

A close-up photograph of a sculpture of a human face. The surface is heavily textured and cracked, resembling aged stone or dried mud. The eyes are closed, and the lips are slightly parted. The lighting is dramatic, highlighting the ridges and shadows of the cracks.

# Captura fotogràfica gigapíxel de obras de arte

Pedro M. Cabezos Bernal  
Pablo Rodríguez Navarro  
Teresa Gil Piqueras  
Juan Cisneros Vivó  
Cristian Gil Gil



**edUPV**

Universitat Politècnica de València

Citar como:

Cabezos Bernal, Pedro M.; Rodríguez Navarro, P.; Gil Piqueras, T.; Cisneros Vivó J. y Gil Gil C. (2022). *Captura fotográfica gigapíxel de obras de arte*. Valencia: edUPV

© Pedro M.Cabezos Bernal  
Pablo Rodríguez Navarro  
Teresa Gil Piqueras  
Juan J. Cisneros Vivó  
Cristian Gil Gil

Editorial

2022, edUPV

<https://www.lalibreria.upv.es/>

Ref:6120\_01\_01\_01

ISBN: 978-84-1396-021-0

DOI: <https://doi.org/10.4995/2022.612001>

Si el lector detecta algún error en el libro o bien quiere contactar con los autores, puede enviar un correo a [edicion@editorial.upv.es](mailto:edicion@editorial.upv.es)

Difusión



Captura fotográfica gigapíxel de obras de arte / edUPV

Se permite la reutilización de los contenidos mediante la copia, distribución, exhibición y representación de la obra, así como la generación de obras derivadas siempre que se reconozca la autoría y se cite con la información bibliográfica completa. No se permite el uso comercial y las obras derivadas deberán distribuirse con la misma licencia que regula la obra original.

Este proyecto se ha financiado con ayuda a Primeros Proyectos de Investigación (PAID-06-18), Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de la Universitat Politècnica de València (UPV), Valencia

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i ref. PID2020-119469RB-I00, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, Agencia Estatal de Investigación /10.13039/501100011033.



## AUTORES

### PEDRO M. CABEZOS BERNAL

Doctor arquitecto por la Universitat Politècnica de València (UPV). Imparte docencia en el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la UPV. Su línea de investigación se centra en las nuevas técnicas de representación, tales como el modelado 3D, la realidad virtual, la fotografía inmersiva, la fotogrametría automatizada, la fotografía de ultra alta resolución o resolución gigapíxel y la musealización virtual.

### PABLO RODRÍGUEZ NAVARRO

Doctor en Expresión Gráfica Arquitectónica, arquitecto técnico, historiador del arte e ingeniero de edificación. Profesor de Fotografía, Fotogrametría y Levantamiento Arquitectónico en el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universitat Politècnica de València. Su investigación se centra en el desarrollo de nuevas técnicas y conceptos metodológicos para el levantamiento digital arquitectónico y arqueológico.

### TERESA GIL PIQUERAS

Doctora en Patrimonio Arquitectónico, arquitecta técnica, ingeniera de materiales e ingeniera de edificación. Profesora de Topografía, Fotogrametría y Levantamiento Arquitectónico del Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica, Universitat Politècnica de València. Su investigación se centra en la documentación e implementación de modelos digitales 3D, con especial énfasis en el entorno GIS.

### JUAN J. CISNEROS VIVÓ

Doctor arquitecto por la Universitat Politècnica de València (UPV). Profesor en el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la UPV. Es experto en diseño, modelización 3D, fotografía y fotogrametría. Ha sido director de varias tesis doctorales.

### CRISTIAN GIL GIL

Máster en Producción Artística y graduado en Bellas Artes por la Universitat Politècnica de València, donde realiza su doctorado. Paralelamente, desarrolla su propia obra plástica, participa en exposiciones y congresos, tanto nacionales como internacionales y ha colaborado en diversos proyectos de investigación.

## **RESUMEN**

La captura gigapíxel es una técnica muy novedosa que está empezando a ser utilizada por importantes museos internacionales como medio de documentación, análisis y divulgación. Esta publicación expone los logros de un proyecto de investigación centrado en documentar y divulgar importantes obras de arte pictóricas del patrimonio valenciano mediante imágenes fotográficas de ultra alta resolución o resolución gigapíxel. En este trabajo se ha utilizado esta metodología para documentar las principales obras del Museo de Bellas Artes de València y otras pertenecientes a la Diputación de València, al Fondo de Arte de la Universitat Politècnica de València y algunas obras de juventud del pintor valenciano Leopoldo García Ramón.

# ÍNDICE

<b>1. Introducción .....</b>	<b>7</b>
<b>2. La fotografía gigapíxel.....</b>	<b>8</b>
<b>3. Metodología .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Sistema de iluminación.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Ajustes de cámara.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Proceso de captura .....</b>	<b>19</b>
3.3.1 Planificación de la captura .....	20
3.3.2 Captura de punto de vista único .....	23
3.3.3 Captura de punto de vista múltiple paralela .....	26
3.3.4 Captura de punto de vista múltiple oblicua .....	28
3.3.5 Medición de las obras .....	30
<b>3.4 Edición digital de las imágenes.....</b>	<b>33</b>
3.4.1 Proceso de revelado <i>raw</i> .....	33
<b>3.5 Composición de la imagen gigapíxel .....</b>	<b>35</b>
3.5.1 Proceso de cosido mediante <i>software</i> de <i>stitching</i> .....	35
3.5.2 Generación del ortomosaico mediante fotogrametría <i>SfM</i> ...	37
3.5.3 Divulgación de las imágenes gigapíxel.....	41
<b>4. Resultados .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Obras documentadas.....</b>	<b>43</b>
4.1.1 <i>Virgen de la leche</i> de Bartolomé Bermejo .....	44
4.1.2 <i>Virgen de las fiebres</i> de ‘Il Pinturicchio’ .....	46
4.1.3 <i>Tríptico de la pasión</i> del obrador de ‘El Bosco’ .....	48
4.1.4 <i>Flagelación</i> de Fernando Llanos.....	50

4.1.5 <i>Santa Cena</i> de Joan de Joanes.....	52
4.1.6 <i>Magdalena penitente</i> de Pedro Orrente.....	54
4.1.7 <i>Francisco de Moncada</i> de Anton van Dyck.....	56
4.1.8 <i>Santa Águeda</i> de Massimo Stanzione .....	58
4.1.9 <i>San Bartolomé</i> en el martirio de Luca Giordano.....	60
4.1.10 <i>Autorretrato</i> de Diego Velázquez .....	62
4.1.11 <i>Retrato de Joaquina Candado Ricarte</i> de Francisco de Goya .....	64
4.1.12 <i>Juegos icarios</i> de Ignacio Pinazo .....	66
4.1.13 <i>El niño de la bola</i> de Joaquín Sorolla .....	68
4.1.14 <i>Figuras de casacas jugando en un jardín</i> de Joaquín Sorolla .....	70
4.1.15 <i>Desnudo</i> de Juan Genovés .....	72
4.1.16 <i>Velas</i> de José Luis Fernández .....	73
4.1.17 <i>Bodegón</i> de Leopoldo García Ramón .....	74
4.1.18 <i>Desnudo</i> de Leopoldo García Ramón .....	75
4.1.19 <i>Escena de playa</i> de Leopoldo García Ramón .....	75
4.1.20 <i>Jarrón con flores</i> de Leopoldo García Ramón.....	76
4.1.21 <i>Rosas</i> de Leopoldo García Ramón.....	76
4.1.22 <i>Margarita Salas</i> de Lula Goce.....	77
<b>4.2 Página Web .....</b>	<b>78</b>
<b>4.3 Exposiciones .....</b>	<b>80</b>
<b>4.4 Desarrollo de una plataforma automatizada de captura .....</b>	<b>90</b>
4.4.1 <i>Software</i> de control .....	101
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>103</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>104</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

La captura fotográfica digital de obras de arte pictóricas con resolución gigapíxel es un tema muy novedoso e incipiente que está empezando a ser utilizado por algunos museos internacionales importantes como medio de documentación, análisis y divulgación de sus obras.

Esta vía de investigación resulta sumamente interesante, no sólo para los conservadores y estudiosos del arte, sino también para el público en general, ya que los resultados pueden ser difundidos a través de visitas virtuales musealizadas<sup>1</sup> que ofrecen una detallada visualización interactiva y permiten al espectador adentrarse en la obra, de tal forma, que incluso pueden apreciarse detalles imposibles de percibir a simple vista en una visita real, lo que constituye una herramienta fundamental para poner en valor este tipo de patrimonio artístico y hacerlo accesible a todo el mundo.

Dado que las cámaras fotográficas profesionales actuales proporcionan imágenes de alrededor de 40 megapíxeles, las imágenes de resolución gigapíxel requieren una técnica de captura especial.

En este libro se expone la metodología y los resultados de un proyecto de investigación en el que se han puesto en práctica una serie de técnicas fotográficas y de equipamiento, desarrollado por los autores, para poder alcanzar un altísimo grado de detalle y de fidelidad cromática en la documentación de las obras pictóricas.

Para la adquisición de las obras se ha contado con la valiosa colaboración del Museo de Bellas Artes de Valencia, la Diputación de Valencia y el Fondo de Arte de la *Universitat Politècnica de València*. Además, se han podido fotografiar una serie de obras inéditas del pintor valenciano Leopoldo García Ramón. El resultado ha sido la adquisición fotográfica gigapíxel de numerosas obras de arte que serán además divulgadas en resolución gigapíxel a través de la página web que aglutina todos los resultados de este proyecto de investigación ([www.gpix.upv.es](http://www.gpix.upv.es)).

Con este trabajo se pretende poner en valor el patrimonio pictórico valenciano y satisfacer no solo a los amantes del arte y al público general, sino también a los conservadores de arte que encontrarán en esta técnica una herramienta de análisis y documentación gráfica excepcional.

---

<sup>1</sup> véase por ejemplo Cabezos & Rossi (2017)

## 2. LA FOTOGRAFÍA GIGAPÍXEL

Las nuevas técnicas de divulgación del patrimonio a través de los medios digitales son una de las vías de investigación más interesantes y que más retorno tiene hacia la sociedad, ya que los resultados de investigación quedan a disposición del público en forma de visitas virtuales a través de Internet.

De hecho, muchos museos internacionales importantes como la *National Gallery*, o como el Museo Nacional Thyssen-Bornemisza están apostando por el uso de estas tecnologías<sup>2</sup>. Para ello cuentan con la colaboración de la multinacional Google (Proctor, 2011), que ha desarrollado su propio sistema de captura digital de alta resolución de obras pictóricas que se muestran a través del sitio web del Proyecto *Arts & Culture*<sup>3</sup>, en donde pueden visualizarse un gran número de obras de arte con un elevado grado de detalle, ya que se trata de reproducciones digitales de resolución gigapíxel, es decir, de más de 1000 megapíxeles, resolución 50 veces superior a la de una cámara digital convencional.

Este tipo de imágenes permiten documentar y analizar la obra con suma minuciosidad, lo que resulta de gran utilidad para los conservadores y los estudiosos del arte. Además de ello, las visualizaciones virtuales, que pueden generarse a partir de este tipo de imágenes, hacen accesible la obra a cualquier persona conectada a internet que puede adentrarse en la obra de tal forma que incluso podría apreciar detalles imposibles de percibir a simple vista en una visita real (Figura 1).

Aparte de Google, hay muy pocas empresas especializadas en la adquisición de imágenes gigapíxel de obras de arte, por la dificultad técnica y los medios necesarios. Algunos ejemplos son el Centro estatal de Investigación y Restauración de los Museos de Francia CR2M<sup>4</sup>, la empresa italiana Haltadefinizione<sup>5</sup> o la empresa española Madpixel<sup>6</sup>.

La captura fotográfica digital con resolución gigapíxel no es una tarea sencilla y se plantean serias dificultades a consecuencia de problemas físicos como el de la difracción de la luz en las ópticas, que supone una barrera que limita la nitidez obtenida con un dispositivo óptico (Goldstein, 2009). Por ello, la progresión en la resolución de los sensores digitales ha

---

<sup>2</sup> Véase la lista de museos participantes en: <https://artsandculture.google.com/partner>

<sup>3</sup> <https://artsandculture.google.com>

<sup>4</sup> <https://c2rmf.fr>

<sup>5</sup> <https://www.haltadefinizione.com>

<sup>6</sup> <https://www.madpixel.es>

llegado ya al límite establecido por la difracción de la luz, e ir más allá no permitirá aprovechar la resolución efectiva del sensor, a menos que el tamaño del conjunto óptica-sensor aumente considerablemente, lo que resulta poco viable para el desarrollo futuro de cámaras convencionales.



**Figura 1.** Detalle de *Los Embajadores* de Hans Holbein el joven de la *National Gallery*. Google Arts & Culture

De hecho, son escasos los intentos por desarrollar prototipos de cámaras capaces de obtener resolución gigapíxel al vuelo. Inicialmente apareció la cámara de gran formato desarrollada en el proyecto Gigapxl por Graham Flint en el año 2000 (Flint, 2000). En esta cámara, la imagen se exponía sobre un negativo de 450x225 mm, que posteriormente se digitalizaba para formar una imagen de 4 Gp. Otra propuesta más reciente es el prototipo AWARE 10, iniciado por D. Brady y su equipo en 2012, compuesto por 382 microcámaras con una resolución combinada de casi 3 Gp. Este prototipo se encuentra todavía en fase de desarrollo y por su elevada complejidad queda lejos de convertirse en una opción accesible (Brady, 2012).

Una solución viable para vencer el problema de la difracción y alcanzar resoluciones gigapíxel mediante cámaras convencionales es la captura panorámica multitoma, que consiste en obtener un conjunto de fotografías desde un mismo punto de vista y con un solape suficiente entre fotografías adyacentes para que, mediante un *software* de cosido de imagen o *stitching*, puedan unirse formando una imagen de mayor resolución (Kopf et al., 2007). Esta técnica se emplea principalmente en la captura de imágenes panorámicas inmersivas<sup>7</sup>, pero también puede ser empleada para generar un panorama parcial de resolución gigapíxel<sup>8</sup>. Para poder conseguir una

---

<sup>7</sup> Véase Cabezos & Cisneros (2016)

<sup>8</sup> Véanse Cabezos et al. (2016; 2017)

unión perfecta entre las fotografías es ineludible utilizar un cabezal panorámico (Figura 2) que mantenga fija la posición del centro óptico del objetivo de la cámara mientras esta gira para obtener las distintas tomas que compondrán la imagen final. Con el fin de maximizar la resolución se debe emplear un teleobjetivo para capturar detalles parciales de la escena.



**Figura 2.** Cabezales panorámicos manuales y automatizados

El sistema de captura desarrollado por Google, denominado *Art Camera*<sup>9</sup>, se basa en este mismo principio y consiste en una cámara integrada en un cabezal panorámico que barre progresivamente la pintura desde un punto fijo. Las imágenes parciales son procesadas posteriormente por la propia multinacional. Este tipo de cámara no está a la venta y sólo existe un número muy limitado de unidades a disposición exclusiva de la compañía.

El sistema de captura empleado por otras empresas como Haltadefinizione, se basa en la utilización de cámaras digitales réflex de alta gama y cabezales de posicionamiento panorámico automatizado de la marca Clauss<sup>10</sup> que tienen un precio muy elevado. La empresa española Madpixel tiene su propio sistema de captura, basado en cabezal panorámico, denominado MadpixelROB<sup>11</sup>. La adquisición mediante cabezal panorámico es un método muy efectivo para fotografiar obras pictóricas de tamaño reducido, pero cuando se trata de obras de un tamaño moderado, se plantean inconvenientes que limitan la resolución efectiva. Por ello, uno de los objetivos principales del proyecto ha sido desarrollar y poner en práctica nuevos sistemas y metodologías de captura que mejoren la calidad de la imagen gigapíxel resultante y la precisión cromática.

---

<sup>9</sup> Véase <https://www.theverge.com/2016/5/17/11686296/art-camera-google-cultural-institute>

<sup>10</sup> <https://dr-clauss.de/en>

<sup>11</sup> <https://www.madpixelrob.com>

### 3. METODOLOGÍA

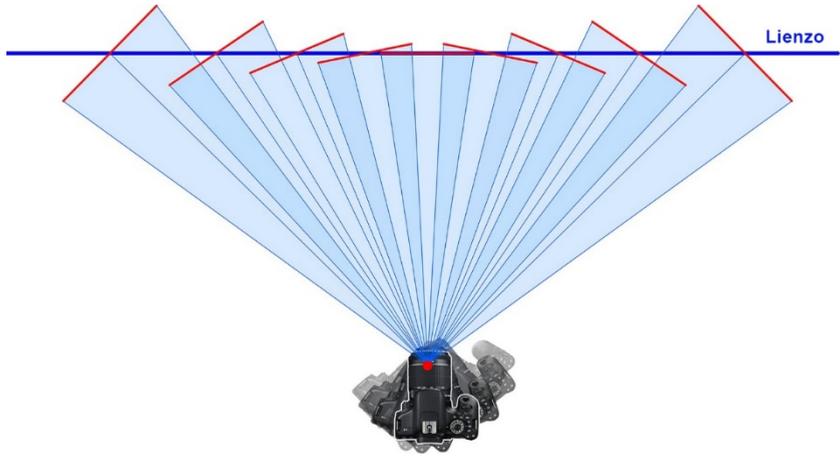
De nuestra experiencia previa hemos podido comprobar que la adquisición mediante cabezal panorámico es un método muy efectivo para fotografiar con resolución gigapíxel obras pictóricas de tamaño reducido, pero cuando se trata de obras de un tamaño moderado, se plantean algunos inconvenientes que limitan la resolución efectiva. Las técnicas y metodologías desarrolladas en este estudio permitirán superar estas limitaciones.

El material fotográfico empleado en este trabajo de investigación está formado por una cámara digital Canon EOS 90D de 32,5 Mp equipada con un teleobjetivo Canon EF 200mm f2.8 L II USM, un trípode Manfrotto 28B y un cabezal panorámico Manfrotto 303 SPH.

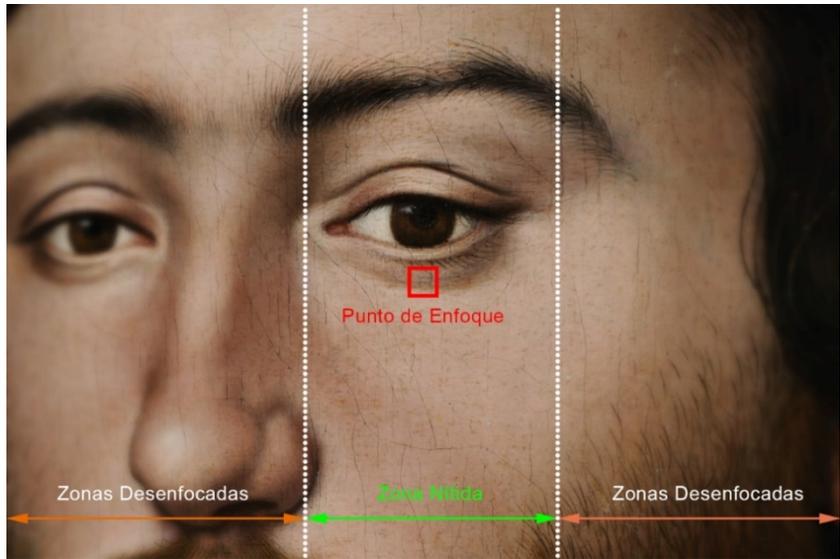
Dado que para maximizar la resolución se deben emplear teleobjetivos de distancia focal muy larga y la cámara debe acercarse al motivo, la profundidad de campo en estas circunstancias resulta muy baja y ello se ve agravado además por la necesidad de usar diafragmas intermedios para no perder nitidez global por efecto de la difracción de la luz (Conrad,2004).

Este problema provoca una pérdida de nitidez en determinadas zonas de las tomas perimetrales de las pinturas cuando se utiliza la metodología tradicional de captura con cabezal panorámico. Esto se debe a la desviación angular entre el sensor de la cámara y la pintura. Cuando el sensor digital permanece paralelo a la pintura, todos los puntos están perfectamente enfocados, ya que la distancia entre ellos y el sensor sigue siendo la misma. Sin embargo, a medida que se gira la cámara hacia los márgenes de la imagen, el ángulo entre el sensor y la pintura aumenta drásticamente (Figura 3). Esto provoca que solo aquellos puntos que se encuentren a la misma distancia que el punto enfocado, quedarán perfectamente nítidos, mientras que los que queden a diferentes distancias, se irán difuminando gradualmente debido a la exigua profundidad de campo (Figura 4).

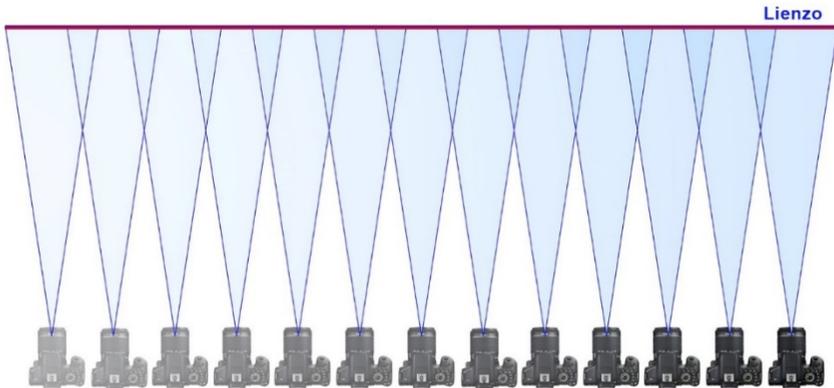
Para solucionar este problema se ha puesto en práctica una nueva técnica de captura que consiste en realizar las tomas moviendo la cámara paralela al cuadro (Figura 5). Al hacerlo, la nitidez de las imágenes será siempre óptima y nunca estará limitada por la profundidad de campo. Sin embargo, aunque este método soluciona el problema de la nitidez, también genera algunas dificultades que deben superarse. Por un lado, como el punto de vista varía continuamente, la luz reflejada por la obra cambia entre las tomas, provocando ligeras diferencias de exposición y problemas con los reflejos especulares. Esos problemas se pueden resolver utilizando una fuente de luz controlada estratégicamente ubicada, que se mueve junto con la cámara.



**Figura 3.** Oblicuidad entre el sensor y el lienzo cuando se usa un cabezal panorámico



**Figura 4.** Pérdida de nitidez en una toma oblicua debido a la escasa profundidad de campo de los teleobjetivos



**Figura 5.** Traslación paralela de la cámara para tomar fotografías frontales del lienzo

Otro problema surge a la hora de componer el mosaico de fotos obtenido de esa manera, por lo que la mayoría de los programas de *stitching* actuales no podrían unir el mosaico cuando el punto de vista no es único. Afortunadamente, este problema se puede solucionar con la ayuda de algunos algoritmos, inicialmente desarrollados por el profesor alemán Helmut Dersch<sup>12</sup>, que fueron implementados en Hugin<sup>13</sup>, un *software* de *stitching* de código abierto con licencia GPL que permite unir imágenes tomadas desde diferentes puntos de vista. También, el *software* comercial PTGUI<sup>14</sup> es capaz de hacer un excelente trabajo al unir este tipo de foto mosaicos.

Otra forma de construir la imagen gigapíxel es mediante el *software* de fotogrametría SfM (*Structure from Motion*), ya que el algoritmo de construcción está concebido para generar una malla texturizada a partir de fotografías tomadas desde diferentes puntos de vista. El problema es que se necesitaría un mayor número de tomas, ya que es aconsejable una superposición mínima del 50% entre las imágenes adyacentes, mientras que una superposición del 30% sería suficiente cuando se utiliza *software* de *stitching*.

Sin embargo, una ventaja de usar el *software* de fotogrametría SfM sería la reconstrucción 3D de la pintura e incluso del marco, que no es una superficie plana, mientras que el *software* de costura proporcionaría una ortofoto 2D rectificadas precisa del lienzo, pero no del marco.

---

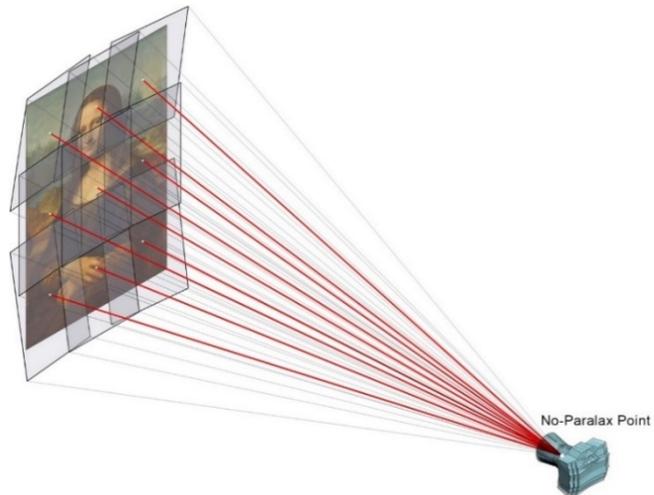
<sup>12</sup> <https://www.panotools.org/dersch>

<sup>13</sup> <http://hugin.sourceforge.net>

<sup>14</sup> <https://www.ptgui.com>

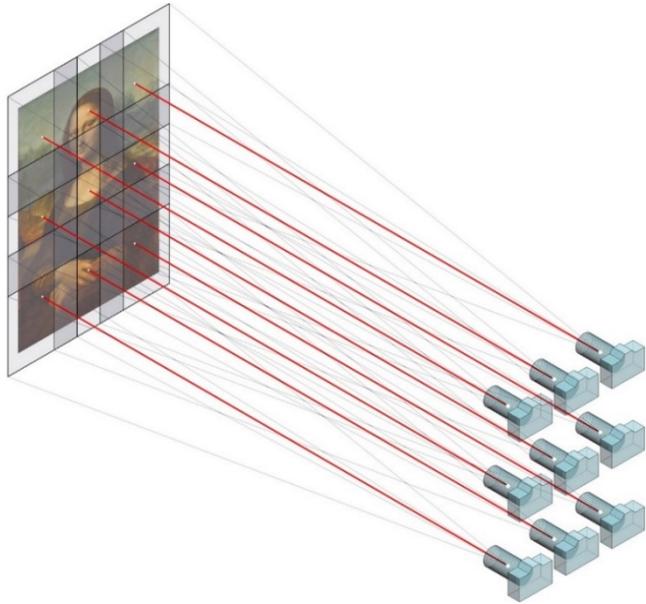
Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se han puesto en práctica las siguientes técnicas de captura de gigapíxel, que serán adecuadas para pinturas o superficies planas:

- La técnica de captura de punto de vista único, que consiste en utilizar la técnica clásica de toma con cabezal panorámico para rotar la cámara alrededor de su centro de perspectiva, que quedaría fijo y centrado frente al lienzo, obteniendo así un conjunto de imágenes superpuestas (Figura 6). Esta técnica requiere limitar la oblicuidad de las tomas en relación con el lienzo para preservar la máxima nitidez de la imagen.
- La técnica de captura de punto de vista múltiple paralela, que consiste en tomar un mosaico de imágenes superpuestas mientras la cámara se mueve paralelamente al lienzo describiendo varias filas o columnas. El sensor digital de la cámara debe estar paralelo a la obra de arte o, en otras palabras, el eje óptico de la lente debe ser ortogonal al lienzo (Figura 7).
- La técnica de captura de punto de vista múltiple oblicua es una variación de la anterior, en la que la cámara se puede inclinar, si es necesario. Esta opción puede parecer extraña, pero puede resultar útil en el caso de capturar cuadros de gran tamaño con un trípode que no sea lo suficientemente alto o corto para permitir el movimiento paralelo de la cámara frente a todo el cuadro. En ese caso, la cámara podría inclinarse al tomar

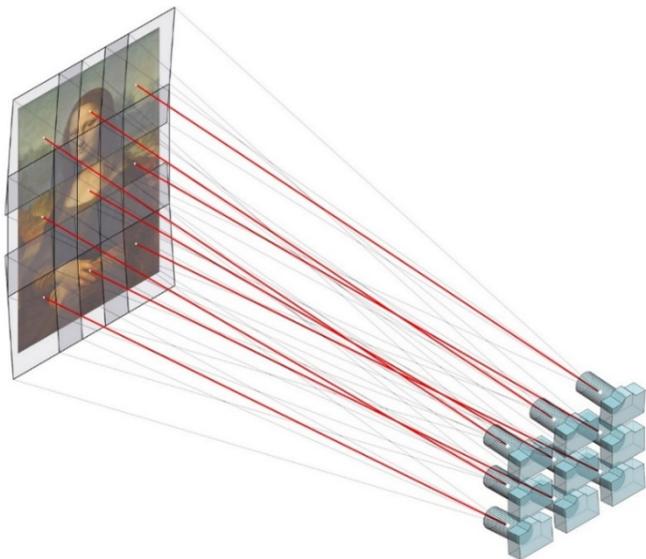


**Figura 6.** Captura de punto de vista único.

La cámara gira entorno al centro de perspectiva o punto de no paralaje



**Figura 7.** Técnica de captura de punto de vista múltiple paralela.  
La cámara se desplaza paralelamente al lienzo



**Figura 8.** Captura de punto de vista múltiple oblicua.  
La cámara se mueve principalmente paralelamente al lienzo y se puede inclinar, si es necesario. Normalmente, la cámara se inclinaría solo en las filas superiores o inferiores

La resolución de la imagen gigapíxel final, lograda con esos métodos, depende de varios factores como la resolución del sensor de la cámara, la distancia focal de la lente y la distancia entre el lienzo y la cámara.

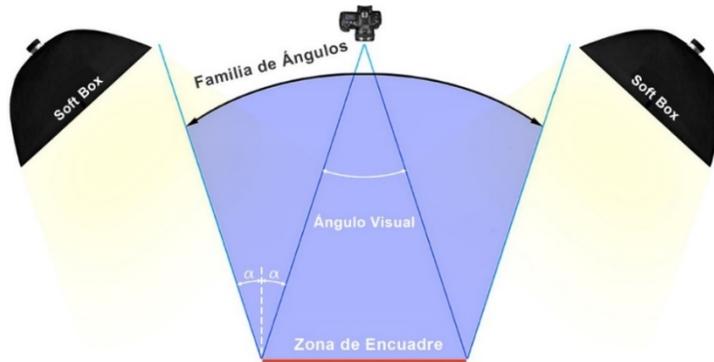
### 3.1 Sistema de iluminación

Existen varias maneras para iluminar adecuadamente la obra de arte. La forma más sencilla sería utilizar la propia iluminación del museo, cuando el proceso de captura se realiza *in situ*. No obstante, para obtener un resultado uniforme y preciso en cuanto al color, sería aconsejable utilizar fuentes de luz controladas y dedicadas. En esta investigación, en un primer momento se pensó en utilizar luz discontinua por ser la que permite disparar a una velocidad de obturación más alta. Sin embargo, a pesar de que hay estudios que demuestran que utilizar este tipo de luces es seguro cuando se quiere documentar una obra pictórica, el uso del flash está totalmente estigmatizado en el mundo de arte, ya que su uso indiscriminado acabaría dañando la obra. Por este motivo los responsables de las obras prefieren que no se utilice este tipo de fuentes luminosas, ni siquiera en el caso aislado de la documentación, a pesar de que una luz continua de mayor duración puede afectar a la obra en la misma medida.

Este inconveniente nos hizo cambiar totalmente la planificación de la captura, ya que hubo que emplear otro sistema de iluminación y evitó que pudiéramos utilizar el prototipo de posicionamiento que se había desarrollado en este proyecto de investigación, ya que se necesita disparar con una velocidad mayor de 1/500 para evitar obtener fotografías movidas por el ligero balanceo que se produce por la flexibilidad del mecanismo de la tijera.

Esto provocó el desarrollo y la construcción de un nuevo soporte específico para el nuevo sistema de iluminación y de unos patines para poder deslizar el trípode y el sistema de iluminación. Para poder acometer la captura con esta nueva estrategia, se utilizaron dos cajas de luz Mettler de 28 pulgadas, que proporcionan una temperatura de color de 5500K y un CRI (*Colour Rendition Index*) superior a 90.

Las cajas de luz deben colocarse estratégicamente para evitar reflejos especulares en el lienzo y garantizar la uniformidad de la iluminación, por lo que es recomendable el esquema de iluminación propuesto en la Figura 9. Las luces deben colocarse fuera de la zona de la familia de ángulos, ya que de lo contrario pueden producirse reflejos especulares.



**Figura 9.** Esquema de iluminación para iluminar la obra de arte de manera uniforme. Para evitar reflejos especulares en el lienzo, las fuentes de luz deben colocarse fuera del volumen definido por la familia de ángulos

Cuando se utiliza la técnica de captura de punto de vista múltiple, es obligatorio mover el sistema de iluminación junto con la cámara, por lo que el nuevo soporte especial diseñado para sujetar las cajas de luz al trípode resultó crucial (Figura 10). Además, también se construyó un sistema de deslizamiento para los pies del trípode, que consistía en una barra de aluminio de dos ruedas, para facilitar el movimiento del conjunto.



**Figura 10.** Soporte específico para fijar el sistema de iluminación al trípode.

### 3.2 Ajustes de cámara

Es aconsejable utilizar un valor de apertura de diafragma intermedio para evitar el fenómeno de difracción mientras se mantiene un buen nivel de profundidad de campo. Sería aconsejable configurar la cámara en f8, ya que suele ser el número de oro para maximizar la nitidez de la imagen. La velocidad de la cámara dependerá de las condiciones de iluminación. Las velocidades lentas no serán un problema ya que se utiliza un trípode.

El valor ISO de la cámara debe estar en el ajuste más bajo para evitar imágenes con ruido. Se recomienda un valor ISO 100. El formato de archivo de imagen RAW debe usarse en lugar del JPG, para maximizar el rango dinámico y ajustar correctamente el balance de blancos y aplicar un perfil de color preciso durante el proceso de revelado digital.

Cuando se utilizan teleobjetivos, es aconsejable disparar de forma remota la cámara incluso cuando se utiliza un trípode. Por este motivo, se recomienda utilizar un disparador remoto o, mejor aún, un dispositivo móvil o portátil con una aplicación compatible para disparar con la cámara. En esta investigación, se utilizó un ordenador portátil con el *software* EOS Utility de Canon, para controlar la cámara remotamente a través de Wi-Fi.

Para capturar los colores de la obra de arte con precisión se ha utilizado una carta X-Rite Colorchecker, que se ilumina con las luces de la escena (Figura 11). El perfil de color se puede generar con el *software* ColorChecker Camera Calibration de X-Rite y se puede utilizar con programas de revelado RAW como RawTherapee<sup>15</sup>, de código abierto, así como con otro *software* comercial como Adobe Camera Raw o Lightroom.

La carta X-Rite se puede utilizar también como referencia para ajustar el balance de blancos adecuado a todas las tomas a la vez, cuando se utiliza el parche gris medio para neutralizar cualquier predominancia de color.



**Figura 11.** Imagen de referencia con la tabla X-Rite ColorChecker para el ajuste del balance de blancos y para crear un perfil de color específico de la escena

---

<sup>15</sup> <https://www.rawtherapee.com>

### 3.3 Proceso de captura

En este punto se detalla la puesta en práctica de las distintas metodologías que se han desarrollado sobre el ejemplo de algunas obras tomadas en el Museo de Bellas Artes de Valencia.



Figura 12. Montaje del sistema de captura



Figura 13. Ajuste del sistema de iluminación para evitar reflejos en el lienzo



**Figura 14.** Monitorización y control remoto de la cámara

### 3.3.1 Planificación de la captura

Al documentar obras de arte con resolución de gigapíxel, la resolución relativa o densidad de píxeles es un aspecto importante a tener en cuenta al planificar la sesión fotográfica. En este trabajo se estableció un rango de densidad de píxeles entre 600 ppp y aproximadamente 1000 ppp, para garantizar un excelente nivel de detalle de las pinturas. El valor máximo de densidad de píxeles que se puede alcanzar lo impone el equipo fotográfico, ya que éste depende de la distancia focal del objetivo, de la distancia entre el lienzo y la cámara, de la resolución y del tamaño del sensor de la cámara. Para maximizar la densidad de píxeles, es recomendable utilizar objetivos de focal larga y colocar la cámara lo más cerca posible de la pintura (la distancia mínima de enfoque del objetivo puede ser el factor más limitante).

La densidad de píxeles de la imagen gigapíxel final se puede calcular fácilmente mediante la ecuación (1), deducida geoméricamente:

$$DP = \frac{S_r \cdot DF \cdot U_f}{D \cdot S_w} \quad (1)$$

Donde

- $DP =$  Densidad de píxeles (ppc or ppp)
- $S_r =$  Resolución horizontal del sensor (px)
- $DF =$  Distancia Focal del objetivo (mm)
- $U_f =$  Factor de conversión de unidades. [usar 10 para obtener la densidad en píxeles por centímetro (ppc), y 25,4 para píxeles por pulgada (ppp)]
- $D =$  Distancia de la cámara al lienzo (mm)
- $S_w =$  Anchura del Sensor (mm)

Obtener una alta densidad de píxeles no es necesariamente sinónimo de calidad de imagen, ya que una imagen con una gran densidad de píxeles puede quedar totalmente borrosa. Por este motivo, es fundamental elegir un objetivo que ofrezca una excelente calidad óptica y utilizarlo correctamente. Se debe prestar especial atención a la hora de enfocar el lienzo con la mayor precisión posible, se debe mantener la cámara estable al disparar y minimizar la pérdida de nitidez causada por la difracción del objetivo.

Para ello es necesario utilizar un trípode para mantener la cámara totalmente estabilizada. Además, es recomendable enfocar y disparar la cámara de forma remota para evitar pequeños movimientos que producirían imágenes ligeramente borrosas. Los aspectos anteriores son críticos, sobre todo cuando se utilizan objetivos de distancia focal larga, en los que cualquier pequeño movimiento quedaría extremadamente amplificado en el sensor de la cámara.

Además, establecer la configuración ISO al mínimo es obligatorio para mejorar la calidad de la imagen, así como establecer los valores de exposición adecuados para capturar todo el rango dinámico de la escena. En este sentido, es recomendable configurar la apertura en valores medios, como f8. Las aperturas intermedias maximizan la nitidez de la imagen y evitan problemas de difracción. Una vez que se establece la apertura, la velocidad del obturador se puede determinar de acuerdo con la apertura del diafragma para obtener la exposición adecuada. Visualizar el histograma en vivo en este punto puede ser muy útil para evitar áreas quemadas o totalmente oscuras.

En el caso de optar por una metodología de captura de punto de vista múltiple, como la que veremos más adelante, el mosaico de imágenes se puede planificar antes de iniciar la captura para conocer los desplazamientos de cámara tanto horizontal como vertical, así como la cantidad total de tomas que serán necesarias para cubrir toda la pintura. Una superposición mínima de aproximadamente el 30% entre las tomas adyacentes es aconsejable para garantizar un buen cosido del mosaico. También se recomienda disparar la cámara con encuadre vertical para reducir los movimientos verticales de la cámara, que son más complicados de realizar que los horizontales.

El desplazamiento vertical de la cámara puede determinarse con la ecuación (2):

$$C_v = \frac{D \cdot S_w \cdot (100 - P)}{100 \cdot DF} \quad (2)$$

Donde	$C_v$	=	Desplazamiento Vertical de la cámara (mm)
	$D$	=	Distancia entre la cámara y el lienzo (mm)
	$S_w$	=	Anchura del Sensor (mm)
	$P$	=	Solape entre imágenes (%) (un mínimo del 30% es recomendable)
	$DF$	=	Distancia Focal del objetivo (mm)

El desplazamiento horizontal de la cámara se puede calcular fácilmente como una fracción del desplazamiento vertical cuando se conoce la relación de aspecto del sensor:

$$C_h = \frac{C_v}{S_a} \quad (3)$$

Donde	$C_h$	=	Desplazamiento horizontal de la cámara (mm)
	$C_v$	=	Desplazamiento vertical de la cámara (mm)
	$S_a$	=	Relación de aspecto del sensor (normalmente 3:2 para cámaras profesionales)

La cantidad total de tomas que componen el mosaico fotográfico (filas y columnas) se puede calcular de la siguiente manera:

$$F = \frac{H}{C_v} \quad (4)$$

$$C = \frac{A}{C_h} \quad (5)$$

Donde	$F$	=	Número de filas del mosaico fotográfico
	$C$	=	Numero de columnas del mosaico fotográfico
	$H$	=	Altura de la pintura (mm)
	$A$	=	Anchura de la pintura (mm)
	$C_h$	=	Desplazamiento horizontal de la cámara (mm)
	$C_v$	=	Desplazamiento vertical de la cámara (mm)

Se puede obtener una predicción de la resolución de la imagen gigapíxel final a partir de la siguiente ecuación:

$$RS = \frac{H \cdot A \cdot DP^2}{1 \cdot 10^9} \quad (6)$$

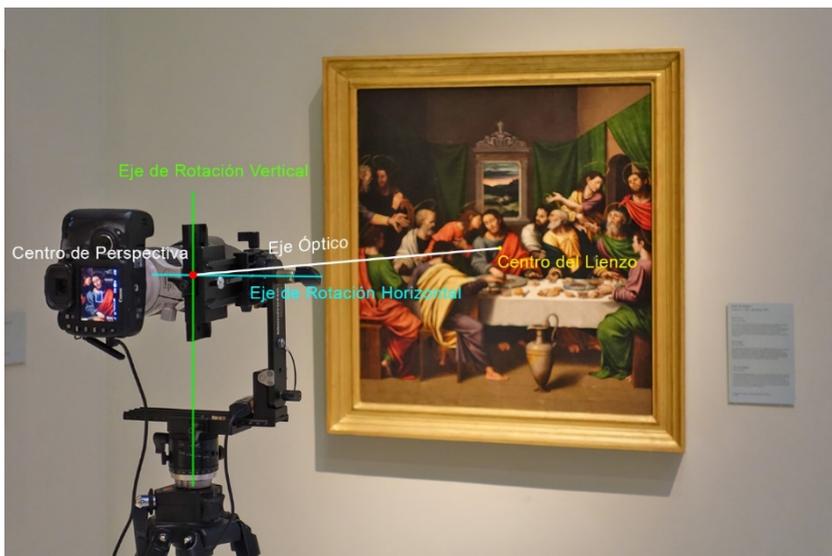
Donde  $RS$  = Resolución final de la imagen gigapíxel (Gp)  
 $H$  = Altura de la pintura (cm)  
 $A$  = Anchura de la pintura (cm)  
 $DP$  = Densidad de píxeles de la imagen (ppp)

### 3.3.2 Captura de punto de vista único

El primer ejemplo se centra en una captura preliminar de la obra de arte titulada *La Santa Cena*, pintada por Joan de Joanes en 1534. Esta obra mide 92,3 cm de alto x 85,8 cm de ancho. Debido a su tamaño reducido, se tomó con la técnica de un solo punto de vista. La cámara se colocó en una posición central con respecto al lienzo, y a una distancia de 2 m para que las partes del perímetro no fueran demasiado oblicuas con respecto al sensor de la cámara para preservar la nitidez de la imagen (Figura 15). Todas las zonas tenían que estar dentro de los límites de la exigua profundidad de campo proporcionada por el teleobjetivo. El diafragma se fijó en f8, el valor ISO en 100 y la velocidad de obturación se fijó en 2 segundos de acuerdo con las condiciones de iluminación.

Se tomaron un total de 90 fotografías girando la cámara, alrededor de su centro de perspectiva, en pasos de 2,5 grados (rotación horizontal) y 4 grados (rotación vertical). Ello produjo un mosaico de 10 columnas y 9 filas, con una superposición entre imágenes adyacentes superior al 30% (Figura 16a). Se tomó una imagen de referencia con la carta X-Rite Color Checker Chart para generar un perfil de color específico para las condiciones de iluminación de la escena y para ajustar con precisión el balance de blancos en el proceso de revelado RAW. En este caso, solo se utilizaron las luces del museo como fuente de iluminación.

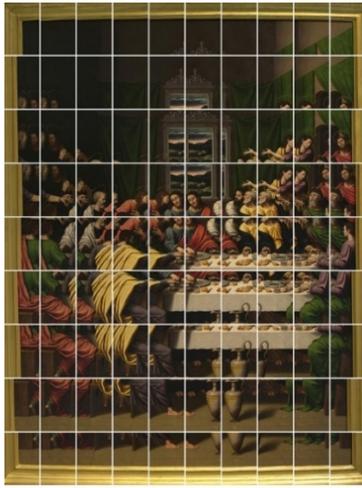
El proceso de desarrollo se llevó a cabo utilizando el *software* de código abierto RawTherapee. Se generaron 90 archivos en formato TIF con 32 bits por canal, los cuales quedaron perfectamente balanceados con el perfil de color creado por el *software* ColorChecker Camera Calibration, que es proporcionado por el fabricante de la carta de color.



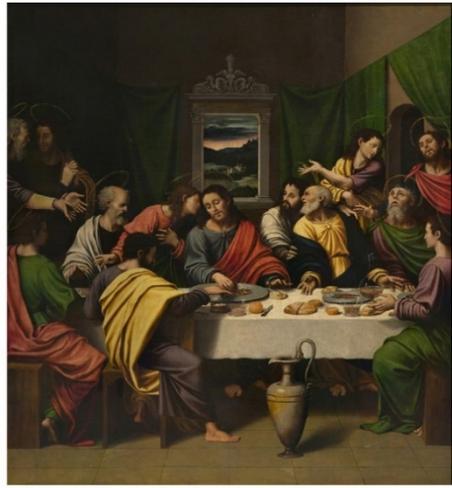
**Figura 15.** Técnica de captura de punto de vista único. Posición del punto de vista en la toma de la Santa Cena por Joan de Joanes (1534). Museo de Bellas Artes de Valencia.

Después del proceso de revelado RAW, el mosaico se unió utilizando un *software* de *stitching* con licencia GPL, que generó la imagen final (Figura 16b), que tiene una resolución de 26511 x 28520 px, es decir, 756 megapíxeles (0,76 gigapíxeles). Es interesante expresar la resolución en relación con una unidad de medida, ya que este valor es independiente del tamaño de la obra de arte. Eso permitirá la comparación objetiva del nivel de detalle adquirido en cada caso. La resolución relativa, expresada en píxeles por pulgada, resulta en este caso de 787 ppp.

La Figura 17 muestra un fragmento de la imagen resultante en el que se puede apreciar el nivel de detalle. La resolución relativa no es enorme debido a la gran distancia entre la cámara y el lienzo, que se incrementó para evitar la pérdida de nitidez en las tomas descentradas debido a la oblicuidad entre el lienzo y el sensor de la cámara. No obstante, se podría haber logrado una mayor resolución, si se hubiera utilizado el método de captura de punto de vista múltiple paralelo, ya que la cámara se hubiera colocado casi a la distancia mínima de enfoque del objetivo (1,5 m en lugar de 2 m).

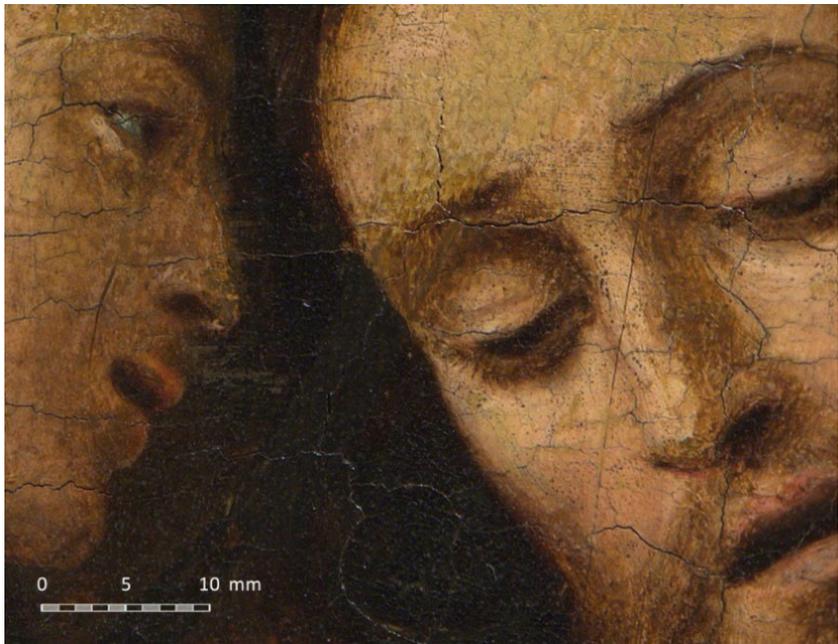


(a)



(b)

**Figura 16.** (a) Mosaico tomado durante la captura gigapíxel. (b) Imagen gigapíxel final



**Figura 17.** Detalle de la imagen gigapíxel final

### 3.3.3 Captura de punto de vista múltiple paralela

El método de captura de punto de vista múltiple paralelo producirá una mejor calidad de imagen que el anterior, ya que el sensor de la cámara siempre está paralelo al lienzo. En consecuencia, todas las zonas de las imágenes quedarían perfectamente enfocadas.

Esta técnica se puso en práctica, en el siguiente ejemplo, para plasmar el cuadro *Virgen de la Leche*, pintado por Bartolomé Bermejo hacia 1478. El tamaño del lienzo es bastante reducido, mide 49,1 cm de alto x 34,5 cm de ancho. En este caso, se utilizó el sistema de iluminación descrito anteriormente, que constaba de dos cajas de luz acopladas al trípode (Figura 13). Las luces del museo se apagaron para no mezclar diferentes fuentes de luz.

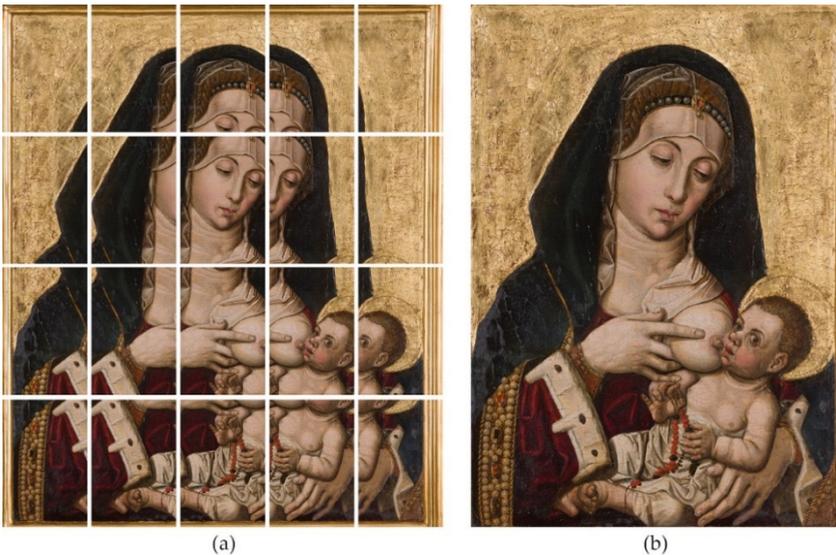
El conjunto fotográfico debe estabilizarse después de cambiar la posición de la cámara, por lo que la flexibilidad del soporte de luz, que se adjunta al trípode, puede provocar tomas ligeramente borrosas debido a las pequeñas vibraciones transmitidas a la cámara. Esto se controla monitoreando la cámara con la computadora portátil. La imagen de visualización en vivo, que se recibe a través de Wi-Fi desde la cámara, se amplía 10x para detectar cualquier vibración leve y enfocar el lienzo con mucha precisión. Una vez que la imagen está completamente estable y enfocada, la cámara se dispara de forma remota (Figura 18).

Se tomaron 20 fotografías para cubrir todo el lienzo, obteniendo un mosaico de 5 columnas y 4 filas con un solapamiento superior al 30% (Figura 19a). La cámara se colocó a 1,5 m del lienzo y se movió horizontalmente para cubrir la fila superior. Luego, la cámara se movió hacia abajo verticalmente para iniciar la segunda fila y así sucesivamente. Se colocó una cinta métrica en el suelo, paralela al lienzo, para que sirviera de referencia para el movimiento de traslación. El diafragma se fijó en f8, el valor ISO en 100 y la velocidad de obturación se fijó en 1/20 de segundo según las condiciones de iluminación.

La imagen resultante (Figura 19b) tiene una resolución final de 14183 x 20199 px, que proporciona una resolución relativa de 1044 ppp. Esto es mucho mejor que en el caso anterior, ya que la cámara podría colocarse más cerca del lienzo, por lo que, como se dijo anteriormente, no hay problema con la profundidad de campo al utilizar este método. La Figura 20 muestra un fragmento recortado de la imagen gigapíxel centrada en el ojo de la Virgen.



**Figura 18.** Control remoto de la cámara con el ordenador portátil a través de Wi-Fi



**Figura 19.** (a) Mosaico tomado durante la captura gigapíxel. (b) Imagen gigapíxel final



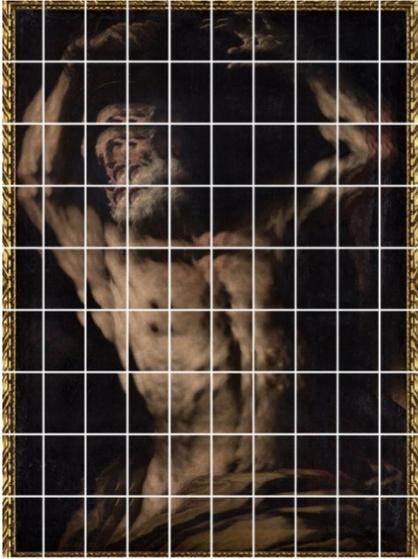
**Figura 20.** Fragmento de la imagen gigapíxel resultante

### 3.3.4 Captura de punto de vista múltiple oblicua

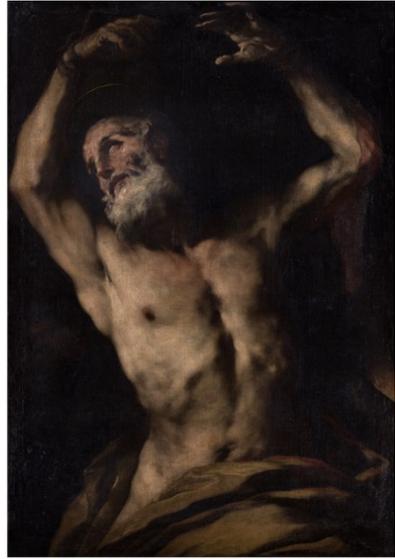
El último ejemplo muestra la captura gigapíxel de la obra de arte titulada *Martirio de San Bartolomé*, pintada por Luca Giordano alrededor de 1650. El tamaño del lienzo es de 136 cm de alto x 95 cm de ancho, que es un poco grande para usar el método de punto de vista único correctamente, por lo que la nitidez de la imagen sería pobre en algunas zonas de las tomas perimetrales. Además, los bordes superior e inferior de la pintura excedían por poco la altura máxima y mínima del trípode, por lo que, en este caso, se eligió el método de captura de punto de vista múltiple oblicua.

Se tomaron 90 fotografías formando un mosaico de 10 columnas y 9 filas (Figura 21a). La mayoría de las imágenes son paralelas al lienzo. Solo las tomas correspondientes a las filas superior e inferior se inclinaron ligeramente verticalmente para cubrir todo el cuadro, lo que resulta insignificante para la calidad de la imagen. La distancia de la cámara al lienzo fue fijada a 1.9 m. La cámara se ajustó con un diafragma f8, ISO 100 y la velocidad de 1/5 de segundo, de acuerdo con las condiciones de iluminación.

Al igual que en los casos anteriores, el revelado RAW se llevó a cabo con RawTherapee para aplicar el balance de blancos adecuado y el perfil de color específico a todas las imágenes a la vez. La unión del mosaico se llevó a cabo con el *software* de *stitching*, que proporcionó la imagen gigapíxel final (Figura 21b) con una resolución total de 30884 x 44228 px (1,36 gigapíxeles). La resolución relativa fue en este caso de 826 ppp, algo más baja que en el caso anterior debido a la mayor distancia entre la cámara y el lienzo. La Figura 22 muestra un fragmento de la imagen gigapíxel centrado en la boca del Santo.

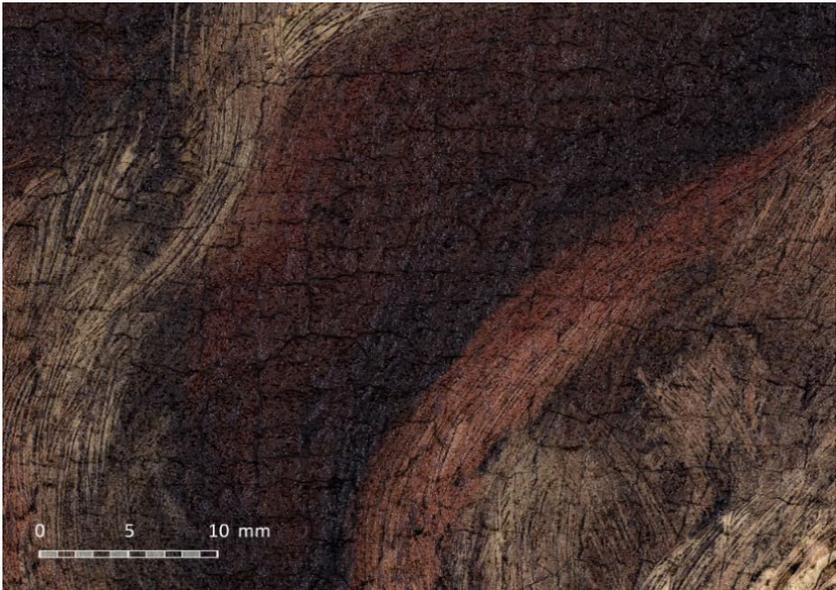


(a)



(b)

**Figura 21.** (a) Mosaico tomado durante la captura gigapíxel. (b) Imagen gigapíxel final



**Figura 22.** Fragmento de la imagen gigapíxel resultante

### 3.3.5 Medición de las obras

Conocer la dimensión real de las pinturas es importante para proporcionar una escala precisa de la imagen del gigapixel. Normalmente, las dimensiones de las obras se especifican en las cartelas de los cuadros que se muestran a su lado en la pared, pero estas suelen ser medidas aproximadas. Por ello, para obtener las dimensiones reales de los lienzos, sin tocar las pinturas, se ha utilizado una estación total robótica modelo IS, de la serie GPT-9000 de Topcon (Figura 23). Esta estación total tiene una capacidad de medición sin prisma de entre 1,5 m y 250 m en rango corto, dando en este caso una precisión en la medición de distancias de  $\pm 5$  mm m.s.e., y una precisión angular de 0,3 mgon/sg. A través de su pantalla táctil podemos acceder, tanto a los diferentes modos de captura de datos, como a su gestión. La toma de datos de las coordenadas se ha hecho mediante el *software* TopSurv, propio de la estación.

La medición de los cuadros se apoyó en cuatro puntos de control coincidentes con las cuatro esquinas del cuadro, situados todos ellos dentro del plano del lienzo. El procedimiento de medición partió de la puesta en estación del equipo, en un lugar situado lo más centrado posible frente al cuadro. Con el objeto de establecer una metodología común a todas las obras y reducir al máximo los posibles errores, tanto angulares como de distancia que pudieran derivarse del proceso de medición, se optó por estacionar el equipo a lo largo de un eje perpendicular al cuadro, situado a partir de la estimación de su centro geométrico. La distancia de las bases de estacionamiento a los cuadros osciló entre los 2,50 m y los 4 m, en función del espacio disponible y de las dimensiones del cuadro, garantizando el cabeceo del anteojo y su visión a cada uno de los cuatro puntos de control del cuadro.



**Figura 23.** Sistema de medición topográfico de las obras mediante la estación total



**Figura 24.** Identificación y medición con estación total GPT-9000 IS de puntos de control

Antes de iniciar la medición del lienzo, se establecieron los parámetros base de la medición. Sabemos que una estación total mide ángulos (horizontal y vertical) y distancias, datos que una vez procesados por el *software* del equipo dan como resultado coordenadas cartesianas, permitiéndonos ubicar los puntos medidos en un espacio tridimensional. Por tanto, antes de comenzar cualquier trabajo de medición conviene establecer el origen de medición de los ángulos horizontales (ya que el origen de medición de los ángulos verticales viene asignado por el fabricante del equipo) y las coordenadas de la base desde la que se realiza la medición. Conocer la situación del origen de medición del ángulo horizontal nos permite saber ubicar la orientación de los puntos, y dotar de coordenadas a la base nos permite situar a los puntos con respecto a un sistema absoluto, de manera que las coordenadas de todos ellos darán valores positivos.

Para la determinación del origen de medición angular, se ha ubicado el norte de trabajo paralelo al plano del cuadro, de manera que, al dirigir el anteojo al centro de este, el ángulo horizontal presentaba un valor de 100g. De esta manera sabemos que las coordenadas de los puntos se situarán, dos en el primer cuadrante y otras dos en el segundo. Respecto a la determinación de las coordenadas de la base de estacionamiento, al tratarse

de estacionamientos independientes, decidimos asignar a cada una de las bases las mismas coordenadas absolutas:  $X=100$  m,  $Y=200$  m y  $Z=10$  m, siendo el plano horizontal de referencia el formado por los ejes X e Y, quedando el eje Z sobre el que se indica la altura de los puntos sobre dicho plano.

Una vez estacionado el equipo frente al cuadro y fijados los datos básicos para la medición, se procedió a identificar los puntos de control situados en los extremos del lienzo, apuntando la cruz filar del anteojo a sus esquinas. En este caso se tuvo especial cuidado en la identificación de los puntos, evitando que la medida recayera sobre el marco en lugar del lienzo, lo que nos daría posteriormente un error en la medición. La documentación de los puntos se realizó a través de fotografías tomadas con un teléfono móvil situado en la lente del propio anteojo. Una vez descargado el archivo en formato TSJ, podemos visualizarlo a través del *software* Topconlink v. 7. 3 y convertirlo en múltiples extensiones de tipo alfanumérico (CSV, TXT, DBF, ...) y/o gráfico (DWG, DXF, SHP, ...). En nuestro caso, puesto que íbamos a medir las dimensiones del cuadro mediante AutoCAD, decidimos guardarlo con la extensión DWG.

Al abrir el archivo en AutoCAD observamos que el plano XY de AutoCAD es distinto al plano XY de nuestro trabajo. Para conseguir que nuestro plano horizontal XY se convierta en un plano vertical, nos apoyaremos en la metodología empleada en la transformación de Helmert, método de transformación dentro de un espacio tridimensional que se basa en la relación de semejanza que existe entre dos sistemas cartesianos que discrepan en la ubicación de su origen y en la orientación de los ejes. En nuestro caso el modo de realizar dicho giro y desplazamiento ha sido gráfico a través de AutoCAD. El procedimiento ha sido el siguiente: una vez abierto el fichero, se ha girado la nube de puntos de modo aproximado, usando la herramienta órbita libre, con la intención de visualizar los cuatro puntos. Posteriormente y desde el modo de visualización “Elementos 3D básicos” se ha cambiado el sistema de Coordenadas Personales de AutoCAD (SCP), mediante la selección de 3 puntos que identificarán: el origen del nuevo eje cartesiano, la dirección del eje X y la dirección del eje Y. Con el giro de los ejes conseguimos: por un lado, tener los cuatro puntos de control dentro del plano de trabajo de AutoCAD, por lo que podremos medir la longitud de los lados del cuadro fácilmente empleando la herramienta “distancia”; por otro lado, el eje Z, que antes indicaba la altura de los puntos con respecto al plano de referencia, ahora pasa a situarse perpendicular al plano de trabajo, dándonos la posibilidad de determinar la desviación del cuarto punto respecto al plano medio del lienzo, adoptado respecto a los tres puntos tomados como referencia en el giro de los ejes. Este valor nos ayuda a determinar si ha existido un error en la medición, como consecuencia de la incorrecta identificación del punto sobre el plano

del lienzo. Dicho error lo observamos en la medición del cuadro central de la obra *Tríptico de La Pasión de El Bosco*, debido a que una esquina del retablo no alcanza la esquina del marco, hecho que no se aprecia a simple vista, y que nos llevó a medir sobre el soporte del tablero en lugar de sobre el retablo. Observada la desviación en este punto, que dio el valor de 0.008 m, se procedió a repetir la medición, identificando en esta ocasión correctamente el punto sobre el que medir.

### 3.4 Edición digital de las imágenes

En esta fase se acometieron los procesos de edición de las imágenes como el revelado de los archivos RAW obtenidos en la fase de campo y la unión de las imágenes para configurar las imágenes gigapíxel definitivas de cada una de las obras.

En un principio, en esta fase se iba a contar con la ayuda de un alumno becario, pero dada la situación sanitaria, se decidió prescindir de esta ayuda por el estrecho contacto que supondría un trabajo de este tipo en nuestra limitada área de trabajo y ante la incertidumbre de poder cumplir con las distancias de seguridad.

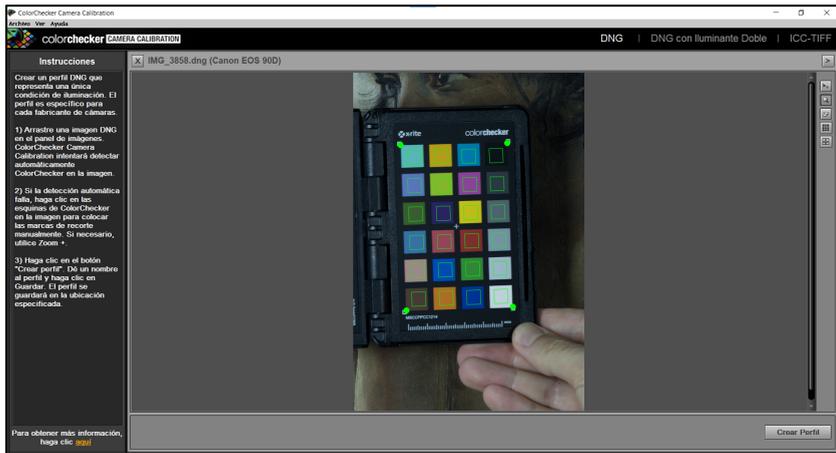
Este inconveniente, sin duda, ha hecho que todo el trabajo recaiga sobre los investigadores, pero las tareas se han llevado a cabo con total normalidad y la ausencia de becario no ha supuesto ninguna carencia en los resultados, sino un control total de los procesos gracias a un mayor esfuerzo por parte de los investigadores.

#### 3.4.1 Proceso de revelado *raw*

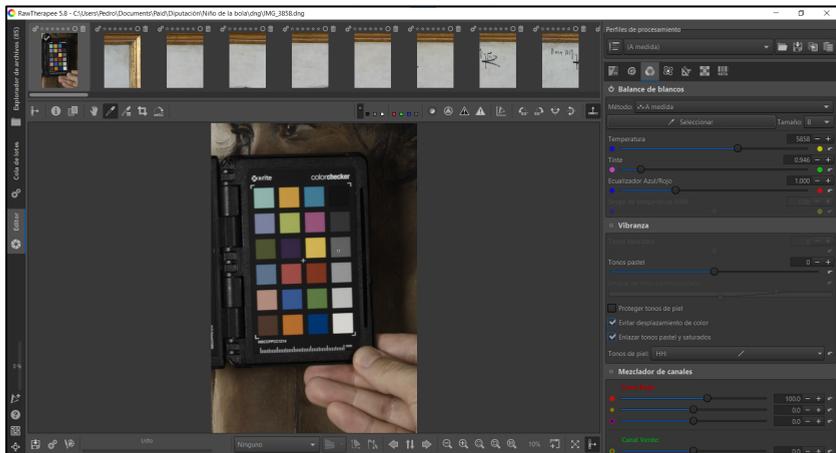
Tal como se ha comentado previamente, se utilizó el formato de captura RAW o en bruto de la cámara, puesto que este formato permite expresar al máximo el rango dinámico del sensor y ajustar parámetros como el balance de blancos a posteriori durante el proceso de revelado RAW, en el que además se puede aplicar el perfil de color generado para lograr la máxima concordancia del color.

Este perfil de color fue creado mediante el *software ColorChecker Camera Calibration*, proporcionado por el fabricante de la carta de color X-Rite utilizando la imagen tomada de la carta ColorCheker (Figura 25).

El proceso de revelado se realizó mediante el programa RawTherapee, con licencia GPL. En primer lugar, se aplicó el perfil generado en el paso anterior y con la ayuda de la misma imagen de la carta de color, se estableció el balance de blancos adecuado a las condiciones de iluminación de la escena utilizando el parche de color gris medio como referencia, eliminando así cualquier predominancia de color (Figura 26).



**Figura 25.** Creación del perfil de color usando la toma de referencia



**Figura 26.** Proceso de revelado RAW y ajuste del balance de blancos mediante la carta

Una vez balanceadas las imágenes se comprueba que la exposición de las tomas sea la adecuada y se guardan los archivos revelados con los ajustes adecuados en formato TIF de 16 bits de color por canal y con el perfil ProPhoto, para garantizar la máxima calidad durante todo el proceso de edición digital y de composición de la imagen gigapíxel.

## 3.5 Composición de la imagen gigapíxel

### 3.5.1 Proceso de cosido mediante *software de stitching*

Tras el proceso de revelado, el proceso de cosido del mosaico puede ser llevada a cabo mediante Hugin, un *software de stitching* con licencia GPL, pero se adquirió una licencia del programa PTGUI, por ser mucho más eficiente a la hora de montar el mosaico gigapíxel.

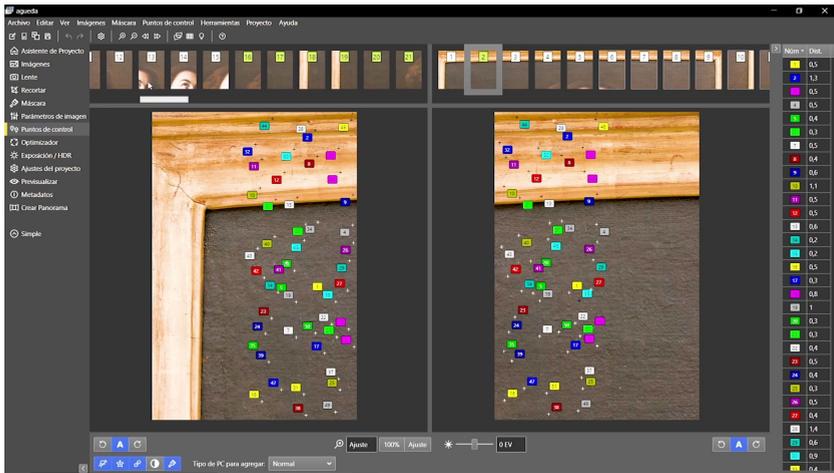
El flujo de trabajo con estos programas es muy similar. En primer lugar, se cargan las imágenes que componen el mosaico y el programa lee de los datos EXIF, incrustados en las imágenes, algunos datos como la distancia focal, que le proporciona una primera aproximación acerca de la posición del punto de vista en los fotogramas.

A continuación, se debe hacer una búsqueda de puntos homólogos entre imágenes, en la que el programa analiza las zonas de solape de las fotografías adyacentes para encontrar automáticamente parejas de puntos homólogos (Figura 27).

Tras este proceso, el programa orienta las fotografías que componen el mosaico a través del cálculo de los ángulos que definen la matriz de rotación (Yaw, Pitch, y Roll). En este proceso también se calculan los coeficientes del polinomio que permite corregir las distorsiones radiales producidas por la lente.

Si se opta por un método de captura de punto de vista múltiple, se debe calcular también la traslación entre cámaras y ambos programas son capaces de resolver este aspecto sin problemas. Sin embargo, cabe señalar que el cálculo de la traslación de la cámara resulta eficaz solo en el caso de lienzos planos.

Cuando se trata de figuras tridimensionales, como pudiera ser la documentación de un retablo con su marco tallado, este proceso acarrearía distorsiones en el cosido debido a los errores de paralaje producidos por los diferentes puntos de vista. Por ello, en los casos volumétricos se hace necesario el empleo de la técnica de reconstrucción fotogramétrica SfM, tal como se verá más adelante.



**Figura 27.** Cosido de imágenes. Puntos homólogos entre imágenes adyacentes



**Figura 28.** Mosaico de fotografías orientado y listo para generar la imagen gigapíxel

Una vez orientadas las fotos que componen el mosaico (Figura 28), éste se puede combinar para conseguir la imagen gigapíxel final, aprovechando la resolución máxima de las imágenes originales.

Dado la gran cantidad de píxeles que definen estas imágenes, es aconsejable utilizar el formato PSB (Formato de archivo grande de Adobe), que admite documentos de hasta 300.000 píxeles en cualquier dimensión y 100 Gb de tamaño. También sería posible utilizar el formato TIF, que tiene el mismo límite de resolución que el PSD, pero con una limitación de espacio de 4Gb.

### 3.5.2 Generación del ortomosaico mediante fotogrametría SfM

Tal como se ha comentado en el punto anterior, el método de composición mediante programas de *stitching* resulta muy útil para documentar lienzos planos, pero en el caso de retablos, en los que es necesario documentar también el marco tallado de madera por formar parte del conjunto artístico, este método resulta totalmente ineficaz por no poder proporcionar una verdadera ortofoto del conjunto tridimensional.

La solución a este problema pasa por construir un modelo 3D del retablo a partir del que obtener una verdadera ortofoto. Este método se empleó en la reconstrucción de una de las obras documentadas en el proyecto. Se trata del retablo titulado *Virgen de las Fiebres* de ‘Il Pinturichio’.

Para la reconstrucción fotogramétrica de este modelo se ha utilizado el *software* Metashape de Agisoft, siguiendo el siguiente flujo de trabajo:

#### a) Añadir las imágenes

Una vez añadimos las imágenes procedemos a revisar la calidad de estas mediante la opción ‘*Estimate image quality*’. Aquí Metashape estima, en función del grado de nitidez de la parte mejor enfocada de la imagen, un valor entre 0 y 1. Las imágenes con valores inferiores a 0.5 se descartan. En nuestro caso todas las imágenes se encontraban entre 0.53 y 0.99.

#### b) Orientar imágenes

Calcula la orientación interna y una nube de puntos 3D dispersa con correspondencia entre imágenes. Elegimos la precisión más alta (*‘Highest Accuracy’*), pues esta fase será decisiva en la proyección posterior de las texturas de la ortoimagen final. Metashape utiliza en ese caso la resolución de la imagen completa (*‘Medium’* usaría la imagen al 50%, Low a 25%).

A continuación, Metashape realiza la orientación de forma automática, detectando puntos en las imágenes, emparejando los puntos comunes y resolviendo un ajuste de haces de rayos con autocalibración para obtener las posiciones de las imágenes, las coordenadas de los puntos y los parámetros de la cámara (Figura 29).



**Figura 29.** Mosaico de fotografías orientado

c) Crear nube de puntos densa del objeto 3D

A continuación, generamos la nube densa de puntos, seleccionando las opciones de calidad media. Se ha optado por la calidad media, debido a que nuestro objetivo es la ortoimagen y no el modelo 3D en sí mismo, por lo que la mejora que pudiera existir en el modo ‘Extra alta’ no sería apreciable, pero sí el considerable aumento de tiempo que ello conlleva. El resultado es una nube de puntos que incluye información de color y es mucho más densa que la inicial, dejando ver ya claramente la morfología del objeto.

d) Crear la malla poligonal

A partir de la nube densa de puntos que acabamos de crear, se elabora una malla de triángulos interpolados que se ajustarán a la superficie del modelo. Cuanto mayor sea el número de polígonos, mayor será la similitud entre el modelo digital y el real. Si queremos obtener la malla más densa posible deberemos poner un número de polígonos igual a cero; en este caso utilizará todos los puntos disponibles. Evidentemente el modelo obtenido será muy pesado, y además, como ya hemos dicho anteriormente, nos interesa más la proyección de la textura que el propio modelo. Por este motivo hemos seleccionado el número de polígonos medio, que en este caso Metashape nos proponía 3.709.047 polígonos.

f) Crear la textura

La creación de la textura es el paso fundamental para obtener los resultados que pretendemos en esta ocasión. La textura se formará a partir de las imágenes tomadas y orientadas. Estas imágenes fueron obtenidas con un importante solape, en ningún caso inferior al 60%.

Esta sobrecaptura, que nos ha facilitado la reconstrucción con los algoritmos SfM, nos va a permitir que en esta etapa seamos aún más

exigentes, por lo que volveremos a revisar la calidad de las imágenes, descartando ahora todas aquellas que estén por debajo de 0.65. En esta ocasión no las eliminaremos, sino que las desconectaremos, afectando esta desconexión sólo al proceso pendiente de textura del modelo. La resolución del modelo podrá ser baja en este caso, pues la vamos a utilizar sólo para visualizarlo en pantalla. Los parámetros de resolución que le apliquemos al modelo 3D serán independientes de los que utilice Metashape en el momento de realizar la ortoimagen final.



**Figura 30.** (a) Nube de puntos. (b) Nube densa. (c) Malla poligonal. (d) Modelo texturizado

#### g) Escalar el modelo

Para la obtención de las medidas necesarias para el escalado del modelo fueron obtenidas mediante el instrumental topográfico. Una vez obtenida las coordenadas y el modelo tridimensional con su textura, identificaremos los puntos de control obtenidos con la estación total e introduciremos sus coordenadas. A continuación, actualizaremos el modelo que ya nos aparecerá escalado.

#### h) Crear el ortomosaico

En último lugar, debemos obtener la ortoimagen. Para ello debemos disponer de tres *markers* sobre el lienzo, que nos generarán el plano de

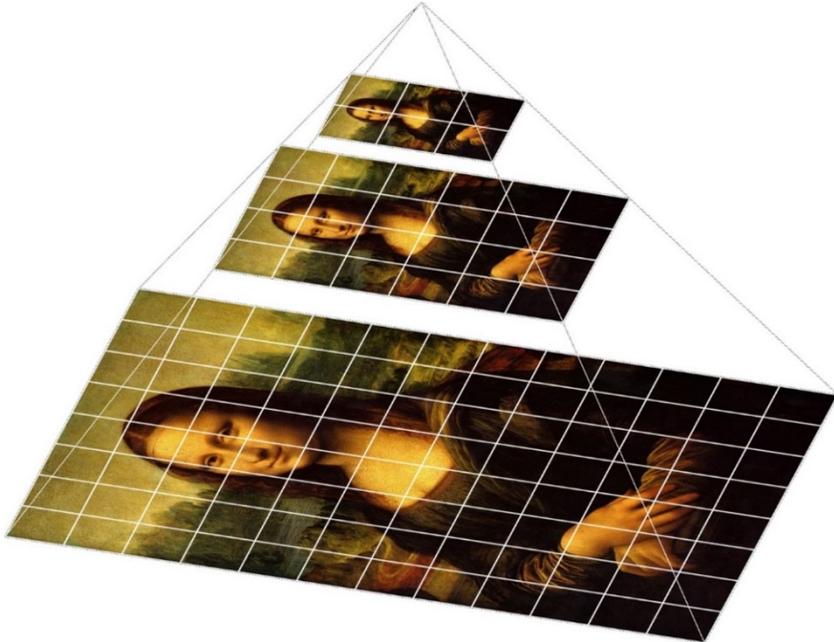
proyección. Esto nos eliminará el posible error debido a la falta de verticalidad de retablo. Así, en la orden *Build Orthomosaic*, seleccionaremos el plano de proyección *Planar/ Markers*. Finalmente, indicaremos la máxima dimensión (horizontal o vertical) en píxeles, seleccionando *Pixel size* y con ello obtendremos la imagen gigapíxel final (Figura 31).



**Figura 31.** Imagen Gigapíxel final

### 3.5.3 Divulgación de las imágenes gigapíxel

Las imágenes gigapíxel resultantes pueden ser muy pesadas y difíciles de manejar, a menos que se utilice un ordenador potente. Afortunadamente, la difusión de imágenes gigapíxel a través de Internet se puede llevar a cabo descomponiendo la imagen en un mosaico multiresolución, lo que también se denomina una imagen piramidal (Figura 32). El proceso consiste en aplicar un algoritmo que genera diferentes piezas o fragmentos de la imagen gigapíxel, con diferentes tamaños y niveles de resolución. Luego, estos fragmentos se pueden cargar progresivamente en tiempo real utilizando un visor html5 específico. De esta manera, cuando el usuario exige más definición al hacer zoom, el visor carga solo los mosaicos específicos para el área de visualización enmarcada.



**Figura 32.** Descomposición de la imagen gigapíxel en un mosaico multiresolución o imagen piramidal

A la hora de visualizar un mosaico multiresolución a través de Internet, no es necesario utilizar un equipo potente, ya que incluso un smartphone convencional puede gestionar este tipo de imágenes piramidales. Esta técnica se utiliza en aplicaciones muy conocidas, como Google Maps o Google Earth.

Es importante mencionar que, debido a los diferentes tipos de pantallas que los usuarios pueden utilizar para la visualización de las imágenes en línea, es recomendable generar el mosaico multiresolución utilizando el perfil

de color estándar sRGB, que es adecuado para la mayoría de los dispositivos. Sin embargo, la precisión de la reproducción del color dependerá del rango dinámico o *gamut* de la pantalla y de su adecuada calibración.

Zoomify<sup>16</sup> es uno de los programas que puede proporcionar mosaicos multirresolución y tiene sus propios visores, incluida una versión gratuita. Hay otros visores de código abierto de gran alcance, como OpenSeadragon<sup>17</sup>, que es el que se utiliza para este proyecto.

En los siguientes apartados se podrá realizar la visita virtual online de las obras documentadas mediante el uso de este tipo de mosaicos multirresolución.

---

<sup>16</sup> <http://www.zoomify.com/free.htm>

<sup>17</sup> <https://openseadragon.github.io>

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Obras documentadas

Se han documentado un total de 23 obras, 12 de ellas pertenecientes al Museo de Bellas Artes de Valencia, 2 de la Diputación de Valencia, 3 del Fondo de Arte de la UPV y 5 obras inéditas del pintor valenciano Leopoldo García Ramón. Además de ello, en este proyecto se han documentado también obras de arte urbano como el mural perteneciente a la serie ‘Mujeres de Ciencia’ dedicado a Margarita Salas, pintado por Lula Goce.

A continuación, se muestra el elenco de todas las obras documentadas en donde, en cada una de las obras, se podrá acceder a la visualización gigapíxel online utilizando el código QR correspondiente, o bien, siguiendo el enlace marcado (versión digital).

La información acerca de las obras y de los distintos autores ha sido complementada mediante información extraída de la Enciclopedia Web de Museo del Prado<sup>18</sup>, así como de la propia página web del Museo de Bellas Artes de Valencia<sup>19</sup>.

---

<sup>18</sup> <https://www.museodelprado.es/aprende/enciclopedia>

<sup>19</sup> <https://museobellasartesvalencia.gva.es/es/catalog>

#### 4.1.1 *Virgen de la leche* de Bartolomé Bermejo



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 33.** Bartolomé Bermejo. *Virgen de la Leche*. ca. 1465. Óleo y oro sobre tabla. 49.1×34.5 cm  
Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 279. Sala 4  
Posible procedencia del Convento de Santo Domingo de Valencia

#### **Bartolomé Bermejo**

Córdoba, ca. 1440 – Barcelona, ca. 1500

Apodado también como El Bermejo, está considerado como el pintor más grande de la Corona de Aragón en el último tercio del siglo XV y el máximo representante de la influencia flamenca. Su práctica artística, vinculada a la temática religiosa, se desarrolla en diferentes lugares del territorio español. Según la tradición documentada, el inicio de la práctica artística de encargo tiene lugar en Valencia donde desarrolla en 1468 el retablo de San Miguel de la parroquia San Miguel de Tous. Su vida itinerante lo llevó posteriormente a lugares como Daroca, Zaragoza y Barcelona, e intercaladamente, antes de ir a la ciudad catalana, volvió a Valencia donde se cree que realizó el retablo de La Virgen de Montserrat.

#### ***Virgen de la Leche***

ca. 1465. Óleo y oro sobre tabla. 49.1×34.5 cm

La figura femenina como diosa o madre nutricia ha estado presente en diferentes épocas históricas como las referentes a la mitología egipcia o griega y desde antaño esta faceta maternal con su respectivo mensaje ha

evolucionado progresivamente hasta la cultura occidental que nos atañe. Cabe destacar que la figura de la Virgen amamantando al niño se ha representado a lo largo de la historia desde el estilo y tendencia característico a cada etapa. Bermejo nos la muestra desde su particular sensibilidad a través del estilo flamenco de la península ibérica. El conjunto de ambas figuras queda perfilado por un plano de pan de oro que sustituye la profundidad de campo de la escena, pero el relieve de sus formas queda reforzado por la gran riqueza cromática de las formas. Mediante la fotografía gigapíxel se observa una riqueza pictórica en la que de su realismo flamenco emana la delicada gestualidad con la que están tratados los elementos y símbolos formales de la indumentaria y las joyas. Del mismo modo, con la alta calidad fotográfica se puede observar el detallado tratamiento de los cabellos de la virgen, los del niño y el detalle de la leche tan cargado de significado. Como simbología cromática también se encuentra la piel blanquecina de ambas figuras, asociada en muchas ocasiones al carácter de lo divino. En lo formal, la religión cristiana se reafirma una vez más en la iconografía del collar o rosario de cuentas rojas y negras que sustenta el niño en sus manos.



**Figura 34.** La figura de la Virgen amamantando al niño se ha representado a lo largo de la historia y Bermejo nos la muestra desde su particular estilo de influencia flamenca



**Figura 35.** La imagen gigapíxel permite ver la minuciosidad de los detalles y el craquelado de la pintura

#### 4.1.2 *Virgen de las fiebres* de 'Il Pinturicchio'



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 36.** Bernardino di Benedetto di Biagio. *Virgen de las fiebres*. ca. 1500. Óleo y oro sobre tabla. 49.1×34.5 cm  
Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 273. Sala 8  
Colección Real Academia de Bellas Artes de San Carlos

#### **Bernardino di Benedetto di Biagio 'Il Pinturicchio'** Perugia, 1454 – Siena, 1513

Su práctica artística se desarrolla en la Italia del del Quattrocento. De la trayectoria profesional del apodado como 'il Pinturicchio' destaca su paso por Roma, donde colabora con Perugino en la Capilla Sixtina, desarrolla encargos para los Bufalini y presta su servicio al Papa Inocencio VIII. Entre los servicios prestados para los altos cargos y de alto poder de la época, se encuentran también los trabajos de renovación y decoración de interiores como los del conjunto de los seis apartamentos Borgia en el Palacio Apostólico del Vaticano.

**Virgen de las fiebres**  
ca. 1500. Óleo y oro sobre tabla. 154.8×75.8 cm.

El vínculo del pintor con en el mecenazgo de los Borja se evidencia en esta obra que fue encargada por Francisco de Borja, pariente del papa Alejandro VI, para la decoración de la capilla votiva dedicada a la Virgen de las Fiebres y a los Doctores de la Iglesia en la colegiata de Játiva.

La obra pictórica recoge la escena en la que la Virgen, representada como *Mater Sapientiae*, enseña a leer al niño y en la parte baja derecha de la composición se encuentra con actitud orante el obispo y mecenas. En el tratamiento de la policromía y las formas se observa la convivencia de elementos tradicionales, como el trabajo de los dorados, con la influencia flamenca especialmente visible en el tratamiento técnico minucioso y detallista. La obra posee un amplio espectro cromático, donde destacan los rojos, carmines de los ropajes y verdes de la vegetación, realizada además con un gran rigor botánico. Gracias a la fotografía gigapíxel podemos observar con claridad los adornos como en la vestimenta del obispo y el escabel sobre el que se mantiene de pie el niño. Entre ellos se observa el escudo de los Borja, en cuyo interior se representa un buey. A los pies del prelado también se observa el minucioso tratamiento con el que ha sido trabajada la mitra. No se trata de una mitra simple, sino de una vestidura sagrada cargada con adornos y piedras preciosas.



**Figura 37.** La Virgen, representada como *Mater Sapientiae*, enseña a leer al niño



**Figura 38.** Se observa la convivencia de elementos tradicionales, como el trabajo de los dorados, con la influencia flamenca especialmente visible en el tratamiento técnico minucioso y detallista

#### 4.1.3 *Tríptico de la pasión del obrador de 'El Bosco'*



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 39.** Obrador de 'El Bosco'. *Tríptico de la pasión*. ca. 1500. Óleo y oro sobre tabla. 164.1×383.1 cm.

Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 264-266. Sala 8.

Convento de Santo Domingo de Valencia

#### **Obrador de Hieronymous van Aken Bosch 'El Bosco'**

Bolduque, ca. 1450 – Ibidem, 1516

La obra del pintor flamenco se caracteriza, entre otros, por servir como soporte de lo satírico, de la burla, de la representación de formas fantásticas relacionadas con lo onírico e irreal, de lo grotesco y de la representación de una sociedad sin idealizaciones, que critica la realidad corrupta y el vicio de la alta jerarquía.

La vinculación del pintor flamenco con España la vemos gracias a algunas de sus obras pertenecientes a los Reyes Católicos y a Felipe II, que fue uno de los coleccionistas más entusiastas del artista holandés.

#### **Tríptico de la pasión**

ca. 1500. Óleo y oro sobre tabla. 164.1×383.1 cm

Esta obra, también conocida como el Tríptico de los improperios, está compuesta por escenas del calvario de Cristo como el prendimiento, a la izquierda, la flagelación, a la derecha, y la coronación de espinas, representada en la tabla central.

La visualización gigapíxel nos permite adentrarnos en el fascinante imaginario del Bosco, lleno de detalles ingeniosos, prolijos y de técnica impecable. El increíble tratamiento de los cabellos, las incisiones de la corona de espinas de las que emanan gotas de sangre o algunos de los detalles anatómicos de los personajes que acompañan a Cristo en esta obra, cargada de simbología son ahora accesibles a escala milimétrica, pudiendo así apreciar su técnica y su riqueza.

El Bosco destacó por la calidad y singularidad de sus obras, por lo que fue un autor muy imitado. Ello ha planteado a menudo dudas acerca de la

autoría de esta obra. Sin embargo, los últimos estudios justifican la realización de esta obra en el obrador del artista.



**Figura 40.** La imagen permite apreciar el increíble tratamiento de los cabellos, las incisiones de la corona de espinas de las que emanan gotas de sangre o algunos de los detalles anatómicos



**Figura 41.** La visualización gigapíxel permite adentrarnos en el fascinante imaginario del Bosco, lleno de personajes grotescos, detalles ingeniosos y simbólicos

#### 4.1.4 Flagelación de Fernando Llanos



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 42.** Fernando de Llanos. *Flagelación*. ca. 1520.

Óleo sobre tabla. 131.2×99.7 cm

Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 143/2004. Sala 5

Colección Real Academia de Bellas Artes de San Carlos

#### **Fernando Llanos**

ca. 1470 – ca. 1525

Fue discípulo de Leonardo da Vinci y por ello se le considera uno de los introductores del estilo leonardesco en tierras valencianas, junto a Fernando Yáñez. El artista ejerció su profesión en lugares del litoral levantino como Valencia y Murcia. En Valencia realizó trabajos como el retablo de la Catedral, en colaboración con Fernando Yáñez.

## Flagelación

ca. 1520. Óleo sobre tabla. 131.2×99.7 cm

En esta obra se observa la influencia leonardesca en aspectos como el uso de grandes composiciones en las que un conjunto de figuras, con algunos de los gestos forzados, interactúan entre sí. Cristo ocupa el centro de una composición en la que se escenifica un momento de sufrimiento a base de golpes de castigo. El escenario circundante a la figura principal está compuesto por unas columnas, pilastras y capiteles que al mismo tiempo subdividen la composición en nuevas escenas. Al fondo a la izquierda, se encuentra la escena más alejada y aparentemente la menos fácil de vislumbrar, pero gracias a la visualización gigapíxel se puede ver con un detalle extremo la escena en la que Poncio Pilatos observa, desde la ventana del palacio pretoriano, la multitud ante el *Ecce Homo*. La técnica fotográfica utilizada nos permite ver la minuciosa representación con el que se han trabajado detalles como los de las telas y ropajes, la fisonomía de las figuras e incluso los decorados inscritos en la arquitectura.



**Figura 43.** Cristo ocupa el centro de la composición en la que se escenifica un momento de sufrimiento a base de golpes de castigo



**Figura 44.** La visualización gigapíxel permite ver con detalle la escena en la que Poncio Pilatos observa, desde la ventana del palacio pretoriano, la multitud ante el *Ecce Homo*

#### 4.1.5 *Santa Cena* de Joan de Joanes



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 45.** Joan de Joanes. *Santa Cena*. 1534. Óleo sobre tabla. 92.1 x 85.6 cm  
Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 305. Sala 5  
Iglesia parroquial de Santa Catalina de Valencia

#### **Joan de Joanes**

Valencia, ca. 1504 – Bocarent, 1579

Vicente Juan Macip, más conocido por su sobrenombre Juan de Juanes, fue un pintor valenciano que consiguió destacar en el panorama renacentista español de mitad del XVI, al que también pertenecieron pintores como su propio padre Vicente Macip. La maestría de Juan de Juanes también pudo ser depositada en retablos de catedrales como la de Segorbe o en el Retablo de San Esteban, de la iglesia de San Esteban de Valencia. Tras desarrollar el retablo de Segorbe, su fama fue en aumento y se convirtió en una personalidad artística muy demandada en Valencia. Llevó a cabo temáticas mitológicas y de retratos como los de Alfonso V y el de don Luis Castellá de Vilanova, pero la temática que ocupa la mayor parte de sus lienzos es la religiosa.

#### **Santa cena**

1534. Óleo sobre tabla. 92.1 x 85.6 cm

Esta pintura se considera la primera obra realizada en exclusiva por el artista, ya que Juan de Juanes pintó en colaboración con su padre desde bien joven.

En la escena se representa, el momento en el que Cristo reunió a sus discípulos en la cena de Pascua del Jueves Santo y anunció que uno de ellos lo traicionaría. Jesús de Nazaret se ubica en el centro de la composición y a ambos lados quedan repartidos equilibradamente las figuras de los discípulos. La pintura contiene tratamientos naturalistas como las que se recogen en los elementos del bodegón y una gama rica de tonalidades y luces que ayudan a enaltecer los volúmenes de las figuras y los ropajes tanto de Jesús como de sus discípulos. La perspectiva queda reforzada por una abertura en la pared en cuyo espacio se vislumbra el punto de fuga en el que se enmarca un horizonte rural y montañoso. Además de la luminosidad de la pintura con la que están trabajados los personajes, el recurso del oscurecimiento del fondo permite eliminar detalles inoportunos y centrar la atención en la iconografía y los gestos faciales que conjuntamente tratan de difundir un mensaje a los demás.

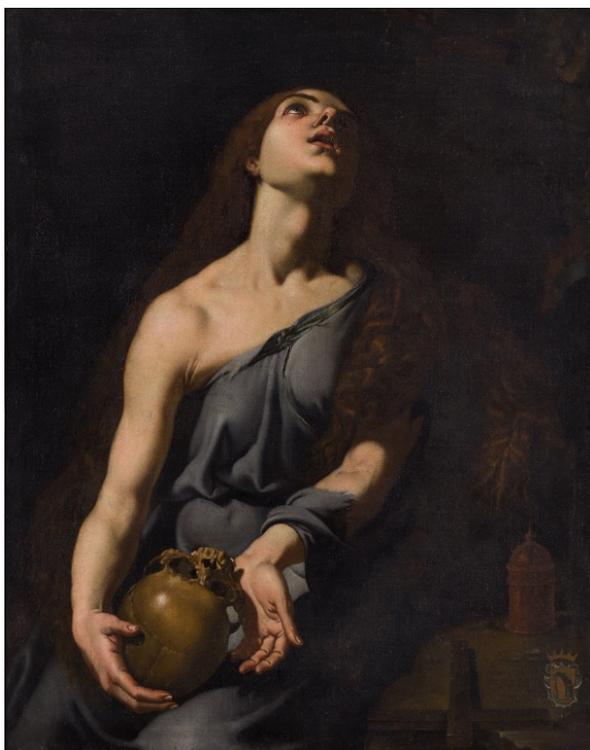


**Figura 46.** El autor consigue centrar la atención en la iconografía y los gestos faciales que conjuntamente tratan de transmitir un mensaje al espectador



**Figura 47.** La pintura contiene tratamientos naturalistas en los elementos del bodegón y una gama rica de tonalidades y luces que ayudan a enaltecer los volúmenes de las figuras y los ropajes

#### 4.1.6 *Magdalena penitente* de Pedro Orrente



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 48.** Pedro Orrente. *Magdalena Penitente*. ca. 1625. Óleo sobre lienzo.  
110×87.2 cm  
Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 2350. Sala 9

#### **Pedro Orrente**

Murcia, 1580 – Valencia, 1645

Pintor muy influyente en su época, discípulo de Leandro Bassano, lo que le otorgó el calificativo de «el Bassano español». Orrente residió en ciudades como Cuenca, Sevilla, Toledo y Madrid, donde realizó encargos al servicio del aristócrata y político español Gaspar de Guzmán y Pimentel, también conocido como el Conde-Duque de Olivares. Valencia se convirtió en el lugar de residencia del artista hasta su muerte, en donde pintó obras como el San Sebastián de la Catedral de Valencia (1616), Martirio de San Lorenzo, de la iglesia de San Esteban o La curación del parálítico, del Colegio del Patriarca.

### **Magdalena penitente**

ca. 1625. Óleo sobre lienzo. 110×87.2 cm

En la pintura se observa el modo de operar con luz tenebrista y un dramatismo propio de Caravaggio. La técnica del claroscuro se basa en la adición de tonos luminosos y medios tonos sobre un fondo rojizo de imprimación que es la base del cuadro, contribuyendo así a un efecto de iluminación focal, teatral, cargada en este caso de gran misticismo e incluso sensualidad, por la finura con la que están ejecutadas las carnaciones. La paleta de colores restringida no impide el disfrute de los colores sonrosados del rostro o los tonos plateados y azulados de las vestiduras, que emergen del fondo oscuro. La obra no está exenta de detalle, apreciándose, gracias a los detalles reveladores proporcionados por la visión gigapíxel, el mimo con el que el pintor resuelve una lágrima que recorre la mejilla o los detalles anatómicos de un rostro en escorzo que eleva nuestra mirada hacia fuera de la obra. Una gran diagonal compositiva con la que el pintor resuelve esta composición realizada desde un singular punto de vista bajo.



**Figura 49.** La visualización gigapíxel revela el mimo con el que el pintor resuelve los detalles anatómicos y el rostro en escorzo que eleva nuestra mirada fuera de la obra



**Figura 50.** La técnica del claroscuro se basa en la adición de tonos luminosos y medios tonos sobre un fondo rojizo de imprimación que contribuye a un efecto de iluminación focal y teatral

#### 4.1.7 *Francisco de Moncada* de Anton van Dyck



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 51.** Anton van Dyck. *Francisco de Moncada*. 1634. Óleo sobre lienzo. 300×235.8 cm.

Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 494. Sala 17

#### **Anton van Dyck**

Amberes, 1599 – Londres, 1641

Pintor y dibujante de estilo flamenco cuya formación pasó por el taller de Hendrick van Balen. Su progreso y maduración le permitieron realizar trabajos como ayudante para artistas, como Pedro Pablo Rubens, o trabajos al servicio de mecenas, como el duque de Buckingham y el conde de Arundel, durante una estancia de corta duración en Londres (1620), ciudad inglesa a la que volvería doce años más tarde llamado por el Rey y mecenas Carlos I. Génova, Roma, Venecia y Sicilia, entre otras, se convertirían también en estancias de trabajo para el artista.

#### **Francisco de Moncada**

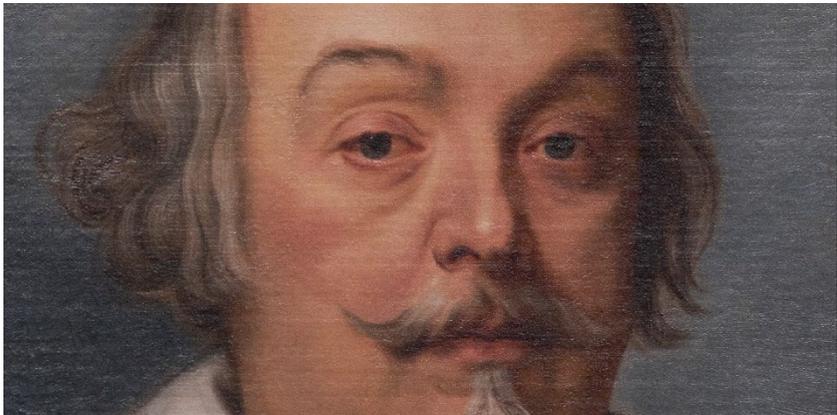
1634. Óleo sobre lienzo. 300×235.8 cm

Este retrato ecuestre de Francisco de Moncada, III marqués de Aytona, nacido en Valencia en 1586, fue realizado tras ser nombrado gobernador general de los Países Bajos.

El marqués se representa a lomos de un caballo de largas crines, cuyo pelaje absorbe la máxima luz de la escena junto a la armadura completa de su cabalgante, quien con un bastón de mando en sus manos evidencia en la escena su poderío. La importancia de su persona queda retratada también en la banda roja ceñida a su brazo izquierdo.

Este retrato ecuestre perteneció al Louvre y pasó a manos del Museo de Bellas Artes tras ser legada por los familiares del Coronel Manuel Montesinos y Molina en 1941 a la Academia de San Carlos.

Gracias al complejo proceso de restauración, llevado a cabo por los restauradores del propio Museo de Bellas Artes de Valencia y del *Institut Valencià de Conservació i Restauració de Bens Culturals (IVCR+i)*, se puede ver la majestuosidad de la obra y el gran dominio con el que se ha trabajado el retrato, género que llevó a su autor a convertirse en el principal retratista flamenco.



**Figura 52.** Este retrato de Francisco de Moncada, III marqués de Aytona, fue realizado tras ser nombrado gobernador general de los Países Bajos



**Figura 53.** La visualización gigapixel nos permite ver la majestuosidad de la obra y el gran dominio del género, que llevó a su autor a convertirse en el principal retratista flamenco

#### 4.1.8 *Santa Águeda* de Massimo Stanzione



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 54.** Massimo Stanzione. *Santa Águeda*. ca. 1638. Óleo sobre lienzo. 73.6×61.7 cm  
Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 147/2004. Sala 16  
Donación Orts Bosch (2004)

#### **Massimo Stanzione**

Orta di Atella, ca. 1585 – Nápoles, ca. 1656

Se inicia en el taller del maestro Fabrizio Santafede en Nápoles. Posteriormente, se trasladaría a Roma para continuar su formación y allí trabajó en lugares como la iglesia de Santa María della Scala. Roma y Nápoles fueron la cuna para un pintor que estuvo al servicio de diferentes órdenes religiosas. Massimo fue un pintor con influencias de Caravaggio y con un crecimiento artístico que evoluciona desde el manierismo con el que se asocian sus inicios plásticos, hasta el estilo posterior más clásico refinado y el estilo barroco italiano.

#### **Santa Águeda**

ca. 1638. Óleo sobre lienzo. 73.6×61.7 cm

Esta obra fue realizada durante el período de madurez del artista cuando forjó su estilo más representativo en el que lleva el naturalismo a altas cotas

de refinamiento y elegancia, tal y como observamos en esta Santa Águeda. Sobre un fondo de sombras naturales, los tonos cálidos y rosados de la santa realzan los volúmenes de la figura, solitaria, sin drama, pero con la hondura propia del hecho representado (según la Leyenda Dorada, a santa Águeda le cortaron los pechos en su martirio). La luz focal que baña la figura desde el lateral izquierdo incide directamente sobre el rostro y pecho de la santa, dirigiendo así nuestra mirada hacia sus manos manchadas de sangre y descubriendo el drama representado con más misticismo que crudeza. Gracias al nivel de detalle que estas fotografías nos aportan podemos ver incluso las suaves pinceladas del modelado direccional, los craquelados de edad que evidencian las capas más oscuras bajo las carnaciones, propias del barroco y otros finos detalles de gran calidad, como los sutiles empastes en las luces más fuertes, ojos, mejillas, labios, o las transiciones de tonos rosados en el rostro de la santa, que parece buscar fuera del cuadro la respuesta a su martirio.

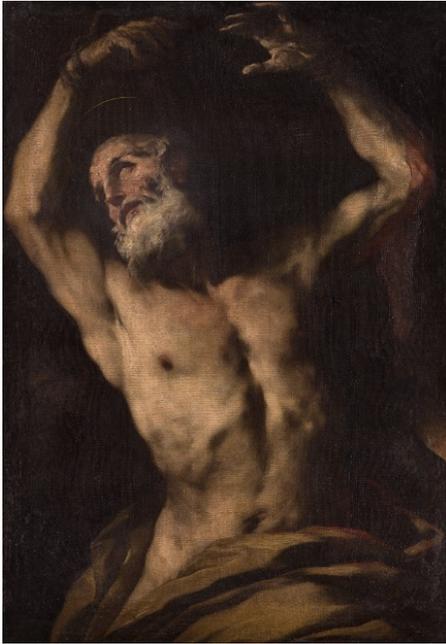


**Figura 55.** Se pueden apreciar los finos detalles de gran calidad, como los sutiles empastes en las luces más fuertes, ojos, mejillas, labios, o las transiciones de tonos rosados en el rostro de la santa



**Figura 56.** Stanzione utiliza a luz focal para dirigir nuestra mirada hacia el rostro y las manos manchadas de sangre, para descubrir el drama representado con más misticismo que crudeza

#### 4.1.9 *San Bartolomé en el martirio* de Luca Giordano



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 57.** Luca Giordano. *San Bartolomé en el martirio*. ca. 1650. Óleo sobre lienzo. 136×95 cm

Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 2197. Sala 16  
Adquirido por la Generalitat Valenciana (1985)

#### **Luca Giordano**

Nápoles, 1624 – ib., 1705

Su estilo queda influido por varios pintores célebres como su maestro José de Ribera. De su crecimiento formaron parte los viajes a Roma, Venecia y otras ciudades y su evolución técnica quedó influenciada por artistas como Bernini, Rafael Sanzio, Tiziano y Pedro Pablo Rubens. Estuvo al servicio de encargos de altos poderes y órdenes religiosas como la decoración de la cúpula de la capilla Corsini en la iglesia del Carmen y la biblioteca del Palacio Médici Ricardi, ambas en Florencia. En el territorio nacional, participó en la decoración de murales en el Monasterio del Escorial en Madrid, por orden de Carlos II, y en la decoración de diferentes habitáculos del Palacio de Aranjuez o los frescos en la Iglesia de Santa María de Atocha y en la sacristía de la Catedral de Toledo.

### **San Bartolomé en el martirio**

ca. 1650. Óleo sobre lienzo. 136×95 cm

En esta obra se observa un tratamiento de la pintura que evidencia la relación e influencia del pintor Luca Giordano con el setabense José de Ribera, de quien fue amigo. Esta influencia se observa entre otros, en el tratamiento delicado y volumétrico de los cabellos y en el modo de dar forma a la musculatura corporal del Santo, cuyos brazos quedan en alto atados a un árbol. Fruto de un trabajo tenebrista, en la obra se observa un gran dominio de la luz y el modelado con que define los volúmenes del cuerpo, cargado además de materia, otorgando una textura con la que el pintor forjaría su estilo más personal, suelto y lleno de dinamismo, tan característico del barroco. Según los estudios sobre el cuadro, todo apunta a que fue realizado durante la etapa juvenil del pintor. Con la fotografía gigapíxel, lo que a distancia parecen formas perfectamente definidas se nos presenta en su ampliación como trazo pictórico puro con el que se modelan las formas, pinceladas cargadas de virtuosismo e intencionalidad.



**Figura 58.** El tratamiento delicado y volumétrico de los cabellos y en la musculatura corporal del Santo evidencia la relación e influencia del autor con José de Ribera



**Figura 59.** La imagen gigapíxel muestra que lo que a distancia parecen formas perfectamente definidas son en realidad pinceladas sueltas cargadas de virtuosismo e intencionalidad

#### 4.1.10 Autorretrato de Diego Velázquez



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 60.** Diego Velázquez. *Autorretrato*. ca. 1650. Óleo sobre lienzo. 44.2×37.1 cm  
Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 572. Sala 15  
Colección Real Academia de Bellas Artes de San Carlos

#### **Diego Velázquez**

Sevilla, 1599 – Madrid, 1660

Con once años ingresa en el taller del erudito maestro sevillano del momento Francisco Pacheco, quien posteriormente sería el yerno del artista. En la ciudad natal creció con la imitación pictórica de una naturaleza de la que formaban parte los bodegones, naturalezas muertas y objetos cotidianos como los de cocina. La primera etapa del artista queda marcada por el naturalismo, la gran presencia del dibujo y una paleta colorida. Posteriormente, se trasladaría a Madrid donde prestó su servicio como pintor del rey Felipe IV, quien lo nombró pintor de cámara. La obra del pintor suele clasificarse tradicionalmente en tres grupos: la pintura religiosa, pintura de género o los retratos.

#### **Autorretrato**

ca. 1650. Óleo sobre lienzo. 44.2×37.1 cm

Este autorretrato fue realizado por Velázquez durante la estancia en Roma, desplazamiento por orden del rey Felipe IV, quien le había ordenado ir para

traer pinturas y esculturas antiguas. Esta pintura pasó a formar parte de las posesiones de José Martínez en 1798 tras ser extraída de los bienes artísticos del Vaticano. Posteriormente, pasaría a manos de don Francisco Martínez Blanch de quien quedaría como legado a la Real Academia de San Carlos en 1835.

Con la visualización gigapíxel el trazo parece ser confuso desde cerca, debido a una pincelada que busca precisamente dotar al retratado de cierta ambientación. Sin embargo, esta gestualidad característica con aires del posterior movimiento impresionista, permiten que el cerebro y la mirada del espectador terminen reconociendo la fisonomía del propio Velázquez a distancia. En este retrato es la luz y no el dibujo la que define los principales volúmenes del rostro, que emerge sorprendentemente de una atmósfera casi palpable.



**Figura 61.** Con la visualización gigapíxel el trazo parece ser confuso desde cerca, debido a una pincelada que busca precisamente dotar al retratado de cierta ambientación



**Figura 62.** La gestualidad del trazo, más característica en posteriores movimientos impresionistas, permite al espectador reconocer la fisonomía del propio Velázquez a distancia

#### 4.1.11 *Retrato de Joaquina Candado Ricarte* de Francisco de Goya



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 63.** Francisco de Goya y Lucientes. *Joaquina Candado Ricarte*. ca. 1803. Óleo sobre lienzo. 168×112.6 cm  
Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 583. Sala 18  
Colección Real Academia de Bellas Artes de San Carlos

#### **Francisco de Goya y Lucientes**

Fuendetodos, 1746 – Burdeos, 1828

Pintor y grabador aragonés cuya evolución artística avanzó lentamente alejada del oficio de dorador al que pertenecían su padre y su hermano mayor. Parte de sus inicios en la práctica de la pintura quedaron dirigidos bajo la escuela del maestro José Luzán en Zaragoza. El artista quiso acceder al panorama internacional mediante el concurso de la Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid para el perfeccionamiento de las técnicas en Roma, pero, aunque fracasó, decidió viajar por su cuenta a Italia. Allí visitó ciudades como Roma, Venecia y Bolonia, y estudió a grandes pintores como Rafael y Rubens. Su carrera profesional fue madurando y empezó a recibir una serie de encargos que se irían

simultaneando y dejando paso a un éxito que no fue repentino, sino fruto de muchos intentos y esfuerzo.

### **Joaquina Candado Ricarte**

ca. 1803. Óleo sobre lienzo. 168×112.6 cm

En la obra se observa la gran habilidad en la disciplina que finalmente había adquirido el autor. Cabe destacar que este retrato tiene una composición y estructura de la figura humana muy parecido al que también haría de la Condesa de Fernán Núñez hacia 1803. El increíble detalle de la fotografía gigapíxel nos permite apreciar el diferente tratamiento con el que Goya trabaja los fondos, los ropajes o el rostro, llamando la atención la viveza y rapidez con la que algunas de las pinceladas fueron ejecutadas, toques de pintura sueltos y cargados de color, tan característicos del artista.

El origen de esta pintura está relacionado con la visita del pintor y su esposa a Valencia en el verano de 1790. Durante su estancia estival, Goya visitó la Academia de San Carlos, donde fue nombrado académico de mérito. La pintura ingresó en la Academia de San Carlos por disposición testamentaria de la retratada el 3 de junio de 1819.



**Figura 64.** El increíble detalle de la fotografía gigapíxel nos permite apreciar el diferente tratamiento con el que Goya trabaja los fondos, los ropajes o el rostro



**Figura 65.** La visualización gigapíxel nos permite ver la viveza y rapidez con la que algunas de las pinceladas fueron ejecutadas mediante toques de pintura sueltos y cargados de color

#### 4.1.12 *Juegos icarios* de Ignacio Pinazo



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 66.** Ignacio Pinazo Camarlench. *Juegos icarios*. 1877. Óleo sobre lienzo. 98.6×73.9 cm  
Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 724. Sala 25  
Propiedad de la Diputació de València

#### **Ignacio Pinazo Camarlench**

Valencia, 1849 – Godella, 1916

Fue un artista valenciano cuyo oficio de pintor se vio precedido por el de platero, dorador, pintor de azulejos o el de sombrerero. Este último fue el oficio que desarrolló paralelamente a sus estudios en la Escuela de Bellas Artes de San Carlos de Valencia. Al igual que Goya, optó por partir hacia Italia sin ningún tipo de pensión que le costeara su estancia. No sería hasta 1876 cuando conseguiría una de estas retribuciones para Roma. Tras su paso por Roma, fue premiado con la segunda medalla por una de sus obras en la Exposición Nacional de Bellas Artes de 1881 en Madrid y regresó a Valencia donde consolidó su fama y carrera profesional que le condujo, junto a Joaquín Sorolla y Francisco Domingo Marqués, a la más alta relevancia en el panorama artístico valenciano contemporáneo.

### **Juegos icarios**

1877. Óleo sobre lienzo. 98.6×73.9 cm

La frescura con la que está pintada esta obra se denota tanto en la espontánea y certera pincelada como en la luminosidad de las tonalidades. La pieza forma parte de los estudios al natural de desnudo infantil que realiza el artista, en donde la importancia de los acontecimientos queda enmarcada en lo próximo y en el valor de la familia. Para estas obras sus propios hijos, Ignacio y José, actúan como modelos indistintamente. En este caso se representa un niño sobre un sofá en actitud juguetona con una pelota en equilibrio sobre los dedos del pie izquierdo. La paleta presenta un sorprendente buen equilibrio de tonos cálidos y tonos fríos, y una luminosidad característica de una pintura en consonancia con el llamado luminismo valenciano.



**Figura 67.** Se puede apreciar la frescura con la que está pintada esta obra, que se hace patente en la espontánea y certera pincelada, así como en la luminosidad de los tonos



**Figura 68.** La paleta presenta un sorprendente buen equilibrio de tonos cálidos y tonos fríos y una luminosidad característica de una pintura en consonancia con el llamado luminismo valenciano

#### 4.1.13 *El niño de la bola* de Joaquín Sorolla



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 69.** Joaquín Sorolla. *El niño de la Bola*. 1887. Óleo sobre lienzo. 97.4×72 cm  
Propiedad de la Diputació de València

#### **Joaquín Sorolla Bastida**

Valencia, 1863 – Cercedilla, 1923

Fue un pintor valenciano cuya formación, al igual que la de Pinazo, con quien coincidió en el periodo de su vida, también pasó por la Escuela de Bellas Artes de San Carlos de Valencia donde ingresó en 1897. Tras sus estudios locales, el artista viajó a ciudades como Madrid, Roma y París. En la capital española estudió a algunos de los artistas del Museo del Prado como el Greco, Velázquez o Ribera, en la capital italiana compartió entorno de aprendizaje con consagrados artistas como José Benlliure Gil y Emilio Sala. Su estancia en la ciudad parisina le sirvió como punto de inflexión artístico y le llevó a una gran revolución con su nuevo estilo. Los encargos fueron aumentando y con ellos su fama internacional. Aunque se asocien con más facilidad al artista las escenas soleadas de la costa del mar valenciano, en los diferentes periodos de la carrera del gran maestro del siglo XIX también estuvieron presentes, entre otras, las temáticas de denuncia social, de desnudo o la de retrato y paisaje, en la que en numerosas ocasiones plasma y resalta el papel femenino en la España de finales del siglo XIX y principios del XX.

#### **Niño de la bola**

1887. Óleo sobre lienzo. 97.4×72 cm

En 1884 Sorolla fue pensionado por la Diputación de Valencia para perfeccionar sus estudios en Roma. Las obras de este periodo se enmarcan

en su etapa de formación, pero también empiezan a dejar ver al futuro artista más expansivo, enérgico y de pincelada vivaz. En ese contexto se realizó esta obra, firmada en Roma. Se trata de un serio estudio de figura. Sobre un fondo luminoso, pero en cierto modo neutro, los tonos sienas y carnosos de la piel del joven destacan en contraste y modelado. En la fotografía gigapíxel podemos apreciar con claridad como la pincelada manda a la forma con maestría. Por supuesto que esto requiere un enorme dominio del pincel, un virtuosismo y precisión en el recorrido que sumado al control del tono y de la luz (el valor) generan la sensación de gran realismo. Este dominio técnico es apreciable en los pequeños límites ahora visibles gracias a esta resolución, donde descubrimos el microcontraste que generan bordes oscuros del dibujo a pincel (barbilla, nariz) o blancos (pelo, parte inferior de la rodilla derecha) que potencian todo este trabajo técnico preciso. Subyace un dibujo perfecto, especialmente visible en el rostro pero también en toda la obra, liberado en el trabajo del pelo, donde Sorolla mezcla fondo y figura con valentía y seguridad. La obra gana así en unidad y espontaneidad, y en los detalles más precisos y preciosos de la anatomía, en ternura y sensibilidad. Con esta imagen gigapíxel revivimos el proceso pictórico de un Sorolla tan académico como excelente.



**Figura 70.** Con esta imagen gigapíxel revivimos el proceso pictórico de un Sorolla tan académico como excelente



**Figura 71.** El dominio técnico se aprecia en los pequeños límites, donde descubrimos el microcontraste que generan los bordes oscuros y claros del dibujo a pincel

#### 4.1.14 *Figuras de casacas jugando en un jardín* de Joaquín Sorolla



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 72.** Joaquín Sorolla. *Figuras de casacas jugando en un jardín*. 1900.

Óleo sobre lienzo. 173.4×135.5 cm

Museo de Bellas Artes de Valencia. Número de Inventario 132/2004. Sala 20

Donación Orts Bosch (2004)

#### **Figuras de casacas jugando en un jardín**

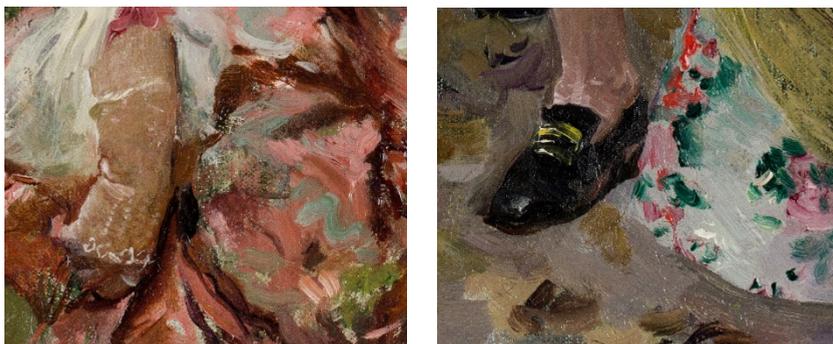
1900. Óleo sobre lienzo. 173.4×135.5 cm

Esta obra fue realizada para el palacio de los Marqueses de Valdeherrazo de Madrid. En ella reconocemos al Sorolla maestro de la luminosidad y el color, de la pincelada virtuosa, suelta y precisa. En la mitad inferior de esta obra queda representado un grupo de personajes con perfil aristocrático que danzan cogidos de la mano con miradas cómplices junto a un estanque. La escena discurre en un entorno ajardinado cuya frondosidad queda bañada, al igual que las figuras, por una luz que otorga a la escena un espíritu otoñal, acentuado además por la presencia de decenas de hojas sueltas que son en realidad pequeñas pinceladas sueltas. En el cromatismo de la pintura

predominan los ocre, amarillos, verdes y naranjas, complementados con azules como contrapunto. El mayor detalle en la parte baja de la composición permite observar la pincelada vigorosa, preciosista y fresca de esta pintura, pero con la imagen gigapíxel se corrobora cómo en el resto de la composición la pincelada es igualmente suelta e indefinida, aunque segura en su ejecución.



**Figura 73.** El mayor detalle en la parte baja de la composición permite observar la pincelada vigorosa, preciosista y fresca de esta pintura, típica de un Sorolla maduro



**Figura 74.** En el cromatismo de la pintura predominan los ocre, amarillos, verdes y naranjas, complementados con azules como contrapunto. La pincelada es suelta e indefinida, aunque muy segura

#### 4.1.15 *Desnudo* de Juan Genovés



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 75.** Juan Genovés. *Desnudo*. 1949. Óleo sobre lienzo. 92×66 cm  
Fondo de Arte de la UPV. Número de Inventario 4638

#### **Juan Genovés**

Valencia, 1930 – Madrid, 2020

Formado en la Escuela de Bellas Artes de Valencia, fue un pintor inquieto y preocupado tanto por la necesidad de renovar el arte español como por la función del arte y el artista en la sociedad. Su firme convicción sobre el arte transformador y comprometido con el entorno le llevó a formar parte de colectivos muy significativos en el panorama de posguerra: Los Siete (1949), Parpalló (1956) y Hondo (1960). Este último grupo, supuso nuevos planteamientos figurativos frente al Informalismo, Genovés desarrolló una pintura de carácter expresionista y provocador<sup>20</sup>.

#### **Desnudo**

1949. Óleo sobre lienzo. 92×66 cm

Este cuadro pertenece a la serie Academia del fondo de arte de la Universidad Politécnica de Valencia y fue realizado por Juan Genovés en su etapa de estudiante.

---

<sup>20</sup> <https://juangenoves.com>

#### 4.1.16 *Velas* de José Luis Fernández



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 76.** José Luís Fernández. *Velas*. 2008. Mixta sobre tabla. 120×130 cm  
Fondo de Arte de la UPV. Número de Inventario 2012

#### **José Luis Fernández**

1942

Licenciado en Bellas artes y Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Valencia, hasta su jubilación, adscrito al Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y en la Escuela Industrial de Diseño.

#### 4.1.17 *Bodegón* de Leopoldo García Ramón



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 77.** Leopoldo García Ramón. *Bodegón*. 1894. Óleo sobre lienzo. 23.3×31.8 cm  
Este cuadro fue realizado en la etapa de juventud del pintor

#### **Leopoldo García Ramón**

Valencia, 1876 – Ibidem, 1958

Su padre tenía el oficio de pintor mural. Desde su adolescencia, Leopoldo comenzó a trabajar con los pintores decorativos, llegando a formar parte de la Sociedad de Pintores Murales.

Por la calidad de sus primeras obras le animaron a inscribirse en la Academia de Bellas Artes de San Carlos de Valencia y en el año 1900 toma una arriesgada decisión y se marcha a París, hecho que marcaría su futura carrera artística. El pintor fijaría allí su residencia durante largos años, aunque hizo bastantes visitas a Valencia y pasó muchas temporadas estivales en Jávea.

La vida de Leopoldo García Ramón se desarrolla principalmente entre París, Barcelona y Valencia. Durante ese ir y venir el pintor celebra varias y consecutivas muestras individuales, en las que obtuvo un importante éxito artístico y comercial.

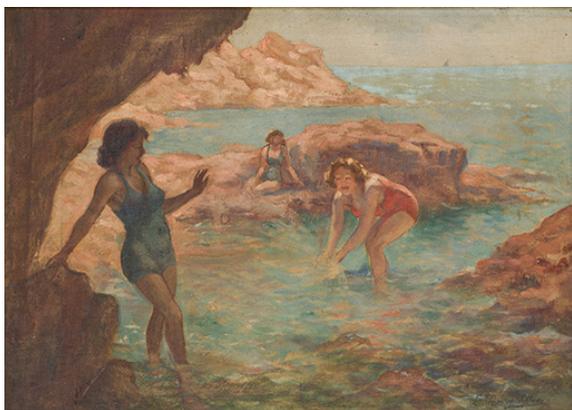
#### 4.1.18 *Desnudo* de Leopoldo García Ramón



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 78.** Leopoldo García Ramón. *Desnudo*. ca. 1900. Óleo sobre lienzo. 72×52 cm  
Este cuadro fue realizado en la etapa de juventud del pintor

#### 4.1.19 *Escena de playa* de Leopoldo García Ramón



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 79.** Leopoldo García Ramón. *Escena de Playa*. ca. 1900. Óleo sobre lienzo.  
36.4×51.2 cm  
Este cuadro fue realizado en la etapa de juventud del pintor

#### 4.1.20 *Jarrón con flores* de Leopoldo García Ramón



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 80.** Leopoldo García Ramón. *Jarrón con flores*. ca. 1900.

Óleo sobre lienzo. 54×44.5 cm

Este cuadro fue realizado en la etapa de juventud del pintor

#### 4.1.21 *Rosas* de Leopoldo García Ramón



[Ver gigapíxel](#)

**Figura 81.** Leopoldo García Ramón. *Rosas*. ca. 1900. Óleo sobre lienzo. 24.5×31.8 cm

Este cuadro fue realizado en la etapa de juventud del pintor

#### 4.1.22 *Margarita Salas de Lula Goce*



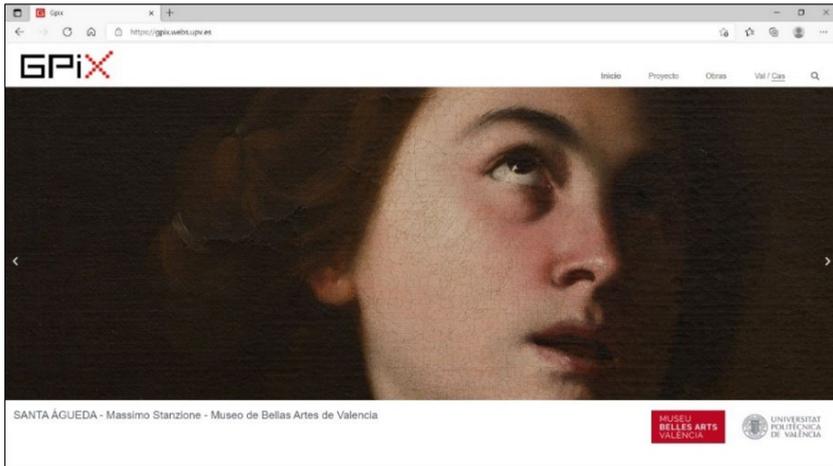
[Ver gigapíxel](#)

**Figura 82.** Lula Goce. *Mural tributo a Margarita Salas*. Pintura plastica sobre hormigón 10,17x5,5m

Esta obra, realizada en 2019, pertenece a la serie de murales urbanos denominada Mujeres de ciencia. El mural, de 10,17 m de altura por 5,5 m de anchura, realizado en pintura plástica, rinde tributo a la eminente científica española Margarita Salas, recientemente fallecida. Según la propia artista, la obra muestra a la doctora Salas con expresión seria y a contraluz para dar a la imagen más fuerza. El mural remite también a sus estudios, ya que representa elementos relacionados con sus investigaciones en bioquímica.

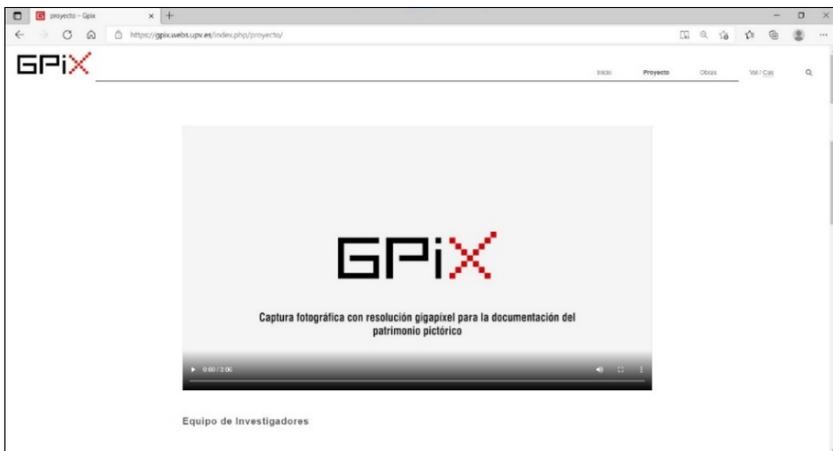
## 4.2 Página Web

La página web [www.gpix.upv.es](http://www.gpix.upv.es) es uno de los resultados principales del proyecto, ya que permite hacer un recorrido interactivo de las obras documentadas o modo de visita virtual. La web consta de una página de inicio a modo de presentación, que dirige al visitante hacia los contenidos más importantes mediante un carrusel de imágenes que muestra de forma dinámica las obras más relevantes del proyecto (Figura 75).



**Figura 83.** Página de inicio de la página web [www.gpix.upv.es](http://www.gpix.upv.es)

En el apartado del menú denominado ‘Proyecto’ se puede ver toda la información acerca del proyecto de investigación, además del vídeo que resume la metodología de captura, las entidades participantes y la financiación (Figura 76).



**Figura 84.** Página descriptiva del proyecto

El apartado denominado ‘Obras’ muestra el elenco completo de las obras documentadas (Figura 77) y pulsando sobre ellas se accede a cada una de las fichas descriptiva de las obras (Figura 78).

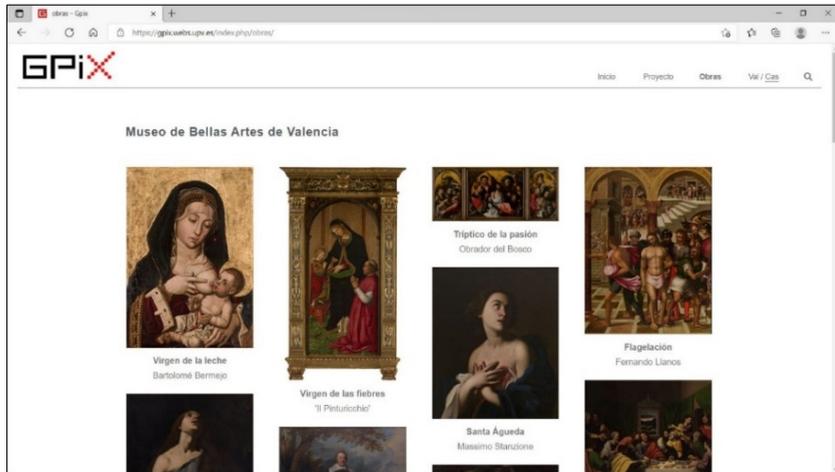
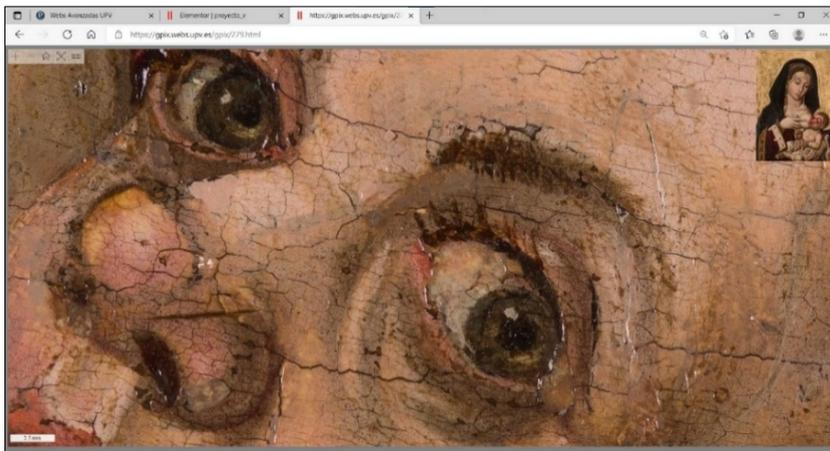


Figura 85. Página que muestra el elenco completo de las obras documentadas



Figura 86. Una de las fichas descriptivas de la página

Finalmente, en cada una de las fichas se puede pulsar sobre el icono de lupa que ofrece la visualización gigapíxel de la obra (Figura 79).



**Figura 87.** Ejemplo de visualización gigapíxel de una de las obras

### 4.3 Exposiciones

Del 7 al 27 de septiembre de 2021, en el Colegio de Arquitectos de Valencia, se inicia la primera de las exposiciones de los resultados de este proyecto de investigación.

La exposición cuenta con una serie de paneles que explican la metodología empleada y exponen las principales obras documentadas en el proyecto. Esta exposición pretende ser una actividad amena e interactiva que va dirigida a todos los públicos. Contará con un vídeo explicativo y con códigos QR en cada uno de los paneles que permitirán a los espectadores acceder a contenido interactivo adicional y poder visualizar las obras de arte con calidad gigapíxel mediante cualquier dispositivo móvil. A continuación, se muestran los paneles diseñados para la exposición.



# CAPTURA FOTOGRÁFICA GIGAPÍXEL DE OBRAS DE ARTE

www.gpix.upv.es

**Metodología**

La captura fotográfica digital con resolución gigapíxel no es una tarea sencilla y se plantean varias dificultades a consecuencia de problemas físicos como es el de la difracción de la luz, que supone una barrera que limita la resolución obtenida con un dispositivo óptico. Por otro lado, la progresión de la resolución de los sensores digitales ha llegado ya al límite establecido por la difracción de la luz, e incluso ya no permite aprovechar la resolución efectiva del sensor, a menos que el tamaño del campo óptico sensor sea aumentado considerablemente, lo que resulta poco viable para el desarrollo futuro de cámaras convencionales. De hecho, son escasos los intentos por desarrollar prototipos de cámaras capaces de obtener resolución gigapíxel en una sola toma.

Recientemente se presentó la cámara de gran formato denominada en el proyecto GIGAPixel por Granat Flirt en el año 2000. En esta cámara, la imagen se expone sobre un registro de 40x62 cm, que posteriormente es digitalizado para formar una imagen de 4 Gp. Otra propuesta más reciente es el prototipo AWAVE 10, iniciado por D. Brady y su equipo en 2012, compuesto por 200 microcámaras con una resolución combinada de casi 3 Gp. Este prototipo se encuentra todavía en fase de desarrollo y por su elevada complejidad queda lejos de convertirse en una opción accesible.

Una solución viable para vencer el problema de la difracción y alcanzar resoluciones gigapíxel mediante cámaras convencionales es la captura panorámica multivista, que consiste en obtener un conjunto de fotografías desde un mismo punto de vista y con un ángulo suficiente entre fotografías adyacentes para que, mediante un software de costura de imágenes o stitching, puedan ser combinadas en una imagen de mayor resolución. Esta técnica se emplea principalmente en la captura de imágenes panorámicas, donde, por supuesto, puede ser empleada para generar un panorama panorámico de resolución gigapíxel.

Para poder conseguir una unión perfecta entre las fotografías se suele utilizar un cabezal panorámico para fijar la posición del centro óptico del objetivo de la cámara mientras esta gira para obtener las distintas tomas que conformarán la imagen final. Con el fin de maximizar la resolución final se debe emplear un teleobjetivo para capturar ámbitos panorámicos de gran tamaño.

El motorización Google, ha desarrollado su propia cámara denominada Art Camera, que consiste en una cámara integrada en un cabezal panorámico que barre progresivamente la pintura desde un punto fijo. Las imágenes parciales son procesadas posteriormente por la propia empresa. Este tipo de cámara no está a la venta y sólo existe un número muy limitado de unidades a disposición exclusiva de la compañía. El sistema de captura empleado por estas empresas, como HoloAnalytics, se basa en la utilización de cámaras digitales, sensores de alta gama y cabezales de posicionamiento panorámico automatizado de la marca Claus que tienen un precio muy elevado.

De nuestra experiencia previa, hemos podido comprobar que la adaptación mediante cabezal panorámico es un método muy efectivo para fotografar con resolución gigapíxel estas pinturas de tamaño reducido, pero cuando se trata de obras de un tamaño considerable, se plantean algunos inconvenientes que limitan la resolución efectiva, debido a la necesidad de utilizar un sensor panorámico de campo que ofrece una resolución inferior a la necesaria para la máxima profundidad de investigación de la difracción y, por tanto, en la práctica, una resolución técnica y metodológica que cubra, que consiste en realizar las tomas de forma que el sensor de la cámara pueda siempre paralelamente al plano de la pintura, por medio de la profundidad de campo.

Esta nueva técnica conforma una serie de inconvenientes que se deben resolver: por un lado, los reflejos especulares que se producen en el lienzo son cambiantes cuando se desplaza el punto de vista. Además de esto, el proceso de costura de imágenes se complica puesto que el punto de vista de las imágenes no es único, al contrario de como sucede cuando se usa un cabezal panorámico.

Para solventar estos inconvenientes se ha optado por emplear un sistema de iluminación de luz controlada que se desplaza con la cámara para producir un barrido de luz uniforme sobre el lienzo, de modo similar a lo que ocurre con un escáner de software.

Para poder realizar la unión de las fotografías de forma adecuada se puede emplear las fotografías RAW (formato sin procesar) para luego hacer un tratamiento de las imágenes o utilizar el software de costura de imágenes de Adobe Photoshop. Este tipo de software permite utilizar el software de costura de imágenes de Adobe Photoshop y el software de costura de imágenes de Adobe Photoshop. En este proyecto hemos optado por utilizar Adobe Photoshop y el software de costura de imágenes de Adobe Photoshop. Este tipo de software permite utilizar el software de costura de imágenes de Adobe Photoshop y el software de costura de imágenes de Adobe Photoshop.

El material fotográfico empleado en este trabajo de investigación está formado por una cámara digital Canon EOS 90D de 32.3 Mpa equipada con un teleobjetivo Canon EF 200mm f/2.8 L IS III con un filtro de protección de lente y un cabezal panorámico. El material fotográfico empleado en este trabajo de investigación está formado por una cámara digital Canon EOS 90D de 32.3 Mpa equipada con un teleobjetivo Canon EF 200mm f/2.8 L IS III con un filtro de protección de lente y un cabezal panorámico. El material fotográfico empleado en este trabajo de investigación está formado por una cámara digital Canon EOS 90D de 32.3 Mpa equipada con un teleobjetivo Canon EF 200mm f/2.8 L IS III con un filtro de protección de lente y un cabezal panorámico.

**Resultados**

En este proyecto de investigación se han documentado un total de 22 obras con resolución gigapíxel, la mayoría de ellas gracias a la inestimable colaboración del Museo de Bellas Artes de Valencia, que ha permitido fotografar una selección de sus obras más representativas, haciendo un especial énfasis en las obras de gran formato que se encuentran en el museo. Entre ellas, se citan algunas representativas, que además son importantes como: 'Valencia', 'Cruza', 'Praxinos o Sorolla', entre otros. También se han documentado obras de la Diputación de Valencia, del Fondo de Arte de la UPV y algunas pinturas instaladas en el Jardín del Pilar valenciano (Luis Domínguez Canales), permitiendo así a través de una página web específica del proyecto, que a modo de vista virtual, permite ver las obras documentadas con calidad gigapíxel (www.gpix.es).

En los paneles siguientes se muestran las obras más relevantes, pertenecientes en su mayoría al Museo de Bellas Artes de Valencia. Asimismo, el espectador podrá hacer uso de los códigos QR, que aparecen en los paneles, para poder realizar la visualización virtual de la obra, con calidad gigapíxel, mediante su dispositivo móvil.

Montaje del sistema de captura

Ajuste del sistema de iluminación para evitar reflejos en el lienzo

Montarización y control remoto de la cámara

Sistema de medición fotográfico de las obras

Estación total para la medición remota

Valoración del enfoque y de la exposición

Carta de referencia para la creación del perfil de color de la escena

Proceso de captura gigapíxel

Proceso de montaje del mosaico fotográfico

Composición de la imagen gigapíxel final

Página inicial de la web que muestra los resultados del proyecto

Sección de la página web que muestra el elenco de obras documentadas

Figura 89. Panel en formato A1 que describe la metodología empleada



**Virgen de la leche**  
 Bartolomé Bermejo  
 ca. 1480. Óleo y oro sobre tabla. 49,3x38,3 cm.  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Inv. 279. Sola &  
 Posiblemente propiedad del Convento de Santa Catalina de Valencia



La figura femenina como figura o madre lactante ha estado presente en diferentes épocas históricas como las referencias en la mitología egipcia o griega y desde entonces hasta el Renacimiento, con un significado siempre de identificación profundamente ligado a la maternidad idealizada del niño. Como destaca con la figura de la Virgen amamantando al niño se va representando a lo largo de la historia desde el cristianismo primitivo y el arte bizantino hasta el Renacimiento con la madre desde su particular sensibilidad o través del estilo flamenco de la península ibérica.

El conjunto de estas figuras suele partirse por un plano de oro que nos muestra la pureza de la pintura de su época, pero el relieve en sus formas como referencia por la gran riqueza cromática de sus formas. Además la fotografía gigapíxel es un espectáculo visual que nos muestra la riqueza cromática y el detalle de las formas que se van creando a lo largo de la historia del arte.

En esta obra, el niño y el pecho de la Virgen son el punto de partida de la obra. La Virgen amamanta al niño y el pecho de la Virgen es el punto de partida de la obra. La Virgen amamanta al niño y el pecho de la Virgen es el punto de partida de la obra. La Virgen amamanta al niño y el pecho de la Virgen es el punto de partida de la obra.



**Virgen de las fiebres**  
 Bernardino di Sesto di Biagio 'Il Pinturicchio'  
 ca. 1490. Óleo y oro sobre tabla. 34,8x41,8 cm.  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Inv. 270. Sola &  
 Colección Real Academia de Bellas Artes de San Carlos



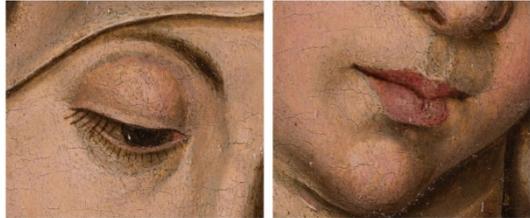
El relieve del altar con su el momento de los fiebres se evidencia en esta obra que fue encargada por Francisco de Borja, pariente del papa Alejandro VI, para la decoración de la capilla vaticana dedicada a la Virgen de San Marcos y a los Doctores de la Iglesia en la colátrata de 1503.

La obra destaca por la riqueza en la que la Virgen, representada como María Santísima, aparece a lo largo de la obra y la parte baja derecha de la composición se encuentra con un relieve que es el niño y el pecho.

En el tratamiento de la pintura y las formas se muestra la convicción de Bernardino di Sesto di Biagio, con el relieve de los doctores, con la influencia flamenco representada desde el Renacimiento hasta el Barroco. Además la fotografía gigapíxel nos muestra un detalle de la obra que nos muestra la riqueza cromática y el detalle de las formas que se van creando a lo largo de la historia del arte.



La figura de la Virgen amamantando al niño se ha representado a lo largo de la historia y Bermejo nos la muestra desde su particular estilo de influencia flamenco



La imagen gigapíxel permite ver la minuciosidad de los detalles y el cromatismo de la pintura



La Virgen, representada como María Santísima, aparece a lo largo de la obra y la parte baja derecha de la composición se encuentra con un relieve que es el niño y el pecho.



Se observa la convicción de elementos tradicionales, como el relieve de los doctores, con la influencia flamenco especialmente visible en el tratamiento técnico cromático y detalles



Figura 90. Panel en formato A1 que describe dos de las obras capturadas

CAPTURA FOTOGRÁFICA GIGAPÍXEL DE OBRAS DE ARTE  
[www.gpix.upv.es](http://www.gpix.upv.es)



**Tríptico de la pasión**  
 Obrador de Hieronymus van Aken Bosch 'El Bosco'  
 ca. 1480. Óleo y oro sobre tabla. 148,1x103,1 cm  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Cnt. 384-393-398. Sala 8  
 Caserón de Sanio Domingo de Valencia

Esta obra, también conocida como el Tríptico de los Hieronímicos, está compuesta por escenas del calvario de Cristo como el prendimiento, a la izquierda, la flagelación, a la derecha, y la coronación de espinas, representada en la tabla central.  
 La visualización gigapíxel nos permite adentrarnos en el fascinante imaginario del Bosco, lleno de detalles ingeniosos, arrojados y de honda ironía. El detalle focalizado de los detalles, los rostros de la corona de espinas de los que emanan gotas de sangre o alguna de las delicadas expresiones de los personajes que acompañan a Cristo en esta obra, cargados de simbología con otros acontecimientos y escenas bíblicas, nos hacen apreciar su técnica y su riqueza.  
 El Bosco destaca por la calidad y singularidad de sus obras, por lo que fue su autor más buscado. Esta ha permitido a través de esta obra de la historia de esta obra. Sin embargo, los últimos estudios justifican la realización de esta obra en el momento del artista.



La imagen permite apreciar el increíble tratamiento de los cabellos, las incisiones de la corona de espinas de las que emanan gotas de sangre o algunos de los detalles anatómicos.



La visualización gigapíxel nos permite adentrarnos en el fascinante imaginario del Bosco, tanto de personajes grotescos, detalles ingeniosos y simbólicos.



**Flagelación**  
 Fernando Llanos  
 ca. 1580. Óleo sobre tabla. 181,0x95,1 cm  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Cnt. 384/398. Sala 8  
 Caserón de Sanio Domingo (Llanos)

En esta obra se observa la influencia isabellanica en aspectos como el uso de grandes composiciones en las que se muestran en figuras, con algunas de las partes forzadas. Interactúan entre sí. Cristo ocupa el centro de una composición en la que se escenifica un momento de sufrimiento a base de golpes de castigo. El escudo circular a la figura principal está compuesto por unos volantes, alfileres y capulinas que al mismo tiempo subdividen la composición en nuevos espacios.  
 Al fondo a la izquierda, se encuentra la escena del alfilerado y aparentemente la misma escena se repite, pero gracias a la visualización gigapíxel se puede ver con un detalle extremo la escena en la que Praxiteles observa, desde la ventana del palacio patriciano, la flagelación de su hijo. La técnica fotográfica utilizada nos permite ver en esos espacios más lejales la atención representativa que el uso de una iluminación detallada como las de las vestes y ropajes, la presencia de los regatos y incluso los detalles decorativos de la arquitectura.



Desde el centro de una composición en la que se escenifica un momento de sufrimiento a base de golpes de castigo.



La visualización gigapíxel permite ver con detalle exterior la escena en la que Praxiteles observa, desde la ventana del palacio patriciano, la flagelación de su hijo.



Figura 91. Panel en formato A1 que describe dos de las obras capturadas



CAPTURA FOTOGRÁFICA GIGAPÍXEL DE OBRAS DE ARTE  
[www.gpix.upv.es](http://www.gpix.upv.es)



**Francisco de Moncada**  
 Alonso Valturius Dyck  
 1644. Óleo sobre lienzo. 100x127,8 cm  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Inv. 004. Sala 17  
 Legado de las Familias Borbónicas Chaca y Trasar Martínez (1961)

Este retrato muestra a Francisco de Moncada, 17.º marqués de Afligón, recién nombrado gobernador general de los Países Bajos.  
 El marqués se representa a lomos de un caballo de gran crinera, cuyo pelo se muestra tan oscuro como el de su caballo, lo que sugiere un carácter fuerte, además de un fondo de nubes en tonos oscuros que refuerza la importancia de su persona cuando visitaba también en la banda roja colgada a su brazo izquierdo.  
 Este retrato accede permanentemente al Louvre y pasó a manos del Museo de Bellas Artes tras ser legado por los herederos del conde Manuel Marichalar y Melles en 1961 a la Academia de San Carlos.  
 Dirección del complejo proceso de restauración, liderado a cargo por los restauradores del propio Museo de Bellas Artes de Valencia y del Instituto Valenciano de Conservación y Restauración de Bienes Culturales (IVCBC), se puede ver la importancia de la obra y el gran detalle con el que se ha realizado el retrato, desde que llegó a su autor a convertirse en el principal retratista flamenco.



**Santa Agueda**  
 Massimo Stanzione  
 ca. 1630. Óleo sobre lienzo. 77,4x61,7 cm  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Inv. 0017000. Sala de Donatello Arte Noucent (2004)

Esta obra fue realizada durante el periodo de madurez del artista cuando surgió su estilo más representativo en el que juega el naturalismo a veces con el refinamiento y elegancia, así y como muestran en esta Santa Agueda, donde se puede observar naturalidad, los tonos cálidos y rosados de la piel realzan los rasgos de la figura, colgando, las manos, pero en la mano izquierda el hueso representado (según la leyenda) de Santa Agueda le cortaron los pechos en su martirio. La luz focal que todo lo figura desde el interior iluminando desde directamente sobre el rostro y pecho de la santa, dirigiendo así nuestra mirada hacia sus rasgos más destacados de su rostro representado con más realismo que el resto. Después de mirar de distancia que antes empezamos a acercarnos podemos ver incluso los nervios almidonados del modelo, dirigiendo, los rasgos de su cara que realzan los rasgos más destacados de su representación, desde el hueso y otros rasgos anatómicos de gran calidad, como los detalles que se ven en los labios, ojos, mejillas, labios, o las transiciones de tonos rosados en el rostro de la santa, que parece hacer parte del cuadro la respuesta a un martirio.



Este retrato de Francisco de Moncada, 17.º marqués de Afligón, fue realizado tras ser nombrado gobernador general de los Países Bajos



La iluminación gigapíxel nos permite ver la rugosidad de la piel y el gran detalle del género, que nos ayuda a conectar con el principal retratista flamenco



Se pueden apreciar los rasgos de gran calidad, como los labios empinados en los labios más fuertes, ojos, mejillas, labios, o las transiciones de tonos rosados en el rostro de la Santa.



Stanzione utiliza a luz focal para dirigir nuestra mirada hacia el rostro y los rasgos más destacados de su género, para después el drama representado con más realismo que el resto.

 <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>	 <p>MUSEU BELLES ARTS VALÈNCIA</p>	 <p>DIPUTACIÓ DE VALÈNCIA          Ajuntament d'Ayutament</p>	 <p>CITA COLEGIO TERRITORIAL DE ARQUITECTOS DE VALÈNCIA</p>
--	---	--	---

Figura 93. Panel en formato A1 que describe dos de las obras capturadas

CAPTURA FOTOGRÁFICA GIGAPÍXEL DE OBRAS DE ARTE  
[www.gpix.upv.es](http://www.gpix.upv.es)



**San Bartolomé en el martirio**

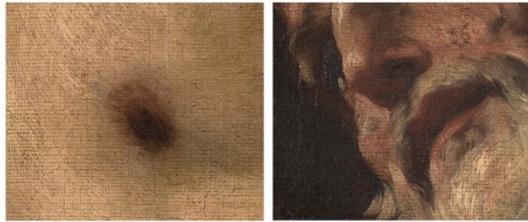
Luca Giordano  
 ca. 1680. Óleo sobre lienzo. 140x110 cm.  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Inv. 2089. Sala 36.  
 Adquisición por la Intervención Valenciana (1985).



En esta obra se observa un tratamiento de la pintura que evidencia la relación e influencia del género con el barroco, así como la búsqueda de un lenguaje más moderno. Esta influencia se observa sobre todo, en el tratamiento melancólico y volumétrico de las carnes y en el modo de dar forma a la musculatura corpórea del santo, cuyos brazos quedan en alto planos a su nivel. Frente a un trabajo tradicional, en la obra se observa un gran dominio de la luz y el modelado con que define los volúmenes del cuerpo, cargado además de materia, otorgando una textura con la que el pintor trabaja su estilo más personal, sencillo y lleno de dinamismo, tan característico del barroco. Logo los estudios sobre el cuadro, tomamos como punto de partida la obra de Luca Giordano, que a través de la fotografía gigapíxel, lo que se evidencia porque fueron perfectamente definidos en su presencia en la ampliación como trazo pictórico pero con el que se movían las formas, presentando cargas de vibración e intensidad.



El tratamiento delicado y volumétrico de los cabellos y en el modo de dar forma a la musculatura corpórea del Santo evidencia la relación e influencia del autor con José de Ribera



Las imágenes gigapíxel muestra que lo que a distancia parecen formas perfectamente definidas son en realidad pinceladas sueltas cargadas de vibración e intensidad



**Autorretrato**

Diego Velázquez  
 ca. 1656. Óleo sobre lienzo. 44,3x37,3 cm.  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Inv. 1974. Sala 35.  
 Colección Real Academia de Bellas Artes de San Carlos.



Este autorretrato fue realizado por Velázquez durante la estancia en Roma, concretamente por orden del Rey Felipe IV, quien lo había encomendado a para traer pinturas y esculturas antigüas. Esta pintura pasó a formar parte de las colecciones de José Martínez en 1798 tras ser cedidas de los bienes privados del entonces. Posteriormente, pasó a manos de don Francisco Martínez Alzola de quien heredó como legado a la Real Academia de San Carlos en 1835. con la restauración gigapíxel se traza porque son contrastes de color, debido a una pincelada que forma principalmente sobre el retrato de cierta ambigüedad. Sin embargo, esta particularidad caracterizada con el uso del pincelado mediante la impresión, permiten que el nombre y la mirada del espectador también reconstruya la figura del propio Velázquez a distancia. En este retrato es la luz y el dibujo lo que define los principales volúmenes del rostro, que emerge sorprendentemente de una atmósfera casi caligada.



Con la visualización gigapíxel el trazo parece ser contrastes de color, debido a una pincelada que forma principalmente sobre el retrato de cierta ambigüedad.



La gestualidad del trazo, más caracterizada en posturas como resaca, permite al espectador reconstruir la figura del propio Velázquez a distancia



Figura 94. Panel en formato A1 que describe dos de las obras capturadas

CAPTURA FOTOGRÁFICA GIGAPÍXEL DE OBRAS DE ARTE  
[www.gpix.upv.es](http://www.gpix.upv.es)



**Joaquina Candado Ricarte**

Francisco de Goya y Lucientes  
 ca. 1801. Óleo sobre lienzo. 100x124 cm  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Inv. 160. Sala 28  
 Colección Real Academia de Bellas Artes de San Carlos



En la obra se observa la gran habilidad en la descripción del volumen hacia adentro del rostro. Cabe destacar que este retrato tiene una composición y estructura de la figura humana muy parecida al que también haría de la Comendadora Teresa de Jesús hacia 1800. El tratamiento de la fotografía digital nos permite apreciar el diferente tratamiento con el que Goya trabaja los rostros, las ropas y el entorno, tomando la atención la cámara y rigiendo con lo que algunos de las pinceladas fueron «cristalizadas», temas de pintura suelta y cargada de color. Los característicos del artista.  
 El origen de esta pintura está relacionado con la visita del pintor y su esposa a Valencia en el verano de 1796. Durante su estancia artística, Goya visitó la Academia de San Carlos, donde fue nombrado académico de mérito. La primera figura en la Academia de San Carlos por el siguiente testamento de la retroversa el 3 de junio de 1805.



**Juegos icterios**

Ignacio Pinazo Camarlesch  
 1877. Óleo sobre lienzo. 104,4x73,6 cm  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Inv. 176. Sala 28  
 Propiedad de la Real Academia de Valencia



La figura con la que está pintada esta obra se desea tanto en la espontánea y clara pincelada como en la luminosidad de los tonos. La parte superior de los brazos al estar en un mismo plano que realiza el artista, en donde la importancia de los movimientos puede compararse en la propia y en el valor de la figura. Para estas obras nos propuso Pinazo, Ignacio y José, acción como medicina individualmente, la obra como se representa en ella sobre un sofá en un estudio representado en un plano de equilibrio sobre los demás del que trasciende. La paleta presenta un sorprendente buen equilibrio de tonos cálidos y tonos fríos, además de una luminosidad característica de una pintura en consonancia con el tiempo. También notables.



El detalle de la fotografía gigapíxel nos permite apreciar el diferente tratamiento con el que Goya trabajó los rostros, las ropas o el entorno



La resolución gigapíxel nos permite ver la textura y rigidez con la que algunos de las pinceladas fueron ejecutadas mediante toques de pincel sueltos y cargados de color



Se puede apreciar la frescura con la que está pintada esta obra, que se hace patente en la espontánea y clara pincelada, así como en la luminosidad de los tonos.



La paleta presenta un sorprendente buen equilibrio de tonos cálidos y tonos fríos y una luminosidad característica de una pintura en consonancia con el tiempo. También notables.



Figura 95. Panel en formato A1 que describe dos de las obras capturadas



**Figuras de casaca jugando en un jardín**  
 Joaquín Sorolla Bastida  
 1864. Óleo sobre lienzo. 174 x 401,5 cm  
 Museo de Bellas Artes de Valencia. Inv. 1412/1900. Sala de  
 exposición 014. Madrid (España)



Esta obra fue realizada para el pabellón de los Hermanos de Valladolid en Madrid. En ella resucitamos al Sorolla maestro de la luminosidad y el color, de la pincelada virtuosa, suelta y precisa. De la vital inferior de esta obra queda representado un grupo de personajes con actitud aristocrática que juegan en la mesa con vitales emociones juntas a un estropajo. La escena discurre en un entorno aristocrático cuyo protagonista queda incluido en el lugar que los jugadores, por una ley que otorga a la escena un espíritu vital, encuentran además por la presencia de decenas de hojas flotantes que con un resaca papavero provocan caos.

En el momento de la pintura predominan los verdes, amarillos, verdes y naranjas, complementados con azules como contrapunto. El mayor detalle en la parte baja de la composición permite observar la pincelada vigorosa, precipitada y fresca de esta pintura, para que el tiempo digitalizado se convierta como en el resto de la composición la pincelada se iguala en suelta e instantánea, aunque segura en su ejecución.



**El niño de la Bola**  
 Joaquín Sorolla Bastida  
 1887. Óleo sobre lienzo. 67 x 47 cm  
 Pabellón de la Biblioteca de Valencia



En 1888 Sorolla fue premiado por la Diputación de Valencia para perfeccionar sus estudios en Roma. Los obras de este período se enmarcan en su etapa de formación (conocimiento del dibujo, construcción de la pincelada, colorista), pero también empieza a dejar ver el futuro artista más expresivo, energético y de pincelada vital. En una contraposición realista entre otros, firmada de nuevo, se trata de un niño jugando de figura. Sobre un fondo bastante plano se viene más oscuro los tonos verdes y carnosos de la piel del niño destacan en contraste y realismo. La fotografía digitalizada permite apreciar con claridad como la pincelada suelta a la forma (en sus curvas) se dice en términos pictóricos cuando la pincelada genera el volumen, elabórala a él y el apaciguamiento y desmenuzamiento negro concreto que contrasta a por micrografía, dilucidando con el píxel). Por supuesto que esta requiere un enorme detalle del píxel, en construcción y precisión en el momento que cuando el color del tono y de la luz (el valor) generan la sensación de gran realismo, este detalle técnico es apreciable en los pequeños detalles sobre volutas grises y azul resaca, desde desmenuzando el microscopio que genera tonos oscuros del dibujo a píxel (barbilla, nariz) e incluso (lejos, pero cercano de la nariz derecha) que parecen salir como un objeto vivo que genera. Aunque en dibujo perfecto, especialmente visible en el rostro para donde se trata la obra, el fondo en el fondo del niño, desde Sorolla mezcla tono y figura con valentía y seguridad. La obra gana así un sentido y espontaneidad, y en los detalles sus precios y precisión de la materia, en tonos y sensibilidad. Con esta imagen digitalizada tenemos el primer píxel de un Sorolla tan académico como excelente.



El mayor detalle en la parte baja de la composición permite observar la pincelada vigorosa, precipitada y fresca de esta pintura, típica de un Sorolla maestro



En el momento de la pintura predominan los verdes, amarillos, verdes y naranjas, complementados con azules como contrapunto. La pincelada es suelta e instantánea, aunque muy segura



Con esta imagen gigapixel tenemos el primer píxel de un Sorolla tan académico como excelente, con un enorme detalle del píxel, el volumen y precisión en el momento



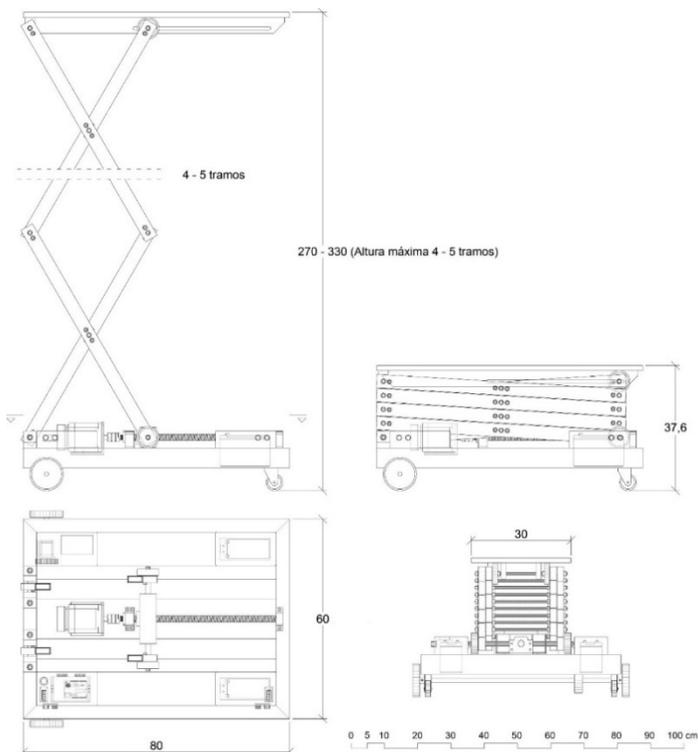
El dibujo técnico se aprecia en los pequeños detalles, donde el detalle técnico que generan los detalles oscuros y claros del dibujo a píxel



Figura 96. Panel en formato A1 que describe dos de las obras capturadas

#### 4.4 Desarrollo de una plataforma automatizada de captura

Uno de los objetivos del proyecto, fue también el desarrollo de una plataforma de control automatizada para facilitar el proceso de captura gigapíxel. Este sistema se desarrolló con la idea inicial de poder utilizar un sistema de iluminación de luz discontinua, pero finalmente el requerimiento por parte de los responsables de los museos de utilizar luz continua, hizo que esta plataforma no pudiera utilizarse en los museos debido a la necesidad de una base totalmente inmóvil para la cámara ante la necesidad de disparar a velocidades de obturación muy bajas. En un primer momento se barajaron varias posibles tipologías para el diseño del prototipo, como plataformas porticadas con brazo deslizante, estructuras telescópicas verticales y de tijera. Finalmente se optó por desarrollar un sistema inspirado en las plataformas elevadoras de tijera, como las que se emplean como medio de andamiaje en la construcción, pero con un tamaño mucho más reducido y con un sistema de accionamiento y control totalmente automatizado.



**Figura 97.** Proyecciones del prototipo de plataforma de posicionamiento automatizada. Cotas en centímetros.

Las premisas de diseño fueron las siguientes:

- Que la plataforma elevadora fuera ligera y de tamaño reducido para poder transportarla en el maletero de un vehículo convencional
- Que no requiriese ningún tipo de montaje adicional para su puesta en funcionamiento
- Que pudiera elevar la cámara hasta una altura de tres metros de forma estable y segura para fotografiar obras de gran formato
- Que tuviera suficiente autonomía, fuera programable y accionable de modo inalámbrico

Para cumplir con la primera premisa se le dio un tamaño a la base de 80x60 cm, lo que permite tener una base estable con la que contrapesar la estructura de la tijera. Esta base configura el chasis de la plataforma y está compuesta por tubo rectangular de acero laminado de 60x40 mm y 2 mm de espesor.



**Figura 98.** Modelización fotorrealista de la plataforma de posicionamiento automatizada



**Figura 99.** Modelización fotorrealista en perspectiva militar del bastidor inferior de la plataforma sobre el que se monta el mecanismo de la tijera

La estructura tubular del chasis está unida mediante soldadura y consta de un marco perimetral reforzado longitudinalmente en su parte central con dos tubos soldados entre sí, a los que va sujeto el husillo y el motor que producen el movimiento de elevación. La estructura del chasis se complementa con otros dos tubos soldados, también en sentido longitudinal, que sirven de guía para el deslizamiento del extremo móvil de la tijera (Figura 92). Se ha procurado que esta parte de la plataforma sea suficientemente pesada para estabilizar el conjunto cuando la tijera está elevada.

Se ha optado por construir una tijera de 5 tramos formados por barras de 75 cm de longitud, lo que permite elevar la plataforma sobre la que se sustenta la cámara a 3 m y 30 cm. En el caso de no necesitar que la plataforma alcance tanta altura, se puede configurar la tijera montando un número inferior de tramos, para así aligerar el conjunto. De este modo, montando cuatro tramos la plataforma podría elevarse hasta una altura de 2 m y 60 cm, mientras que, con tres tramos, podría llegar hasta 2 m y 10 cm.



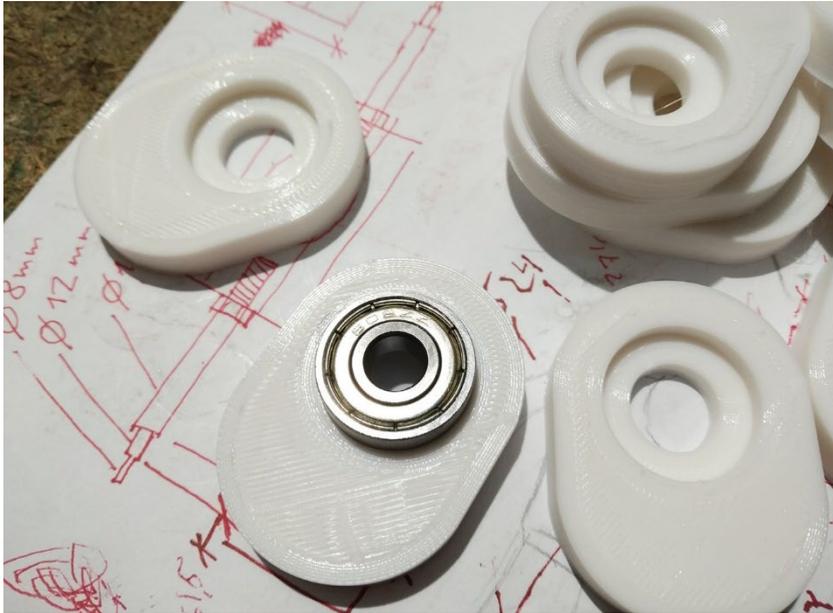
**Figura 100.** Construcción del chasis de la plataforma, constituido por perfiles tubulares de acero de 60x40 mm



**Figura 101.** Corte y mecanizado de los brazos de la tijera, constituidos por perfiles de aluminio con sección rectangular de 40x20 mm con un espesor de pared de 2 mm

Con el fin de minimizar el rozamiento en las uniones articuladas entre las barras que componen la tijera, se ha diseñado una serie de piezas especiales

impresas mediante impresión 3D FDM (Fused Deposition Modeling) en plástico PLA (Poliácido Láctico). Estas piezas alojan un rodamiento de bolas tipo 608z en su interior y quedan embutidas en el interior del tubo de aluminio en cada una de sus articulaciones, de modo que este rodamiento sirve de eje a las varillas roscadas de métrica ocho que conectan las partes de la tijera (Figura 94).



**Figura 102.**Detalle de una de las piezas impresas en 3D mediante impresora FDM

También se han diseñado e impreso una serie de casquillos separadores en PLA que sirven para evitar el contacto de las tuercas de apriete con las barras de aluminio de la tijera, con el fin de que la fricción sea prácticamente nula.

La tijera, en su base, tiene un extremo fijo y otro móvil en el sentido horizontal para producir la elevación o el descenso de la plataforma. El extremo fijo de la tijera está articulado en un extremo del chasis mediante unos soportes, mientras que el extremo libre está articulado a un brazo que se desliza sobre el chasis mediante ruedas y permite el accionamiento de la tijera.

En la parte superior, la tijera sustenta la bandeja sobre la que se dispone el equipo fotográfico. De forma análoga a la parte inferior, la bandeja queda solidaria por un extremo a la varilla roscada que une dos brazos de la tijera, mientras que, por el extremo opuesto, la bandeja se desliza sobre dos casquillos que giran alrededor de la varilla roscada que une los otros brazos.

La bandeja está construida en madera contrachapada por su ligereza. Las piezas que componen la bandeja, inicialmente de 5 mm de espesor, fueron cortadas mediante corte láser y luego encoladas para formar un tablero tricapa de 15 mm de espesor. Se dispusieron dos costillas inferiores en posición vertical para rigidizar el conjunto. Estas costillas disponen de una ranura que atraviesa la varilla roscada del extremo móvil que sirve de guía y evita que la bandeja pueda girar por efecto de una acción exterior.



**Figura 103.** Madera contrachapada cortada con láser para configurar la bandeja que sustenta el equipo fotográfico

El mecanismo de accionamiento de la tijera no es el habitual pistón hidráulico presente en las plataformas convencionales, sino que para conseguir un conjunto más ligero y preciso se ha optado por diseñar un sistema formado por un motor paso a paso NEMA 34 de alto torque (7 N·m) que dispone de un freno eléctrico para que, en caso de falta de suministro eléctrico, la tijera quede bloqueada y no pueda caer en vacío. Este freno consta de una bobina que, cuando está alimentada, libera el eje del motor, pero ante la falta de corriente se desmagnetiza y bloquea el giro del motor.

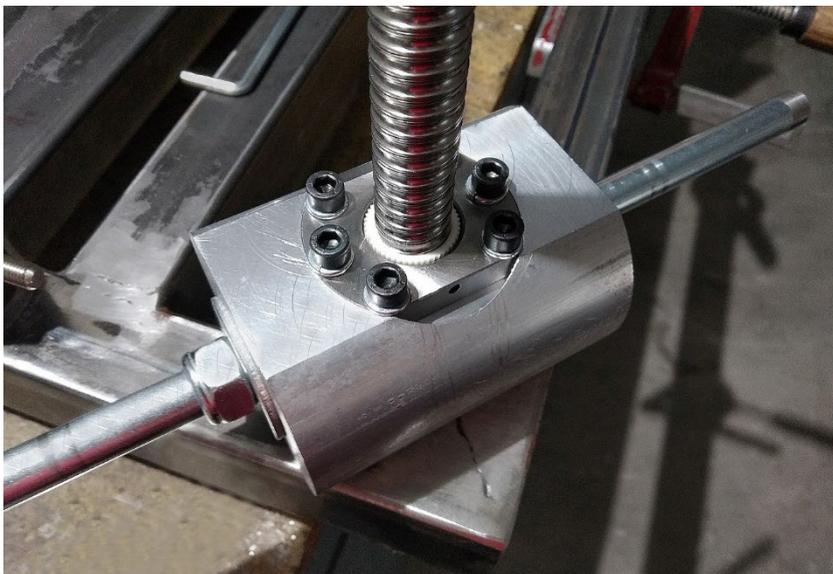
El motor se conecta mediante un acoplador a un husillo tipo SFU 2005 con tuerca de bolas, que minimiza la fricción y produce un movimiento preciso y suave. El husillo tiene 20 mm de diámetro y un paso de 5 mm, con una longitud total de 500 mm.

La tuerca de bolas del husillo queda solidaria a un brazo dispuesto orthogonalmente. Este brazo está unido a su vez mediante una articulación

a los extremos móviles de la tijera y sus extremos descansan sobre ruedas que deslizan sobre las barras del chasis. El movimiento horizontal de este brazo, producido por la rotación transmitida por el motor al husillo, provoca el efecto ascendente o descendente de la tijera (Figura 98).



**Figura 104.**Proceso de fabricación del brazo de arrastre que acciona la tijera



**Figura 105.**Tuerca de bolas con husillo SFU 2005 acoplado al brazo de arrastre que acciona la tijera



**Figura 106.** Brazo de arrastre y husillo unido al chasis mediante los soportes especiales BK 15 y BF 15

El husillo se sujeta al chasis por sus extremos mediante un soporte tipo BF 15, en el extremo libre, y por un soporte BK 15, en el extremo fijo. Estos soportes contienen un rodamiento radial en el extremo libre y un rodamiento axial, en el extremo fijo, para soportar los esfuerzos en el sentido longitudinal (Figura 98).

El chasis de la plataforma dispone de ruedas para su movimiento horizontal, concretamente dispone de un eje delantero al que van acopladas las ruedas motrices en sus extremos. El movimiento de este eje se resuelve mediante la incorporación de otro motor paso a paso NEMA 17, de menor potencia que el anterior, que acciona el eje motriz mediante un piñón y una corona (Figura 100).

La parte trasera del chasis descansa sobre dos ruedas giratorias libres. El conjunto motriz está diseñado de forma que la plataforma pueda desplazarse, durante su funcionamiento, únicamente en línea recta y paralelamente al cuadro que se está fotografiando.

A fin de garantizar el paralelismo entre el cuadro y la plataforma, se incorporan dos sensores de ultrasonidos HY-SRF05, situados en las cajas que albergan los componentes electrónicos en uno de los lados del chasis y en extremos opuestos, para poder medir fácilmente la distancia entre este lado de la plataforma y la pared que sustenta la obra pictórica. Los sensores de medición tienen una precisión de  $\pm 2$  mm y van conectados a una pantalla digital que muestra la distancia entre el sensor y el obstáculo más cercano dentro de su campo de medida, de unos  $15^\circ$  de amplitud, lo que

permite situar la plataforma en su posición inicial, de forma que esta quede paralela al cuadro.

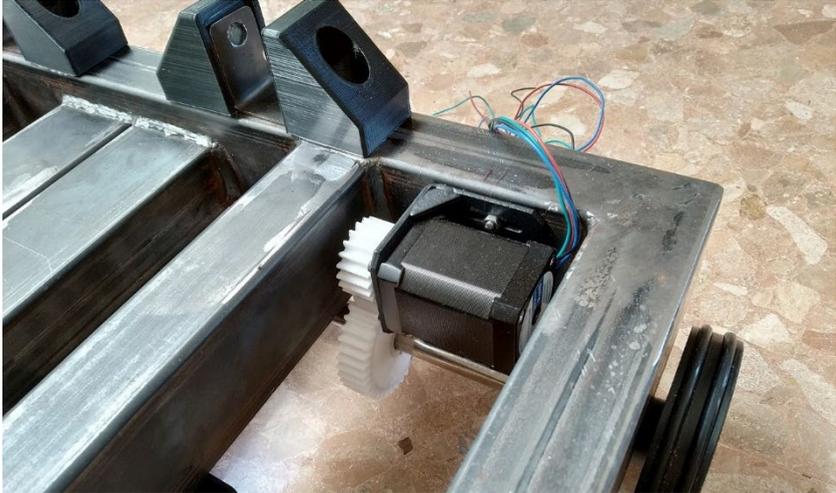


**Figura 107.** Pruebas del funcionamiento del mecanismo de la tijera a distintas alturas durante el proceso de fabricación

Las pequeñas desviaciones de paralelismo entre la plataforma y la obra, que puedan sobrevenir por causas como la falta de planeidad del lienzo o por las ligeras desviaciones de medición debida a la precisión de los sensores, son perfectamente asumibles y no tendrán ninguna repercusión en el resultado final.

Todo el sistema está gobernado por una placa Arduino Mega, conectada a cada uno de los elementos, a través de sus salidas y entradas digitales (Figura 102). Esta placa se alimenta con una corriente continua de entre 6 y 12V. Cada motor paso a paso tiene su controlador propio y la placa Arduino se encarga de enviar a cada uno de estos controladores las señales de pulso y dirección. El motor NEMA 34 tiene un controlador digital modelo DM542S, capaz de suministrar la corriente y la intensidad de 4.2A

que requiere el motor. Este controlador recibe los pulsos que se le envían desde la placa Arduino y se encarga de alimentar cada una de las bobinas del motor, para ello este controlador debe alimentarse con corriente continua de entre 24V y 48V.



**Figura 108.** Motor paso a paso Nema 17 con conjunto de piñón y corona fijada al eje motriz



**Figura 109.**Plataforma de posicionamiento montada

Para gobernar el pequeño motor NEMA 17 que produce el avance horizontal, se incluyó en primera instancia un driver TB6600, pero éste producía vibraciones en el motor a baja velocidad, por lo que se decidió

sustituirlo por otro controlador digital DM542 que ofrece un rendimiento óptimo del motor a bajas revoluciones.

Los dos sensores de ultrasonido HY-SRF05 y las dos pantallas digitales TM1637 para la medición de distancia, se alimentan y gobiernan desde la propia placa Arduino con un voltaje de 5V. Además, se incluye un zumbador activo conectado a la placa para poder emitir señales acústicas.

Por último, se incluye un módulo de comunicación inalámbrico *bluetooth* HC-06, para poder gobernar la plataforma desde cualquier dispositivo con este tipo de conexión estándar, como puede ser un ordenador portátil o un dispositivo móvil. Este módulo se alimenta con una tensión de 5V desde la propia placa Arduino y se conecta también a sus puertos serie RX y TX.

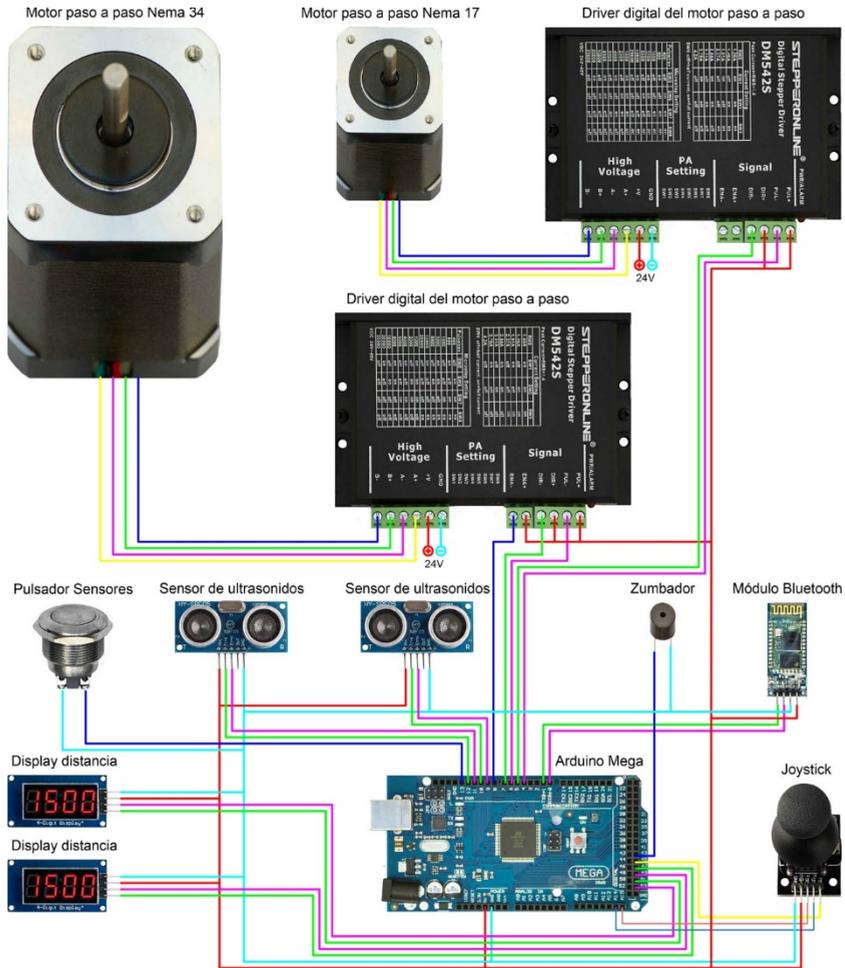
Para alimentar todos los componentes electrónicos que gobiernan la plataforma, se incluyen dos baterías AGM (*Absortion Glass Mat*) de 12 voltios y 9 amperios, que se conectan en serie para obtener una corriente de 24 voltios. Las baterías tipo AGM son muy seguras y no desprenden gases ni necesitan mantenimiento.

Las baterías se disponen sobre el chasis, protegidas dentro de sendas cajas diseñadas e impresas en 3D, que se colocan estratégicamente de forma simétrica para equilibrar el peso del conjunto y así estabilizar la plataforma de manera efectiva. Las baterías alimentan con tensión directa a 24V los drivers de los motores, que son los que requieren un mayor consumo, pero se incluye un reductor *Buck converter* DC-DC de 5 amperios para reducir el voltaje y suministrar una tensión de 7.5 voltios a la placa Arduino.

La plataforma tiene un interruptor de parada de emergencia tipo seta y cuenta con finales de carrera que detienen la plataforma antes de que esta llegue a la posición de plegado, en la que las barras podrían resultar peligrosas si alguien interpusiera alguna parte del cuerpo entre ellas.

Una vez que la plataforma se detiene en posición de semiplegado, es necesario que la persona que maneja la plataforma dé la orden expresa de plegado completo, cerciorándose de que no hay nada que pueda interponerse entre los brazos de la tijera. Una vez dada la orden, la plataforma se plegará lentamente emitiendo una señal acústica de aviso.

El desarrollo de este prototipo lleva aparejado el diseño y programación de un *software* de control, que expondremos a continuación, para gobernar la plataforma y para programar su funcionamiento, de modo que, una vez definidos los parámetros necesarios, el programa pueda calcular las posiciones y accionar la plataforma de modo inalámbrico para proceder a la captura del mosaico de fotografías.



**Figura 110.** Esquema de componentes electrónicos gobernados por la placa Arduino Mega

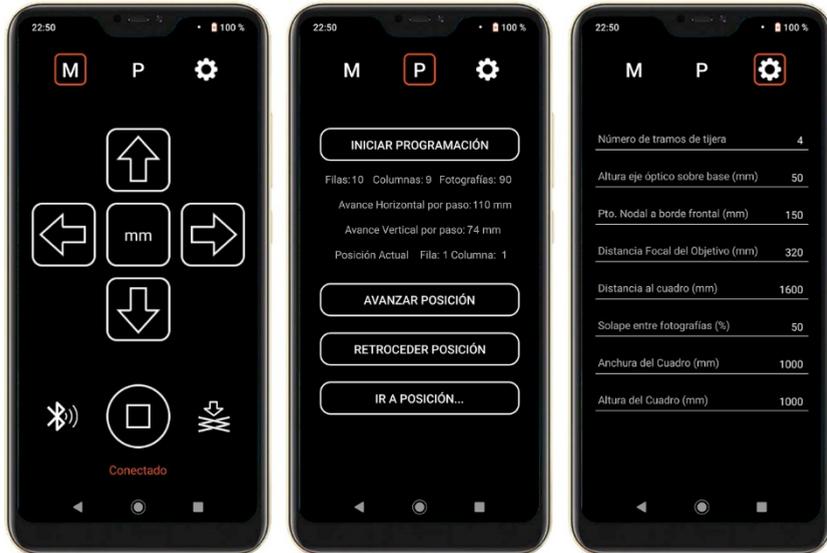
#### 4.4.1 Software de control

El *software* de control está constituido por dos módulos; por un lado, el módulo de control o emisor, que se ejecuta desde un dispositivo inalámbrico desde el que se gobierna la plataforma y, por otro lado, el módulo receptor, que se almacena compilado en la placa Arduino para accionar los periféricos y los motores de la plataforma.

Para el módulo de control se ha optado por utilizar una programación para Android, de modo que pueda ser utilizado mediante un dispositivo móvil ya sea un *smartphone* o una tableta. Este módulo emisor se ha programado

utilizando el entorno de programación Android Studio, que es el IDE oficial de la plataforma Android de uso gratuito.

La interfaz del módulo de control es muy sencilla (Figura 103), y permite tanto el control manual de la plataforma, como el control programado. Las operaciones de control manual consisten en un avance horizontal o vertical mantenido mediante pulsación, o bien por incrementos, siendo necesario en este caso introducir el valor del incremento de avance, la dirección y el sentido deseado.



**Figura 111.** Diseño de la interfaz del módulo de control. Modo de ajuste manual, programado y cuadro de opciones

El control programado sirve para que, una vez situada la plataforma en la posición de origen de captura, esquina inferior izquierda del cuadro, la plataforma vaya avanzando progresivamente mediante la pulsación de una sola tecla de avance, realizando el recorrido que permite la captura óptima de toda la superficie del cuadro. Para ello previamente, deben indicarse las dimensiones del lienzo a fotografiar.

El programa cuenta también con las opciones de paro de emergencia y también con la opción de plegado completo de la tijera, para forzar la atención del operario en esta maniobra.

Para el correcto posicionamiento de la plataforma será necesario configurar previamente algunos parámetros, por ello la aplicación contará con un apartado de configuración en donde debe introducirse la distancia focal del objetivo y el tamaño del sensor de la cámara, además del solape requerido entre fotografías para su correcta unión y la distancia existente entre la

plataforma y el cuadro. También debe indicarse la configuración de la tijera introduciendo el número de tramos y la altura del objetivo sobre la bandeja de apoyo.

Adicionalmente, el programa cuenta con un apartado de conexión que permitirá establecer la conexión inalámbrica con el módulo *bluetooth* de la plataforma.

El módulo receptor, se ha programado con el IDE de Arduino y se ha compilado y trasvasado a la memoria flash de Arduino, de modo que, cuando la plataforma se pone en marcha, ésta quede a la espera de las instrucciones de mando enviadas desde el módulo de control y actúe en consecuencia accionando los motores paso a paso. La plataforma también puede gobernarse localmente gracias a un joystick de control, que permite su posicionamiento tanto vertical como horizontal.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos encarecidamente la inestimable colaboración del Museo de Bellas Artes de Valencia, por su apoyo y el acceso a las obras, especialmente a su actual director Pablo González, así como a sus predecesores Carlos Reyero y José Ignacio Casar. También a Pilar Gramage, Ramón Martínez y Juan Toledo por su valiosa ayuda.

Igualmente queremos agradecer a la Diputación de Valencia el permiso para fotografiar algunas de sus obras de Pinazo y Sorolla, así como al Fondo de Arte de la UPV, especialmente a su directora Susana Martín, José Joaquín Lorente y Cristina Robles por su soporte y ayuda con el proyecto.

Agradecemos a Desamparados García y Desamparados Vicente, descendientes del pintor valenciano Leopoldo García Ramón, por ceder las obras para su documentación.

También queremos dar un agradecimiento especial a la profesora Elena Cabrera, de la Universidad de Cádiz, que realiza una estancia de investigación en la UPV, por su asistencia en las tareas de campo, al artista y restaurador de arte Juanma Pérez por su asesoramiento técnico y a Francisco Javier Nacher, técnico informático de la ETSA, por su apoyo técnico.

Por último, queremos agradecer especialmente al Colegio Territorial de Arquitectos de Valencia por su apoyo en la exposición de los resultados.

Este proyecto se ha financiado con ayuda a Primeros Proyectos de Investigación (PAID-06-18), Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de la Universitat Politècnica de València (UPV), Valencia, Spain.

## REFERENCIAS

Brady, D., Gehm, M., Stack, R. et al. (2012) Multiscale gigapixel photography. *Nature*, 486, 386–389. <https://doi.org/10.1038/nature11150>

Cabazos Bernal, P. M. & Cisneros Vivó, J. (2012) Fotogrametría con cámaras convencionales y *software* libre, *Revista EGA*, 20, pp. 88-99.

Cabazos Bernal, P. M. & Cisneros Vivó, J. (2016) Panoramas Esféricos Estereoscópicos, *Revista EGA*, 28, pp. 70-81.

Cabazos Bernal, P. M., Albert Ballester, J., Molina Siles, P. & Martín Fuentes, D. (2016) Filippo Fontana's quadratura painting in the Church of Santa Maria del Temple of Valencia, in Valenti, G., *Prospettive architettoniche conservazione digitale, divulgazione e studio*, Roma: Giangemi pp. 65-78

Cabazos Bernal, P. M., Albert Ballester, J., Molina Siles, P. & Martín Fuentes, D. (2017) Gigapixel panoramas for documentation, in Rossi, A., *Immersive high resolution photographs for cultural heritage*. Venecia: Libreriauniversitaria.it, pp. 43-53

Cabazos Bernal, P. M. & Rossi, A. (2017) Técnicas de musealización virtual. Los capiteles del Monasterio de San Cugat, *Revista EGA*, 29, pp. 48-57.

Conrad, J. (2004) Depth of Field in Depth. *Large Format Page* [en línea]. Disponible en: <https://www.largeformatphotography.info/articles/DoFinDepth.pdf> (recuperado: 01/03/22).

Cossairt O.S., Miao D. and Nayar, S. K. (2011) Gigapixel Computational Imaging, *IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP)*, Pittsburgh, PA, pp. 1-8.

Flint, G. (2000) *The gigapixel Project* [en línea]. Disponible en: <https://web.archive.org/web/20060719063806/http://www.gigapxl.org> (recuperado: 01/03/22).

Goldstein, D. B. (2009) Physical limits in *digital photography*. *Northlight Images*, [en línea]. Disponible en: [https://www.northlight-images.co.uk/downloadable\\_2/Physical\\_Limits\\_2.pdf](https://www.northlight-images.co.uk/downloadable_2/Physical_Limits_2.pdf) (recuperado: 01/03/22).

Kopf, J., Uyttendaele, M., Deussen, O., Cohen, M. (2007) Capturing and Viewing Gigapixel Images. *ACM Trans. Graph*, 26, 10. <https://doi.org/10.1145/1276377.1276494>.

Mann, S. (1993) Compositing multiple pictures of the same scene. In *IS&T Annual Meeting*, pp. 50-52.

Proctor, N. (2011) The Google Art Project: A new generation of museums on the web?. *The Museum Journal*, 54(2), 215-221.

Rodríguez-Navarro, P. (2012) La fotogrametría digital automatizada frente a los sistemas basados en sensores 3D activos, *Revista EGA*, 20, pp. 100-111.