRAPHIC DOCUMENTATION INTO TACTILE MODELS

Jaume Gual Ortí. Universitat Jaume I. Castellón

María Jesús Máñez Pitarch. Universitat Jaume I. Castellón

José Teodoro Garfella Rubio. Universitat Jaume I. Castellón

© UNIVERSIDAD DE SEVILLA, SEVILLA 2018

<http://dx.doi.org/10.12795/EGE.2018.i10.03>

RESUMEN

El patrimonio arquitectónico, como ejemplo de expresión sensorial, frecuentemente no está al alcance de personas con discapacidad visual. El objetivo del presente artículo es mostrar las investigaciones que se han realizado en el proceso de conversión de fenómenos visuales a entidades que estimulen el sentido del tacto, en un caso de estudio concreto: la iglesia renacentista de Vistabella del Maestrazgo, en Castellón.

La metodología empleada ha partido de completos levantamientos gráficos arquitectónicos realizados, en primer lugar, con escáneres 3D y software de última generación, y tras la elaboración y depuración de éstos, en segundo lugar, se han construido gráficos y maquetas tangibles, mediante técnicas de prototipado rápido en las que se incluyen la fabricación aditiva (comúnmente denominadas

Impresión 3D) con el fin de poner a disposición de usuarios con discapacidad visual los contenidos del patrimonio arquitectónico estudiado.

Palabras Clave:

Renacimiento, Patrimonio, Táctil, discapacidad visual.

INTRODUCCIÓN

El conjunto de edificios, monumentos y conjuntos históricos que forman el patrimonio arquitectónico están presentes en todas las ciudades y pueblos de nuestro entorno. Son auténticos documentos traducidos en piedra (1), de gran valor cultural, técnico, sentimental, urbanístico, histórico y artístico, no menos preciosos que aquellos que se conservan en los museos y en los archivos.

La necesaria conservación de este patrimonio a nivel mundial, parte del profundo conocimiento, comprensión y valoración del mismo. Para ello es necesario

mostrarlo y darlo a conocer a la totalidad de la población.

Pero, en el campo de la Arquitectura, nos enfrentamos a unas características propias de la impresión sensorial: el contacto y la observación directa del monumento. Solo recorriendo, viviéndolo, podemos alcanzar a tener una visión completa y global de la magnitud del espacio arquitectónico, sus dimensiones, su estructura, etc...

Dentro de este patrimonio arquitectónico, en el presente artículo nos centramos, como banco de pruebas, en la iglesia renacentista Nuestra Señora de la Asunción de Vistabella del Maestrazgo, en la provincia de Castellón, siendo éste uno de los monumentos más importantes de este territorio.

Quizás por el aislamiento de estas tierras, el estudio del monumento quedó relegado durante años a pequeñas investigaciones y publicaciones sobre él.

Desde el año 2014, y tras la publicación de una tesis doctoral sobre el tema (2), se han ido desarrollando, publicando y dando a conocer varios trabajos sobre el edificio (3) (4).

Posteriormente los trabajos se han encaminado a mostrar los resultados obtenidos en las investigaciones para que éstos puedan llegar a la totalidad de la población.

Para ello se han ido elaborando y ensayando diferentes tipos de planos y maquetas táctiles, con el fin de hacer accesible este legado cultural a personas con discapacidad visual, poniendo así en práctica los resultados de otra tesis doctoral sobre el tema (5).

En general, dichos planos (fig.1), y maquetas (fig.2), se plantean como dispositivos que deben acompañar las visitas in situ al bien cultural, mostrándolas y conduciendo en un itinerario prefijado, sin que por ello se elimine en ningún momento las percepciones y sensaciones que pueda dar el recorrido del monumento, pero complementando éste a través de otros canales sensoriales.



Fig. 1: Imagen de un plano táctil correspondiente a una de las plantas de la Casa Milà de Gaudí en Barcelona. Fuente: J.Gual

Favoreciendo, además, el aprendizaje del contexto cultural y arquitectónico en el propio sitio, en

armonía con la corriente



Fig. 2 Imagen de maqueta táctil de las antiguas dársenas del puerto de Barcelona, en el Museu Maritim. Fuente: J.Gual

educacional denominada aprendizaje situado (6).

LOS PLANOS Y MAQUETAS TÁCTILES

Los planos y maquetas táctiles son elementos de un gran valor para acercar el patrimonio construido y cultural a personas con discapacidad visual (7), incluso para mostrar el patrimonio desaparecido pero documentado (8).

Estos dispositivos facilitan la inclusión del colectivo con discapacidad visual y, al mismo tiempo, al resto de usuarios con visión sana, ya que pueden ser percibidos mediante diversas modalidades sensoriales. Hecho que amplía sus posibilidades y justifica su implementación en un espacio como el que aquí se trata.

Los planos táctiles (o hápticos) son una traducción en relieve de fenómenos gráficos, es decir, se

componen de una serie de elementos visuales (puntos, líneas, y texturas) que al tratarse con relieve, en el plano táctil, son percibibles mediante el sentido del tacto. Las maquetas (fig.3) son una representación a escala de un fenómeno también tangible, pero normalmente, en el caso de la arquitectura y el urbanismo, inabarcable al tacto por sus dimensiones.

Tanto los planos como las maquetas se exploran mediante el tacto, por parte de personas con discapacidad visual, para ser comprendidos. Ambos dispositivos deben diseñarse atendiendo principalmente a los requerimientos del sentido del tacto desde dos niveles: el nivel de contenidos y el nivel de elementos táctiles.

En este sentido, cabe destacar dos particularidades de este modo de percibir. En primer lugar, que el tacto percibe secuencialmente “de la parte al todo”, hecho que justifica un mayor esfuerzo mental (memoria háptica) en tratar de enlazar las partes exploradas en un fenómeno general y con sentido (unitario) o, lo que vendría a ser similar, hasta que lo muestre todo a grandes rasgos, como sucede en un primer “vistazo” visual. En segundo lugar, el tacto es menos agudo que el sentido visual para percibir los fenómenos de naturaleza gráfica, no así, por ejemplo, los fenómenos relativos al peso o a la temperatura, como cualidades sensoriales de los objetos.

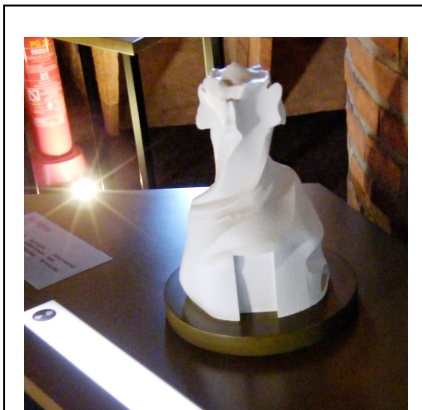


Fig. 3. Imagen de una maqueta táctil de un detalle constructivo de la obra de Gaudí. Fuente: J.Gual

Estos dos hechos justifican unos requerimientos de diseño específicos (9). El principal es que, para compensar el uso de la memoria háptica y la menor agudeza del tacto frente al sentido de la vista, estos dispositivos deben ser simples, muy simples, tanto a nivel cognitivo (nivel de contenidos), como a nivel perceptivo (nivel de elementos

táctiles). Esto deriva en que deben ser sintéticos en información, es decir, mostrar únicamente los contenidos significativos al usuario; y emplear pocos recursos táctiles (puntos, líneas, texturas en relieve y volúmenes), con un tamaño óptimo para ser comprendidos mediante el tacto.

Al emplear estas reglas tan sencillas, pero en ocasiones difíciles de aplicar, se pretende restar complejidad al fenómeno a representar para facilitar su exploración háptica.

LA FABRICACIÓN ADITIVA PARA LA REALIZACIÓN DE MODELOS TÁCTILES

En otro orden de cosas, es conveniente señalar que en el caso de la construcción, mediante fabricación aditiva, de elementos táctiles orientados a personas con deficiencia visual existen numerosos antecedentes. Así, ya en el año 2009 un grupo de investigadores liderados por el profesor Vozenilék (11) realizaron una valiosa recopilación de técnicas posibles dentro de este campo. Más adelante, en el 2012, Brown y Hurst (12), exponían una herramienta informática para extraer relieves digitales de imágenes bidimensionales, para ser fabricadas mediante la técnica de deposición de hilo de plástico. Aunque, tal vez, la experiencia más interesante, desde la óptica de este artículo, ya que aborda el patrimonio artístico, es la que se produjo años más tarde en Italia, El sistema de traducción digital denominado T-VedO, ideado por un equipo científico liderado por

Volpe (13) podía reproducir modelos táctiles en 3D a partir de imágenes del patrimonio artístico, hecho que reducía en gran medida la eficiencia del proceso de transformación de la documentación gráfica en tangible.

METODOLOGÍA

Para la realización de la investigación se contaba con un gran número de documentos gráficos, tales como fotografías (fig.4), planos (alzados, plantas, perfiles y secciones) (fig.5) y modelos 3D, que representaban objetivamente el edificio. Dichos documentos fueron elaborados en gabinete con softwares específicos a partir del levantamiento arquitectónico (10), donde se realizaron completos trabajos de campo (11).

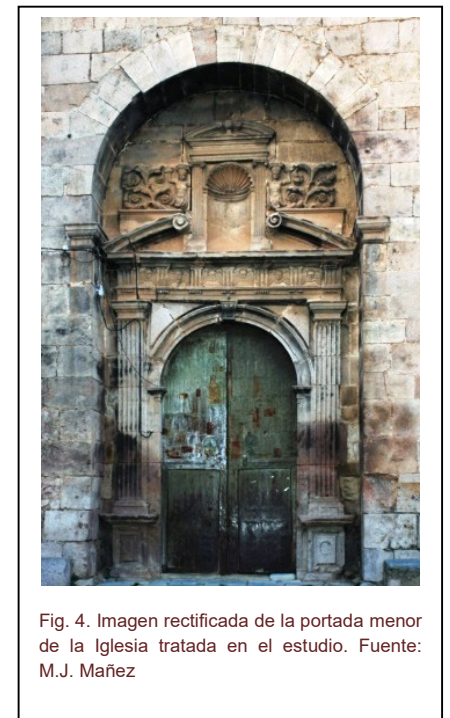


Fig. 4. Imagen rectificada de la portada menor de la Iglesia tratada en el estudio. Fuente: M.J. Mañez

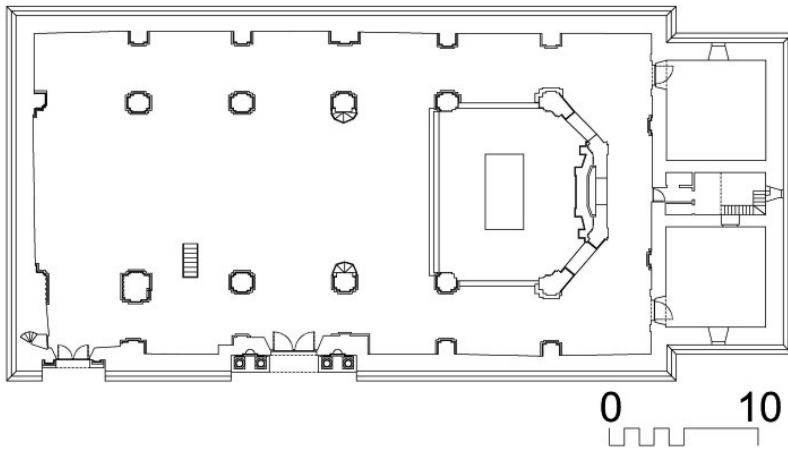


Fig. 5: Dibujo de la planta de la iglesia de Vistabella. Fuente: M.J. Mañez



Fig. 6: Imagen de la portada pequeña del templo de Vistabella extraída de una nube de puntos captados por el scanner 3D. Fuente: J.T. Garfella

En ellos se utilizaron desde sistemas tradicionales (cámaras de fotos, flexómetros, peine de arqueólogo, niveles, plomadas, etc...) hasta complejos sistemas topográficos (distanciómetros láser, estación total, estación de imagen y scanner 3D) (12).

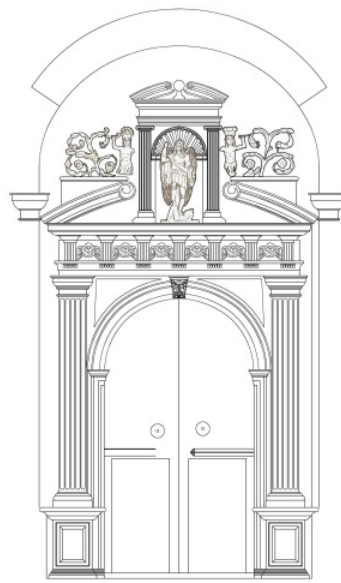


Fig. 7: Dibujo original de la portada pequeña del templo de Vistabella. Fuente: M.J. Mañez

Posteriormente estos documentos gráficos fueron reelaborados con el fin de eliminar información. El exceso de información en una maqueta o plano táctil puede provocar que no se entienda el elemento y por tanto que la comunicación con las personas con

discapacidad visual no sea la adecuada.

Posteriormente fue necesario crear nuevos modelos 3D que permitieran imprimir en la impresora 3D de fabricación aditiva (Zprinter 310), o mecanizarlos mediante fabricación substractiva mediante fresadora de control numérico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se han obtenido diversas entidades que estimulan el sentido del tacto, en un caso de estudio concreto.

Así se han obtenido diferentes maquetas de la portada menor del templo de Vistabella.

En el trabajo se han diferenciado y desarrollado dos tipos de modelos o maquetas táctiles. Por una parte maquetas que representan un solo elemento arquitectónico, en nuestro caso se ha trabajado y experimentado sobre la portada menor de la iglesia (fig.4), ubicada en la fachada principal del templo.

Y por otra parte planos hápticos que representan la organización en planta de los elementos fundamentales del edificio, y que sirven principalmente para que las personas con discapacidad visual puedan, por medio del tacto, orientarse con un plano en relieve y con leyendas escritas en código de lecto-escritura Braille.

En el primer caso, es decir, en la representación de la portada, se ha digitalizado el elemento obteniendo una nube de puntos que define su volumetría (fig.6). Después de

tratar la nube de puntos para generar una entidad cerrada, ésta puede imprimirse en 3D, sin embargo la volumetría obtenida es compleja y de difícil comprensión para el tacto, así que se crea una segunda opción que consiste en el modelado 3D a partir de la volumetría obtenida (figs. 7 y 8), una especie de calçado en tres dimensiones, con la ayuda también del resto de documentación gráfica de la propia portada (13).



Fig. 8: Modelado en 3D, su geometría ha sido simplificada para mejorar sus prestaciones táctiles. Fuente: J. Gual

El modelado de la pieza en 3D permite una mejor edición de la geometría y aporta flexibilidad al proceso. Si bien es cierto que el modelo obtenido mediante la nube de puntos consume un menor tiempo de dedicación, si no se requiere una adaptación al tacto, y lo que se pretende es conseguir una maqueta rápida.

En el caso que nos ocupa, la complejidad de la geometría precisaba un tratamiento de simplificación. Éste se realizó empleando dos estrategias, por un lado, la reducción del contraste de altura, que si bien es un indicador

importante en el tacto porque favorece la discriminación de elementos, también es perceptivo comentar que un excesivo contraste de altura actúa, en ocasiones, para una persona con discapacidad visual, ocultando los planos del fondo, de modo que los planos más exteriores de exploración se perciben más fácilmente que los que se sitúan por debajo, generando una jerarquía táctil que en este caso no convenía enfatizar.



Fig. 9: Primera prueba de la maqueta de la portada con el marco exterior. Fuente: J.Gual.

De esta manera se ha prescindido de representar el marco exterior con el arco, poniendo énfasis en la propia puerta y elementos cercanos que la rodean para evitar que la puerta quedase siempre en un segundo plano en el proceso de exploración háptica (fig.9). En este mismo sentido, la volumetría general se trabajó para reducir su altura, obteniendo un relieve que facilitara la fluidez de los dedos por todas sus partes.

Por otro lado, se optó por suprimir de la geometría final ornamentos escultóricos, que en una reproducción a escala son incomprensibles al tacto y, además, se simplificaron algunos detalles arquitectónicos por este mismo motivo (fig.10).

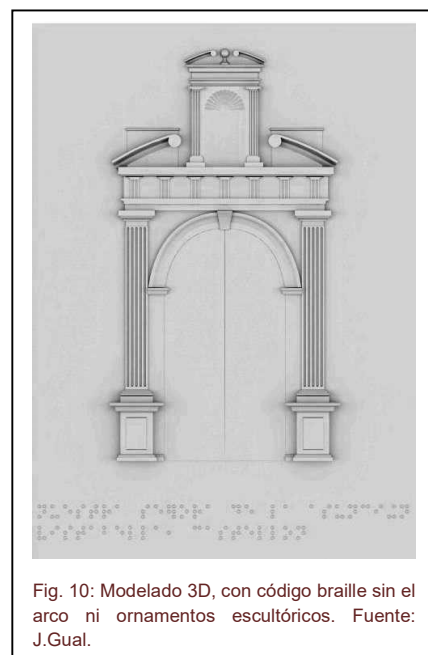


Fig. 10: Modelado 3D, con código braille sin el arco ni ornamentos escultóricos. Fuente: J.Gual.

Como resultado físico se obtuvo una maqueta en relieve reproducida mediante diferentes técnicas. En la imagen (fig.11) se puede apreciar la portada realizada en fabricación aditiva del tipo de deposición de hilo de plástico (FDM). Para llegar a este punto, se precisó previamente de un modelo tridimensional realizado con técnicas de modelado digital en 3D, este elemento se realizó mediante curvas y superficies NURBS (Non Uniform B-Splines), desde el cual se obtuvo un modelo similar poligonizado en formato STL (Standard Triangle Language). Este último tipo de archivo fue transformado, mediante el uso de un software específico en un

programa con código ISO, capaz de ser leído por las diferentes máquinas prototipadoras empleadas en el estudio.

Los resultados obtenidos mediante esta técnica muestran que la resolución de la volumetría obtenida puede mejorarse para ser percibida mediante el sentido del tacto.

Respecto al segundo caso, el plano de planta del edificio, se ha actuado siguiendo la estrategia del primero, simplificando los elementos que lo componen y reduciendo los ítems a representar (fig.12).

De ahí que se haya optado por representar de manera simplificada los muros exteriores y los pilares, y se haya destacado tan sólo cuatro ítems en la leyenda, ya que se trata de un plano de orientación que los usuarios con discapacidad memorizarán para comprender el entorno y orientarse por él. Los ítems a destacar, después de un análisis que fijara las prioridades de contenidos, pero que no



Fig. 11.:Reproducción mediante impresión por deposición de hilo de plástico del modelado geométrico en 3D.Fuente: J.Gual.

entorpeciera la orientación de dicho colectivo de personas, fueron el acceso principal, el recorrido interno hacia las banquetas, así como hacia el altar, y el acceso al campanario.

Las diferentes salas posteriores al altar se designan mediante código braille, así como el propio altar y título del plano. Estos elementos

táctiles se han modelado en 3D en forma de relieve (fig.13) para poder generar un archivo de extensión stl que pueda ser leído por una máquina de fabricación aditiva.

Por otro lado, el diseño volumétrico permite su posterior fresado en una máquina de control numérico. En este último caso se tradujo el volumen de la geometría CAD a un mapa de profundidad de grises que permitía controlar la altura del relieve de un modo más flexible y directo para el uso de la máquina de control numérico. El resultado obtenido fue un fresado sobre escayola de una calidad destacable para el tacto (fig. 14).

Estos resultados son una muestra de algunas de las pruebas realizadas para obtener dispositivos hápticos a partir del empleo de nuevas tecnologías (14).

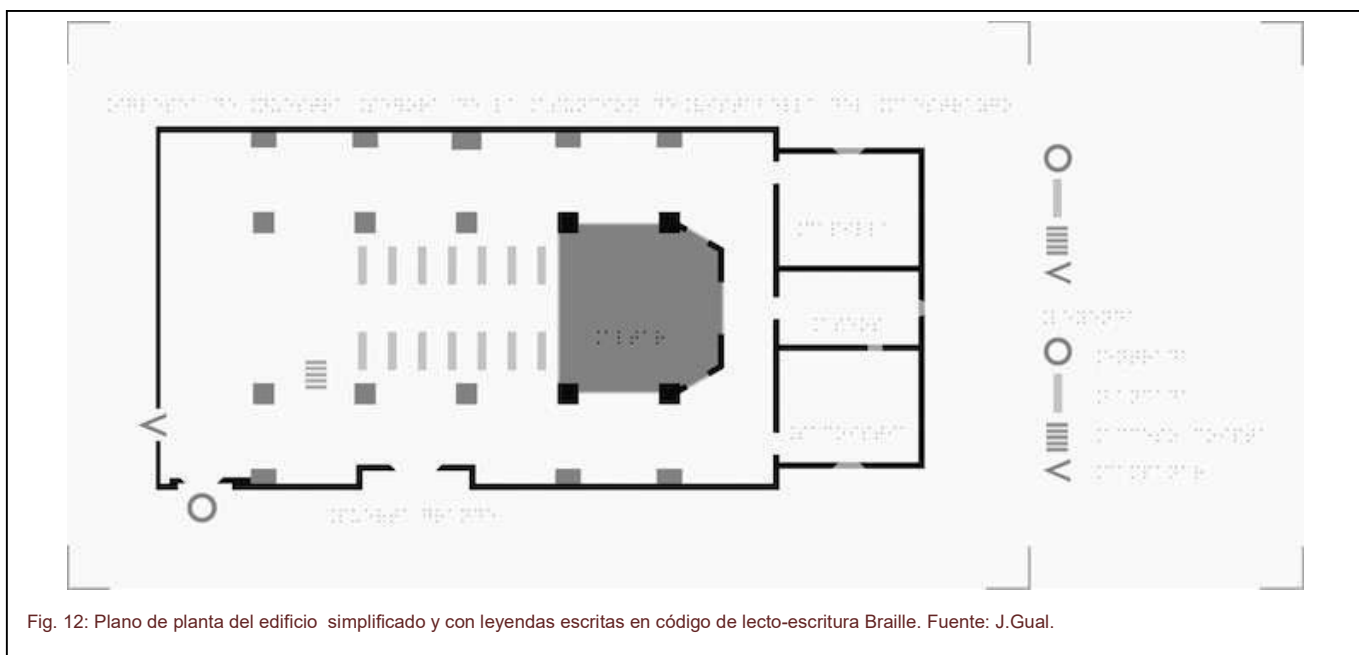


Fig. 12: Plano de planta del edificio simplificado y con leyendas escritas en código de lecto-escritura Braille. Fuente: J.Gual.

CONCLUSIONES

Después de mostrar el proceso el trabajo realizado se puede afirmar que las técnicas empleadas pueden ser útiles para la creación de dispositivos hápticos. Cabe seguir estudiando para poder comprender nuevas posibilidades y abrir puertas que puedan dar pie a

un uso óptimo de estas nuevas técnicas de fabricación y tratamiento de datos.

En futuros trabajos sería interesante realizar una prueba con usuarios con discapacidad visual para dar luz y validar el trabajo hasta ahora realizado.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo forma parte del proyecto de investigación P1·1B2015-69, financiado por la Universitat Jaume I. Castellón de la Plana (España): “El Renacimiento: Impronta arquitectónica en la provincia de Castellón. Huellas, rastros, trazos y vestigios”

Agradecemos a los alumnos: Ion Solonari, Irene Escriche Balfagon, Cristina Fabuel Bartual y Estela López Martín el entusiasmo, implicación y participación en estas investigaciones.

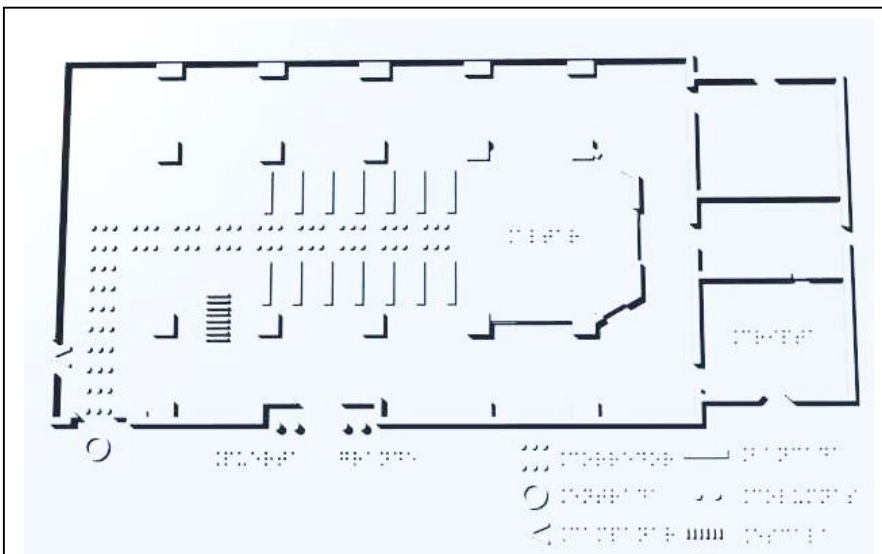


Fig. 13: Modelado en 3D del plano de planta con leyenda en código de lecto-escritura braille. . Fuente: J.Gual

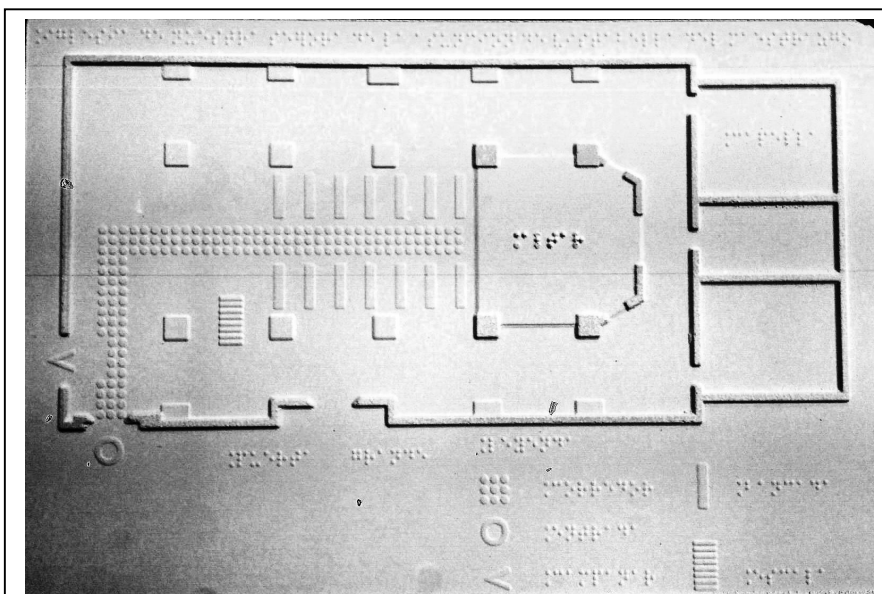


Fig. 14: Imagen del fresado en control numérico del plano táctil de planta. Fuente: J.Gual

NOTAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Carta del Restauero.** 1932. Roma. http://ipce.mcu.es/pdfs/1932_Carta_Restauero_Roma.pdf
2. **Mañez Pitarch, María Jesús.** 2014. *La arquitectura religiosa renacentista en tierras del maestro: La iglesia de Nuestra Señora de la Asunción en Vistabella del Maestrazgo.* Valencia: Tesis doctoral. Directores: María Concepción López González. Fernando Fargueta Cerdá. Universitat Politècnica de València.
3. **Mañez Pitarch, María Jesús. Garfella Rubio, José Teodoro.** 2016. "La fachada retablo de la Iglesia de Nuestra Señora de la Asunción de Vistabella del Maestrazgo (Castellón)". *EGA*, vol. 21, no. 27, p. 154-165. ISSN: 1133-6137. e-ISSN: 2254-6103.
4. **Mañez Pitarch, María Jesús. Garfella Rubio, José Teodoro.** 2014. "El descubrimiento de las proporciones establecidas por Vitrubio y Alberti en las tierras del maestrazgo de montesa gracias a los levantamientos gráficos arquitectónicos". *EGE*, no. 8, p. 76-83. ISSN: 1888-8143.
5. **Gual Ortí, Jaume.** 2013. *Incorporación de símbolos tridimensionales en planos táctiles para la mejora de su usabilidad.* Barcelona: Tesis doctoral. Directores: Marina Puyuelo Cazorla. Joaquim Lloveras Macia. Universitat Politècnica de Catalunya.
6. **Scribner, S.** 1986. "Thinking in action: Some characteristics of practical thought". In Sternberg J. y Wagner R.K. *Practical intelligence: Nature and Origins of competence in the Everyday World.* Cambridge: Cambridge University Press. pp. 13-30.
7. **Gratacós Masanella, Rosa.** 2006. *Otras miradas. Arte y ciegos: Tan lejos, tan cerca.* Barcelona: Octaedro. ISBN: 8480638419, 9788480638418.
8. **Martínez Moya, Joaquín Ángel, Gual Ortí, Jaume, Mañez Pitarch, María Jesús.** 2017. "Physical Scale Models as Diffusion Tools of Disappeared Heritage". In Editor, Amoruso, Giuseppe. *Putting Tradition into Practice: Heritage, Place and Design.* Italia: Springer. pp.662-670. ISBN: 978-3-319-57937-5.
9. **Edman, Polly.** 1992. *Tactile graphics.* EE. UU: American Foundation for the Blind. ISBN-10: 0891281940, ISBN-13: 978-0891281948.
10. **Almagro Gorbea, Antonio.** 2004. *Levantamiento arquitectónico.* Granada: Editorial Universidad de Granada. ISBN: 9788433831903.
11. **Voženílek, V., Kozáková, M., Štávoová, Z., Ludíková, L., Růžičková, V., y Finková, D.** 2009. "3D printing technology in tactile maps compiling" En: ICA 2009, Proceedings of the *24th International Cartographic Conference*, Santiago de Chile, Chile, noviembre de 2009. International Cartographic Association. pp. 15-21.
12. **Brown, C., y Hurst, A.** 2012. "VizTouch: automatically generated tactile visualizations of coordinate spaces". En: S. N. Spencer (coord.), *TEI'12: Proceedings of the Sixth Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction.* Nueva York: ACM. pp. 131-138.
13. **Volpe, Y., Furferi, R., Governi, L., y Tennirelli, G.** 2014. "Computer-based methodologies for semi-automatic 3D model generation from paintings". *IJCAET*, 6(1).pp. 88-112.
14. **Sáez Riquelme, Beatriz, Pitarch Roig, Ángel M.** 2016. "Combinación de tecnologías en el levantamiento de planos. La iglesia parroquial de Portell". *EGE*, no. 9, p. 12-18. ISSN: 1888-8143.
15. **Mañez Pitarch, M.J. Garfella Rubio, J.T.** 2014. P.78-80

16. **Papi, Daniele Giovanni.** 2016. "Símbolos VS. Niveles: La representación de la arquitectura desde el dibujo al modelo informático". *EGE*, no. 9, p. 20-25. ISSN: 1888-8143.
17. **Gual Ortí, Jaume, Serrano Mira, Julio, Mañez Pitarch, María Jesús.** 2015. "Obtención de gráficos tangibles mediante técnicas de Prototipado Rápido: el volumen como elemento compositivo de diseño". *INTEGRACIÓN*, No. 65, p. 1-22. ISSN: