

***RECONSTRUCCIÓN
DE PINTURA MURAL
MEDIANTE IMPRESIÓN
DIRECTA CON SISTEMAS
INKJET ROBOTIZADOS.***

TESIS DOCTORAL

Francisco José Blanco-Moreno Pérez

DIRIGIDA POR:

Pilar Roig Picazo

José Luis Regidor Ros

Marco Ceccarelli

MAYO 2014



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA.
FACULTAD DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS.
DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN
DE BIENES CULTURALES.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE
BIENES CULTURALES
FACULTAD DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS



RECONSTRUCCIÓN DE PINTURA MURAL MEDIANTE IMPRESIÓN DIRECTA CON SISTEMAS INKJET ROBOTIZADOS

TESIS DOCTORAL
Francisco José Blanco-Moreno Pérez

Dirigida por:
Pilar Roig Picazo
José Luis Regidor Ros
Marco Ceccarelli

Mayo 2014

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
DEPARTAMENTO DE CONSERVACIÓN Y
RESTAURACIÓN DE BIENES CULTURALES



D^a. Pilar Roig Picazo, profesora Catedrática del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universidad Politécnica de Valencia.

D. José Luis Regidor Ros, profesor contratado Doctor del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universidad Politécnica de Valencia.

D. Marco Ceccarelli, profesor Catedrático del Laboratorio de Robótica y Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cassino y del Lazio Meridional.

CERTIFICAN: que la Tesis Doctoral titulada: “Reconstrucción de pintura mural mediante impresión directa con sistemas inkjet robotizados” realizada por el Doctorando Francisco José Blanco-Moreno Pérez para optar al grado de Doctor con Mención Internacional en Ciencia y Restauración del Patrimonio Histórico, ha sido realizada bajo su dirección y reúne los requisitos suficientes para su lectura.

Y para que así conste firman este certificado en Valencia a 19 de Marzo de 2014.

Fdo.: Pilar Roig Picazo

Fdo.: José Luis Regidor Ros

Fdo.: Marco Ceccarelli

A mis padres

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	27
<i>I.- Justificación</i>	29
<i>II.- ¿Por qué impresión directa inkjet?</i>	40
OBJETIVOS Y ESTRUCTURA METODOLÓGICA	43
<i>III.- Objetivos</i>	45
<i>IV.- Metodología</i>	46
INTRODUZIONE	47
<i>I.- Giustificazione</i>	49
<i>II.- Perché stampa diretta inkjet?</i>	60
OBIETTIVI E STRUTTURA METODOLOGICA	63
<i>III.- Obiettivi</i>	65
<i>IV.- Metodologia</i>	66
1.- LOS SISTEMAS DE IMPRESIÓN INKJET	67
<i>1.1 ¿QUÉ ES UNA IMPRESORA?</i>	69
<i>1.2 IMPRESORAS INKJET</i>	70
<i>1.2.1 Impresoras de inyección continua (CIJ).</i>	72
<i>1.2.2 Impresoras de inyección bajo demanda (DOD).</i>	74
<i>1.2.2.1 Cabezales térmicos (TIJ).</i>	76
<i>1.2.2.2 Cabezales piezoeléctricos (PIJ).</i>	80
<i>1.3 TIPOS DE IMPRESORAS EN FUNCIÓN DE LOS MEDIA</i>	83
<i>1.3.1 Impresoras de base plana “Flatbed Printers”.</i>	85
<i>1.3.2 Impresoras verticales de pared “Mural Printing Machines”.</i>	88
<i>1.4 LAS TINTAS DE IMPRESIÓN</i>	89
<i>1.4.1 Tintas líquidas.</i>	91
<i>1.4.1.1 Tintas de base agua.</i>	93
<i>1.4.2 Tintas sólidas.</i>	96
<i>1.4.3 Tintas reactivas.</i>	97
<i>1.4.4 Propiedades a tener en cuenta de las tintas inkjet.</i>	97

**2.- DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PROTOTIPOS INKJET
PARA LA IMPRESIÓN DIRECTA DE SUPERFICIES MURALES** **99**

2.1 PRIMERAS EXPERIENCIAS 102

2.2 PROTOTIPOS EXPERIMENTALES DE IMPRESIÓN DIRECTA 103

 2.2.1 Prototipo flatbed con inyección orientada boca abajo. 103

 2.2.2 Prototipo flatbed con inyección orientada boca arriba. 108

 2.2.3 Prototipos con inyección orientada perpendicularmente
 al plano de impresión vertical y abovedado. 109

**3.- SOLUCIONES INKJET ROBOTIZADAS PARA LA
RECONSTRUCCIÓN DIRECTA DE PINTURA MURAL** **111**

3.1 LOS ROBOTS DE SERVICIO 114

3.2 PARÁMETROS A CONSIDERAR DE LOS SISTEMAS INKJET 118

 3.2.1 Desplazamiento de los cabezales de inyección. 118

 3.2.2 Distancia de separación entre los cabezales y el soporte. 120

 3.2.3 Orientación de los cabezales de inyección. 121

 3.2.4 Presión de inyección del cabezal. 123

 3.2.5 Adaptación de los inyectoros a la superficie mural. 124

 3.2.5.1 Influencia de la superficie mural en los resultados. 125

 3.2.6 Condiciones ambientales de trabajo. 127

3.3 DISEÑO Y SIMULACIÓN VIRTUAL DE SISTEMAS INKJET
ROBOTIZADOS PARA LA IMPRESIÓN DIRECTA DE
PINTURA MURAL 128

 3.3.1 Tipologías estructurales a tener en cuenta. 129

 3.3.2 Sistema robotizado para la reconstrucción de superficies planas. 130

 3.3.3 Sistema robotizado para la reconstrucción de superficies curvas. 131

 3.3.4 Soluciones de adaptación de los sistemas de impresión al entorno. ... 132

 3.3.4.1 Ajuste respecto al suelo. 132

 3.3.4.2 Ajuste respecto a la superficie de impresión. 134

 3.3.5 Evaluación de los sistemas de impresión robotizados. 138

 3.3.5.1 Animación virtual. 138

 3.3.5.2 Análisis del desplazamiento del sistema robotizado. 143

4.- EXPERIENCIAS CON LA IMPRESIÓN DIRECTA INKJET SOBRE SUPERFICIES MURALES

151

4.1 DIGITALIZACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE ORIGINALES	157
4.1.1 La administración del color (CMS).....	158
4.1.1.1 Hardware para la administración del color.	162
4.1.1.2 Software para la administración del color.	163
4.1.1.2.1 Calibración del monitor.	163
4.1.1.2.2 Características de los periféricos de entrada.	164
4.1.1.2.3 Características de los periféricos de salida.	165
4.1.1.3 Software específico para la administración del color.	171
4.2 ELABORACIÓN E IMPRESIÓN DE LAS PROBETAS	173
4.2.1 Configuración de las probetas murales.	173
4.2.1.1 Preparación de las probetas murales.	176
4.2.1.2 Procedimiento de impresión de las probetas murales.	177
4.2.2 Clasificación de las probetas según la metodología de reconstrucción.	180
4.2.2.1 Morteros impresos.	180
4.2.2.2 Medias específicos impresos.	181
4.2.2.3 Procedimientos de retoque manual.	181
4.2.3 Características técnicas de las superficies utilizadas.	182
4.2.3.1 Morteros.	182
4.2.3.2 Medias específicos de impresión.	185
4.3 PRUEBAS Y ESTUDIOS DE LAS IMPRESIONES REALIZADAS	188
4.3.1 Caracterización de los soportes impresos: La blancura.	192
4.3.2 Compatibilidad estética de las superficies impresas: El brillo.	197
4.3.3 Propiedades de impresión: Microscopía superficial.	201
4.3.4 Propiedades de impresión: Microscopía estratigráfica.	220
4.3.5 Propiedades de impresión: Grado de absorción.	247
4.3.6 Propiedades de impresión: Resistencia a la abrasión.	256
4.3.7 Propiedades de impresión: Resistencia a los disolventes.	261
4.3.8 Propiedades de impresión: Resistencia al envejecimiento.	265
4.3.9 Análisis de los resultados obtenidos.	269

5.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS	271
------------------------------------	------------

CONCLUSIONES	279
---------------------	------------

CONCLUSIONI	283
--------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA	287
---------------------	------------

ANEXOS	301
---------------	------------

<i>Anexo I. Glosario de terminología.</i>	<i>303</i>
<i>Anexo II. Datos de las pruebas realizadas.</i>	<i>318</i>
<i>Anexo III. Fichas técnicas de productos.</i>	<i>335</i>
<i>Anexo IV. Especificaciones técnicas de los dispositivos.</i>	<i>352</i>

RESPALDO Y PUBLICACIONES

La presente Tesis se ha podido desarrollar gracias a la Beca Predoctoral del Programa de Formación de Profesorado Universitario (FPU) (ref. AP2006-00399) concedida por el Ministerio de Educación y Ciencia.

Dicha investigación ha estado enmarcada dentro del proyecto de investigación:

- Aplicación de técnicas de diagnóstico y restauración arquitectónica-pictórica, con medios robotizados (BIA2005-09377-C03-01). Financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Duración del 31 de Diciembre de 2005 hasta el 31 de Diciembre de 2008. Investigador Principal Ignacio Bosch Reig, Catedrático de proyectos arquitectónicos de la ETSA.

Además, gracias a las ayudas para estancias en centros de investigación de prestigio que concede el Ministerio de Educación y Ciencia a los becarios que pertenecen a su Programa de Formación de Profesorado Universitario (FPU), he tenido la oportunidad de disfrutar de dos estancias breves.

Dichas estancias han sido realizadas en:

- Laboratorios de *Print Production Automation* de *Hewlett-Packard* en Palo Alto, California, EEUU. Bajo la dirección del Director del Laboratorio Gary Dispoto. Duración del 15 de Septiembre de 2008 hasta el 15 de Diciembre de 2008.
- Laboratorios de Robótica y Mecatrónica (LARM), Universidad de Ingeniería de Cassino y del Lazio Meridional bajo la dirección del Catedrático Marco Ceccarelli. Duración del 4 de Septiembre de 2009 hasta el 15 de Diciembre de 2009.

Gracias a esta última estancia, esta Tesis opta a la Mención Internacional.

Las siguientes publicaciones se realizaron durante el desarrollo de la presente Tesis.

- REGIDOR ROS, José Luis; BLANCO-MORENO PÉREZ, Francisco; VALCÁRCEL ANDRÉS, Juan; SEARAVALDÉS, Diego; OLMO BORONAT, Daniel; ABAD PEIRÓ, José. "Un sistema digital de reproducción de obras de arte aplicado a la restauración pictórica. El caso del mural de López Ruiz en el teatro Leal de La Laguna". En: *17th International Meeting on Heritage Conservation*. Castellón, Vila-real, Burriana: Ediciones Fundació La Llum de les Imatges, 2008, pp. 171-174.

- REGIDOR ROS, José Luis; ROIG PICAZO, Pilar; BLANCO-MORENO, Francisco; HERRAEZ BOQUERA, José. "Últimos avances en la restauración pictórica de los frescos de Palomino en la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia ". En: *17th International Meeting on Heritage Conservation*. Castellón, Vila-real, Burriana: Ediciones Fundació la Llum de les imatges, 2008, pp. 697-700.

- REGIDOR ROS, José Luis; VALCÁRCEL ANDRÉS, Juan; BLANCO-MORENO PÉREZ, Francisco. "Readaptación dimensional de la obra pictórica La glorificación de San Francisco de Borja a su espacio arquitectónico mediante el sistema REGIID". En: *Congreso Internacional de Restauración de pinturas sobre lienzo de grande formato*. Valencia-Gandía: Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio. Universidad Politécnica de Valencia, 2010, pp.425-437. ISBN: 978-84-8363-610-7.

RESUMEN

En los últimos años hemos vivido la aparición de nuevas tecnologías como la fotografía digital, así como los *software* y *hardware* para su tratamiento y reproducción. Estos recursos no han pasado desapercibidos para la disciplina de la restauración, introduciéndose poco a poco en algunas de sus intervenciones.

En la actualidad, estas herramientas informáticas han abierto un campo de posibilidades infinitas en la reintegración cromática y están siendo utilizadas para la manipulación y el tratamiento digital de restos originales y de sus referencias históricas. Las ventajas que ofrecen son evidentes, ya que además de poder simular y concretar previamente la reconstrucción en entornos virtuales, permiten materializarla sobre el original de forma exacta, objetiva y sin errores.

A pesar de los avances hechos hasta el momento, todavía existen algunas limitaciones en la fase de representación de la imagen impresa sobre el original. Como solución alternativa a los procedimientos actuales, esta tesis propone utilizar de forma directa los sistemas de impresión *inkjet*.

Para conseguir demostrar la viabilidad de la propuesta, se han realizado una serie de prototipos de impresión directa. A partir de estas primeras experiencias de adaptación, se han desarrollado soluciones robotizadas optimizadas que ilustran virtualmente el concepto de lo que se busca conseguir: adaptar los dispositivos de impresión a cualquier tipología de superficie para reconstruir directamente las pérdidas pictóricas de una obra.

Además, se han realizado una serie de pruebas de impresión sobre superficies murales que acreditan las ventajas de utilizar directamente los sistemas de impresión *inkjet* en la reconstrucción de originales.

RESUM

En els últims anys hem viscut l'aparició de noves tecnologies com la fotografia digital, així com els *software* i *hardware* pel seu tractament i reproducció. Aquests recursos no han passat desapercebuts per la disciplina de la restauració, introduint-se poc a poc en algunes de les seves intervencions.

En l'actualitat, aquestes eines informàtiques han obert un camp d'infinites possibilitats en la reintegració cromàtica i són utilitzades per la manipulació i el tractament digital de restes originals i de les seves referències històriques. Els avantatges que ofereixen són evidents ja que, a més de poder simular i concretar previamente la reconstrucció en entorns virtuals, permeten materialitzar-la sobre l'original de forma exacta, objectiva i sense errors.

Tot i els avenços fets fins el moment, encara existeixen algunes limitacions en la fase de representació de la imatge impresa sobre l'original. Com a solució alternativa als procediments actuals, aquesta tesi proposa utilitzar de forma directa els sistemes d'impressió *inkjet*.

Peraconseguir demostrar la viabilitat de la proposta, s'han realitzat una sèrie de prototips d'impressió directa. A partir d'aquestes primeres experiències d'adaptació, s'han desenvolupat solucions robotitzades optimitzades que il·lustren virtualment el concepte del que es vol aconseguir: adaptar els dispositius d'impressió a qualsevol tipologia de superfície per reconstruir directament les pèrdues pictòriques d'una obra.

A més a més, s'han realitzat una sèrie de proves d'impressió sobre superfícies murals que acrediten els avantatges d'utilitzar directament els sistemes d'impressió *inkjet* en la reconstrucció d'originals.

Negli ultimi anni abbiamo assistito all'apparizione di nuove tecnologie come la fotografia digitale, così come dei *software* e dell'*hardware* dedicati al suo trattamento e riproduzione. Questi nuovi strumenti non sono passati inosservati dalla disciplina del restauro, e sono stati introdotti poco a poco in alcuni dei suoi interventi.

Questi strumenti informatici hanno aperto un campo di possibilità infinite nella reintegrazione cromatica e vengono utilizzati per la manipolazione e il trattamento digitale di resti originali e dei loro riferimenti storici. I vantaggi che offrono sono evidenti, poiché oltre a poter simulare e concretizzare preventivamente la ricostruzione in ambienti virtuali, permettono di materializzarla sull'originale in modo esatto, obiettivo e senza errori.

Nonostante i progressi fatti sino ad oggi, esistono ancora alcune limitazioni nella fase di rappresentazione dell'immagine stampata sull'originale. Come soluzione alternativa ai processi attuali, questa tesi propone di utilizzare in modo diretto i sistemi di stampa *inkjet*.

Per dimostrare la fattibilità di questa proposta, sono stati realizzati una serie di prototipi di stampa diretta. A partire da queste prime esperienze di adattamento sono state sviluppate soluzioni robotizzate ottimizzate che illustrano virtualmente il concetto di ciò che si cerca di ottenere: adattare i dispositivi di stampa a qualsiasi tipo di superficie per ricostruire direttamente le perdite pittoriche di un'opera.

Inoltre, sono state realizzate una serie di prove di stampa su superfici murali che dimostrano i vantaggi di utilizzare direttamente i sistemi di stampa *inkjet* nella ricostruzione di originali.

SUMMARY

In the last few years we have seen the appearance of new technologies such as digital photography as well as developments in software and hardware. These resources have not passed unnoticed in the discipline of restoration; slowly incorporating themselves into some procedures.

Nowadays, these technological tools have opened up an area of infinite possibilities in chromatic reintegration and are being used to manipulate the digital treatments of original pieces and with it, their historical references. The advantages that they offer are clear given that, apart from being able to simulate and specify before the construction in virtual surroundings, they permit the materialization of the exact form without any errors.

Despite the advances made up until this point, there still exist some limitations in the representation of the printed form compared to the original. As an alternative solution to present processes, this thesis proposes the use of direct form of printing using the inkjet system.

To demonstrate the viability of the project, a series of prototypes of direct printing have been made. Following this first experiences of adaptation, optimised robotic solutions have been developed that illustrate the desired concept: adapting the printing devices to any type of surface to directly reconstruct the pictorial losses of any work.

Furthermore, a series of tests have been undertaken on walled surfaces that demonstrate the advantages of using the inkjet system in the reconstruction of originals.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a aquellas personas e instituciones que han participado de una u otra forma en el desarrollo de esta Tesis Doctoral y en especial a mis directores, Pilar Roig Picazo, José Luis Regidor Ros y Marco Ceccarelli, sin los cuales, esta tesis nunca hubiera visto la luz.

A los compañeros del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Facultad de BBAA de la UPV:

- A todos, por la formación ofrecida durante mi época de estudiante y en especial a Pilar Roig, José Luis Regidor, Marisa Martínez, Juan Valcárcel, Julia Osca, Mercedes Sánchez, María Antonia Zalbidea, Pilar Soriano y muchos otros. A todos, porque además de profesores, han sido fuente de inspiración para esta tesis.

Al Laboratorio Físico-Químico y Medioambiental del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV:

- A Teresa Doménech por sus clases magistrales sobre química básica y al resto del personal, porque de alguna u otra forma me brindaron su ayuda.

Al grupo de profesionales de los Laboratorios de *Print Production Automation* de *Hewlett-Packard* en Palo Alto, California, EEUU:

- A Gary Dispoto, director de los laboratorios, por su acogida que durante tres meses y de forma desinteresada, puso a mi disposición todo el personal, recursos e instalaciones de sus laboratorios para que pudiera realizar mis investigaciones.
- A Wei Koh por su amistad y paciencia para explicarme los entresijos de la gestión de color y por su tiempo.
- A Eric Hoarau por su amistad, dedicación y su gran interés en todo lo que le explicaba sobre mi “descabellado” proyecto.
- A Norma Lerma por su acogimiento y preocupación casi maternal.

Al Laboratorio de Robótica y Mecatrónica (LARM) de la Universidad de Ingeniería de Cassino (Fr) Italia:

- A Marco Ceccarelli, Giuseppe Carbone y Michela Cigola por la acogida y sus esfuerzos por guiarme en mi investigación durante los tres meses y medio de estancia.

Al Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría de la UPV:

- A José Herraiz Boquera por su labor de profesor “particular” y por la paciencia para enseñarme a utilizar los programas de georreferenciación y desproyección utilizados en el Proyecto de restauración de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia, pero sobre todo, por lo gran persona que es y su gran profesionalidad.

A la asignatura sobre “Gestión del color” del Master de Artes Gráficas de la Escuela Técnica Superior de Diseño Industrial de la UPV, Valencia:

- A Álvaro García por sus clases magistrales sobre gestión del color y porque gracias a ellas he podido arrojar algo de luz a este complejo mundo que es la administración del color.

Agradecerle también su tiempo invertido en revisar este apartado, que aunque supone una pequeña pincelada, se ha incluido para destacar la importancia que tiene gestionar el color en los procesos de reproducción digital.

Por otra parte, quiero agradecer a las personas que han estado y estarán siempre a mi lado:

A mis padres por creer en mí cuando nadie lo hacía y alentarme en todo momento a seguir luchando.

A mi hermana por transmitirme la serenidad, los consejos y la experiencia propia de una hermana mayor.

A Anna por su amor incondicional, su amistad y por su paciencia. Con ella he sido capaz de superar los momentos difíciles durante la redacción de esta tesis.

Por último, quiero agradecer al Ministerio de Educación y Ciencia la concesión de la beca predoctoral FPU de Formación de Profesorado Universitario adscrita al proyecto *Aplicación de técnicas de diagnóstico y restauración arquitectónica-pictórica, con medios robotizados* (BIA2005-09377-C03-01). Financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación. Investigador Principal Ignacio Bosch Reig, Catedrático de proyectos arquitectónicos de la ETSA.

Dicha beca me ha permitido desarrollar durante cuatro años esta investigación, brindándome además la oportunidad de realizar dos estancias breves que han servido para enriquecer aun más este trabajo.

INTRODUCCIÓN

I.- JUSTIFICACIÓN

Una de las fases más controvertidas dentro de la disciplina de la Conservación y Restauración del Patrimonio es la reconstrucción¹ cromático-figurativa de las pérdidas pictóricas. Su intervención está dirigida a restablecer la lectura y comprensión de la obra, objetivo que le otorga un protagonismo visual del que carecen otras tareas previas como la limpieza o la consolidación. Por desgracia, una actuación desafortunada de este tipo puede modificar drásticamente el aspecto de la obra. Consciente de ello, el restaurador suele mostrarse cauto a la hora de escoger y ejecutar el criterio de reconstrucción más acertado.

Una intervención de este tipo ha de ser lo más rigurosa posible, evitando introducir interpretaciones y rasgos estéticos que desvirtúen la esencia original de lo restaurado. Para lograrlo, el restaurador se basa en principios fijados por teóricos como Cesare Brandi² o Umberto Baldini (Baldini, 1997: 23-25) y en métodos como las “texturas visuales” desarrolladas por Paolo y Laura Mora³. Estos sistemas manuales utilizan elementos de abstracción como los puntos o las rayas para aplicar el color [Fig.1.1]⁴. Con estos recursos mecánicos se intenta evitar cualquier tentación de gestualidad pictórica por parte del restaurador.



Fig.1.1 Ejemplo de reconstrucción cromático-figurativa con la técnica del puntillismo.

¹ A esta fase se la denomina comúnmente como proceso de *reintegración cromática*.

² Cesare Brandi fijó los principios por los que debe regirse cualquier intervención de restauración: mínima intervención, respeto, reversibilidad y discernibilidad (Brandi, 1999: 13-17).

³ La técnica, conocida como *tratteggio*, fue ideada y desarrollada por Paolo y Laura Mora en el ICR (*Instituto Centrale del Restauro*) bajo la dirección de Cesare Brandi. Consiste en la yuxtaposición de trazos de color puro realizados a mano alzada mediante pincel. De cerca los trazos se distinguen perfectamente, pero a cierta distancia nuestro sistema de percepción los fusiona en manchas cromáticas. Este mecanismo es similar al que utilizan los sistemas de impresión.

⁴ Inmaculada Concepción de la Real Basílica de la Virgen de los desamparados de Valencia. (AAVV, 2001: 147).

La tipología de las lesiones sufridas por una obra pueden abarcar desde abrasiones superficiales hasta pérdidas que reduzcan el original a un extensión de fragmentos inconexos. Ya en su momento Brandi las definió como “...una interrupción del tejido figurativo...” (Brandi, 1999: 27).

A pesar de la prudencia y la rigurosidad del restaurador a la hora de acometer la intervención de estas pérdidas (lagunas), es inevitable que la reconstrucción se vea influenciada por aspectos tan arbitrarios y subjetivos como la experiencia y pericia manual del profesional que la ejecuta. Estas limitaciones se hacen más evidentes cuando el restaurador se enfrenta a ciclos pictóricos con porcentajes y tamaños de pérdidas que superan con creces los límites a los que está acostumbrado. En estos casos, la falta de una perspectiva general de toda la superficie puede complicar aun más la tarea de homogeneizar la intervención “en directo”. Además, si por exigencias del proyecto interviene más de una persona, es probable que las calidades de los trabajos no coincidan y se produzcan desajustes entre las propias zonas restauradas.

También hay que tener en cuenta que en los procesos manuales, la percepción del color está condicionada por la subjetividad de cada individuo y por factores externos como el tipo de iluminación. Este problema se hace patente en ambientes de andamio donde las interacciones entre luces de diferente naturaleza pueden causar cambios imprevistos en el aspecto del color (Leach, 1993: 97)⁵.

Por sus dimensiones y por su condición de arte subordinado al espacio arquitectónico que las enmarca, las pinturas murales suelen presentar los problemas mencionados, poniendo en verdaderos apuros la habilidad manual del restaurador para recuperar lo perdido.

A lo largo de la historia, el uso de referencias gráficas han facilitado al restaurador la tarea de recomponer estéticamente las pérdidas sufridas por una obra⁶. A principios del S.XIX, los grabados, dibujos y copias eran los testimonios más fieles que se podían utilizar para conseguir este objetivo. Con la aparición de la fotografía, las intervenciones hechas hasta entonces dejaron paso a recomposiciones menos interpretativas, basadas en imágenes de archivo que otorgaban al trabajo una mayor rigurosidad.

⁵ El fenómeno que define las modificaciones de aspecto de un color es el llamado *metamerismo*.

⁶ REIG BALDÓ, Sara Joana. *Fuentes gráficas del arte valenciano. Uso y aplicación para la reintegración de obras de arte*. Director: Vicente Guerola Blay. Valencia, 2009. (tesina inédita del Master de Conservación y Restauración de Bienes Culturales).

Estas referencias han sido y siguen siendo utilizadas como apoyo en la recomposición de la imagen perdida, ayudando a que la intervención del restaurador sea lo más aséptica posible [Fig.1.2]⁷.

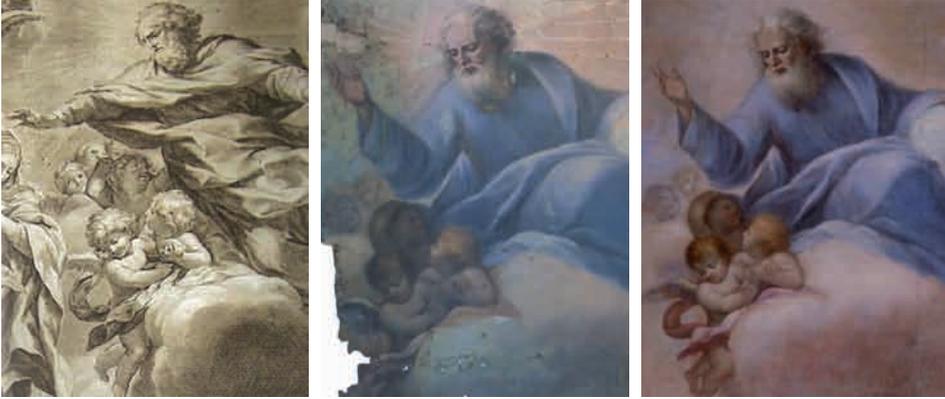


Fig.1.2 Reconstrucción basada en un grabado.

En la actualidad, la restauración se encuentra en un momento de gran evolución, tanto a nivel teórico; con el constante debate y actualización de sus criterios de intervención, como a nivel práctico; con la aceptación de conocimientos y soluciones técnicas de otras disciplinas científicas y profesionales que permiten nutrirla y reforzarla. La aparición de nuevas tecnologías como la fotografía digital, así como los *software* y *hardware* para su tratamiento y reproducción, no han pasado desapercibidos para esta disciplina.

En los últimos años, la utilización de recursos informáticos para la manipulación y el tratamiento digital de restos originales y de sus referencias históricas, han abierto un campo de posibilidades infinitas en el campo de la reintegración cromática. Las ventajas que ofrecen estas herramientas son evidentes, ya que además de poder simular y concretar previamente la reconstrucción en entornos virtuales, permiten materializarla de forma exacta, objetiva y sin errores mediante sistemas de impresión. El resultado es una reducción de la subjetividad que implícitamente posee la reintegración manual. Por otra parte, estas técnicas mantienen los requisitos exigidos a los sistemas de reintegración pictórica tradicional como el absoluto respeto al original a través de su reversibilidad, estabilidad e inocuidad.

⁷ La reconstrucción del Padre Eterno y del grupo de ángeles de la Sagrada Familia del Palacio Ducal de Gandía, está basada en un grabado que sirvió como inspiración al mismo Gaspar de la Huerta. Dicho grabado de la Inmaculada Concepción fue realizado por François Spierre sobre la composición original de Pietro da Cartona. (AAVV, 2011: 71).

Es importante advertir que estos nuevos recursos se están utilizando para dar solución a ciclos murales cuyas condiciones de conservación y porcentaje de pérdidas limitan el uso de los procedimientos tradicionales.

No obstante, aunque hay algunos ejemplos donde se han utilizado sistemas de proyección⁸, la tendencia continua siendo apreciar en conjunto el binomio establecido entre la pintura mural y el espacio que la rodea. En este sentido existen ejemplos en los que se ha hecho convivir la impresión *inkjet* con los fragmentos originales⁹, pero sin dotarla de la calidad matérica, plástica y cromática de la pintura original.

Además de estos ejemplos, la reproducción facsímil de obra pictórica sitúa a la impresión *inkjet* como la herramienta más apropiada para dar consistencia física a las reconstrucciones digitales¹⁰.

La versatilidad de esta tecnología para reproducir imágenes sobre cualquier tipo de soporte, la ha convertido en pocos años en la más extendida del mercado (Hutchings y Graham, 2013: 2). Su difusión abarca desde entornos domésticos y de oficina hasta aplicaciones en la industria gráfica de gran formato. Este auge ha obligado que evolucione a marchas forzadas, mejorando en pocos años la calidad y permanencia de sus impresiones¹¹. La introducción de tintas pigmentadas y revestimientos receptores de tinta tipo *coating*, han permitido que ésta tecnología supere el obstáculo de la escasa estabilidad que presentaba en sus inicios. En la actualidad, una imagen impresa con estos medios puede alcanzar esperanzas de permanencia próximas al centenar de años; en ambientes controlados, y cercanas al lustro; en exteriores no muy extremos. Con estas cifras la estabilidad ya no es un problema, convirtiéndose en una técnica de reconstrucción tan apta como las utilizadas hasta la fecha.

⁸ Pinturas murales de Hans Ritter (S.XVI) en la mansión Broemserhof en Ruedesheim. Más información en: "Virtual reintegration of renaissance mural paintings". Revista: e-conservation, 2010. N° 15, pp. 13-14. [Sitio web]. [Consulta: 3 de Marzo de 2011]. Disponible en: <http://www.e-conservationline.com/content/view/908>.

⁹ Utilizada en la presentación de los restos de los frescos de Andrea Mantegna de la capilla Ovetari (Nicoló, Spiazzi y Domenico, 2006) y como apoyo en las labores de reconocimiento de fragmentos en los frescos de la Basílica de San Francisco de Asís. (Basile, 2007).

¹⁰ La empresa Factum Arte adaptó una impresora *flatbed* para reproducir directamente sobre soporte de escayola una replica exacta de la Tumba de Seti. Extraído de: "Work on the facsimile of Tutankhamun". FACTUMarte. [Sitio web]. Madrid: 2009-2012. [Consulta: 6 de Junio de 2011]. Disponible en: <http://www.factum-arte.com>, ruta: *Conservation*.

¹¹ Estudios independientes de permanencia y estabilidad de impresiones *inkjet*. En: "Wilhelm Imaging Research". [Sitio web]. [Consulta: 23 de Julio de 2011]. Disponible en: <http://www.wilhelm-research.com/>.

El Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de la Universidad Politécnica de Valencia (CRBC) y el Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio (IRP), han sido pioneros en el desarrollo y puesta en práctica de procedimientos informatizados de tratamiento digital, cuya aplicación permite conjugar la información obtenida del estado actual de una obra con el material gráfico histórico anterior a su deterioro. El resultado son reconstrucciones virtuales generadas por ordenador reproducidas mediante sistemas de impresión *inkjet* sobre soportes intermedios que hacen posible su convivencia con el original.

La apuesta por la utilización de este tipo de soluciones, tiene su origen en el seno de diferentes proyectos concedidos a lo largo de estos años al equipo investigador¹² dirigido por la Dra. Pilar Roig.

El objetivo final de los siguientes proyectos fue *Llegar a establecer una propuesta de intervención que recupere el ambiente Pictórico-Arquitectónico de la bóveda de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia.*

Los proyectos concedidos con este propósito fueron¹³:

- *Recomposición de una pintura mural mediante tratamiento informatizado de la imagen, basado en un investigación de su estado primitivo y actual. Aplicación a un problema real.*
(PAT_91-0372) con vigencia de 1991 a 1993.
- *Restitución digital de pintura mural: concreción de la hipótesis plástica a escala natural 1/1. Desarrollo de técnicas de transferencia de la imagen a soporte estable: su aplicación a la bóveda de Santos Juanes.*
(SEC94-0549) con vigencia de 1994 a 1997.
- *Tratamiento digital de imágenes transferidas a un soporte estable, como base de la restauración de las pinturas murales al fresco de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia.*
(PB 96-1061) con vigencia de 1997 a 2000.

¹² Este grupo investigador dirigido por la Dra. Pilar Roig y coordinado por el Dr. Ignacio Bosch, esta formado por un amplio equipo interdisciplinar perteneciente a distintas ramas profesionales relacionadas con la Conservación y Restauración del Patrimonio.

¹³ Los tres proyectos de I+D+i fueron concedidos por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología dentro del Plan Nacional de Investigación y Desarrollo. Siendo la IP de los tres proyectos Pilar Roig Picazo.

Gracias a los proyectos anteriores, a estas primeras investigaciones (Regidor *et al.*, 2008: 33) (Regidor, 2004: 1005) y a tesis como la presentada por Mercedes Sánchez Pons¹⁴ y José Luis Regidor Ros¹⁵, el procedimiento fue adquiriendo cuerpo, hasta llegar a ponerse en práctica de forma sistematizada en la recuperación de la imagen parcialmente destruida de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia.

Como apoyo a esta novedosa intervención, en la que colaboraron empresas como *Arsus Paper*¹⁶ y *Hewlett-Packard*, fueron concedidos al equipo encabezado por José Luis Regidor Ros dos proyectos bajo el título¹⁷:

- *Estudio de sistemas de transferencia y soportes temporales de impresiones inkjet con tintas pigmentadas UV sobre superficies murales*. Con vigencia de 2007 a 2009.

Basándose en las experiencias adquiridas en el proyecto de los Santos Juanes, el equipo logró aplicar con éxito el sistema de reconstrucción en otros casos similares donde las dimensiones de las pérdidas hacían inviable una intervención manual¹⁸.

Tras el grado de perfeccionamiento conseguido en los últimos trabajos, el procedimiento fue acuñado bajo las siglas **REGIID**.

¹⁴ En su Tesis Doctoral hace un primer acercamiento a los sistemas de impresión y a las ventajas de reconstruir con ellos pinturas murales (Sánchez, 2002: 160-192). En sus conclusiones se vislumbra la necesidad de un procedimiento que permita materializar las recreaciones virtuales sin alterar la estética de la pintura y sin poner en riesgo su conservación (Sánchez, 2002: 189).

¹⁵ Su Tesis Doctoral se centra en la viabilidad de los dispositivos de impresión *inkjet* como sistemas de reconstrucción de faltantes. Algunas de las pruebas son realizadas imprimiendo directamente superficies murales al seco (Regidor, 2003: 164). La conclusión es que las mejores tintas son las de base agua pigmentadas, ya que además de ser muy resistentes a la decoloración, dejan transpirar al muro (Regidor, 2003: 263).

Con esta Tesis surge junto a *Arsuspaper*[®] la necesidad de fabricar un soporte capaz de transferir únicamente la tinta impresa sin dejar ningún otro tipo de rastro o sustancia sobre el muro. El soporte temporal de transferencia es el llamado *Papelgel*[®].

¹⁶ Empresa catalana dedicada a la reproducción de obras de arte que desarrolló el soporte *Papelgel*[®] utilizado para transferir la imagen reconstruida virtualmente sobre las pérdidas de las pinturas murales de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia.

Más información en: ARSUS Paper. [Sitio web]. [Consulta: 7 de Junio de 2011]. Disponible en: <http://www.arsuspaper.com/>, ruta: Restauración de pintura mural, Santos Juanes.

¹⁷ Los proyectos fueron concedidos por el Vicerrectorado de Desarrollo e Innovación de la UPV (Paid-06-06-4722) y por Conselleria d'Empresa, Universitat i Ciència (gv/2007/208).

¹⁸ Dichos proyectos se presentan en este mismo apartado [Pag.37 a Pag.39].

Este acrónimo surge de los términos *Reconstrucción Estética Generada por Imagen Impresa Digital* y engloba todos aquellos procesos de presentación y reintegración pictórica de obras de arte basados en imágenes fotográficas digitalizadas. Estas imágenes conviven con la obra real una vez son tratadas y transformadas en realidades físicas tras su proceso de impresión.

Por tanto, la reconstrucción de pérdidas con medios de impresión, se presenta como una alternativa objetiva para casos donde la extensión de las pérdidas, puede poner en un compromiso la manualidad de los procedimientos tradicionales. Podríamos decir que el sistema se centra en completar rigurosamente la imagen perdida y no en emular el carácter de la pintura original.

Este objetivo se apoya en dos realidades:

- La fuerza de la imagen fotográfica como el acercamiento más fiel del original que podemos conseguir.
- Los avances tecnológicos desarrollados en los últimos años que permiten tratar y reproducir fielmente estas referencias fotográficas.

Este proceso de reconstrucción digital se compone de las siguientes fases:

- 1ª *Obtención de referencias gráficas, colorimétricas y geométricas del estado actual de la obra y de sus testimonios históricos.*
- 2ª *Tratamiento informático de las referencias para generar la reconstrucción virtual más adecuada.*
- 3ª *Reproducción de la reconstrucción con sistemas de impresión.*

Solucionado el sistema a través del cual la imagen virtual se convertirá en una imagen física, el último problema a resolver es la forma de hacer convivir la impresión con los fragmentos originales sin que esto afecte a la conservación o la estética del original (Delhom y Regidor, 2008: 129).

Para que una imagen impresa coexista sin disonancias con la obra pictórica real, es fundamental que la primera adopte la materialidad de la segunda. Si se trata de un óleo a reconstruir, la impresión deberá transmitir la sensación de plasticidad, textura o brillo de este material; si por el contrario es un fresco, la impresión deberá adaptarse al entorno mate o ligeramente satinado de la pintura mineral. No obstante, sobra decir que esta compatibilidad estética deberá estar ligada a los principios básicos de: respeto, reversibilidad y discernibilidad.

Hasta el momento, la única forma de llevar la reconstrucción virtual de la impresora a la superficie de un original es mediante soportes intermedios. Según las necesidades de la obra, los soportes utilizados son de tipo:

- Permanente (*medias* específicos de impresión injertados)

Estos son utilizados cuando se requiere que la imagen impresa tenga características matéricas similares a las del original y no haya riesgo de comprometer alguna de sus propiedades como la transpiración. Las pinturas sobre lienzo o *marouflage* son uno de esos casos en los que se pueden injertar *medias* específicos de impresora como los de tipo *canvas*.

En esta línea, dos de los proyectos más destacados llevados a cabo por el *IRP* de la *UPV* han sido:

- *Reintegración pictórica de los lienzos murales de Lopez Ruiz en el techo del patio de butacas del teatro Leal de la Laguna [Pag.37].*
- *Readaptación dimensional de la obra pictórica La Glorificación de San Francisco de Borja mediante el sistema REGIID [Pag.38].*

- Temporal (sistemas de transferencia como el *Papelge*®)

Por otro lado, cuando la estabilidad de la superficie original depende de su porosidad, es imprescindible utilizar soportes que permitan transferir únicamente la tinta de impresión. Un ejemplo de este tipo de superficies son las pinturas murales al fresco.

Para solucionar los problemas que plantean este tipo de pinturas, la empresa *Arsuspaper* conjuntamente con el *IRP*, ha desarrollado un soporte temporal capaz de llevar la imagen virtual de la impresora al muro sin dejar sustancias que puedan alterar desde aspectos estéticos; como el brillo, hasta los puramente físicos; como la transpiración del mortero. Además, el procedimiento utilizado de transferencia por fragmentos, junto a sus capacidades de adaptación, permiten a este novedoso material librar irregularidades que con otros sistemas sería imposible superar.

En esta línea el proyecto llevado a cabo por el *CRBC* de la *UPV* ha sido:

- *Restauración pictórica de los frescos de Palomino presentes en la bóveda de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia [Pag.39].*

Reintegración pictórica de los lienzos murales de Lopez Ruiz en el techo del patio de butacas del teatro Leal de la Laguna [Fig.1.3 a Fig.1.6].

Tipo de obra:	Marouflage, técnica al óleo.
Dimensiones:	Techo de 100m ² / Porcentaje conservado de original 20%.
Referencias de partida:	Fotografía realizada tras la restauración sufrida en 1988.
Criterio de reconstrucción:	Reubicación de los fragmentos recuperados en su disposición original sobre un fondo generado por ordenador mediante <i>Photoshop</i> [®] .
Sistema de reproducción:	Impresora <i>inkjet HP Designjet Z3200 Photo</i> . Tintas <i>Vivera</i> [®] .
Soporte:	<i>Media HP Universal Matte Canvas 350g/m²</i> . Injertado en la obra.
Publicaciones:	(Regidor <i>et al.</i> , 2008: 171)



Fig.1.3 Reconstrucción virtual con originales.



Fig.1.4 Impresión del fondo.



Fig.1.5 Adhesión del fondo impreso al techo.



Fig.1.6 Adhesión de originales sobre el fondo.

Readaptación dimensional de la obra pictórica *La Glorificación de San Francisco de Borja* mediante el sistema REGIID [Fig.I.7 a Fig.I.10].

Tipo de obra:	Lienzo, técnica al óleo.
Dimensiones:	Cuadro: 32m ² . Perímetro: 2 lados de 4x0,3 m y 2 lados de 8x0,3 m
Referencias de partida:	Perímetro original y recrecido a sustituir.
Criterio de reconstrucción:	Redimensionado perimetral de la obra. Reconstrucción generada por ordenador mediante <i>Photoshop</i> [®] .
Sistema de reproducción:	Impresora <i>inkjet HP Designjet Z3200 Photo</i> . Tintas <i>Vivera</i> [®] .
Soporte:	Media <i>HP Universal Matte Canvas 350g/m²</i> . Injertado en la obra.
Publicaciones:	(Valcárcel, Regidor y Blanco-Moreno, 2009: 169) (Regidor, Valcárcel y Blanco-Moreno, 2010: 425)

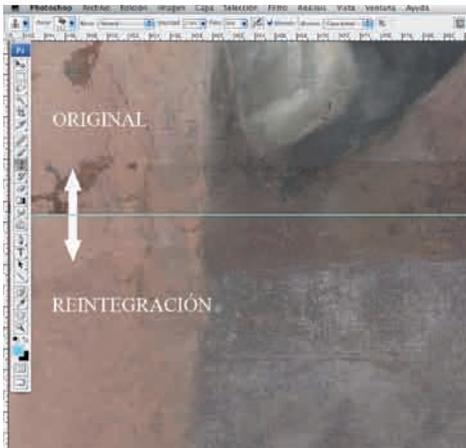


Fig.I.7 Reconstrucción virtual del perímetro.



Fig.I.8 Impresión del perímetro.

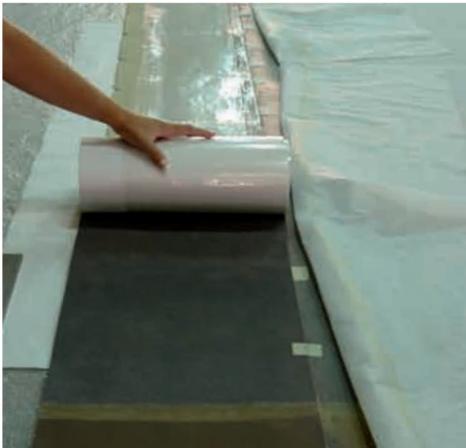


Fig.I.9 Adhesión del perímetro a la obra.



Fig.I.10 Aspecto final de la obra (fragmento).

Restauración pictórica de los frescos de Palomino presentes en la bóveda de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia [Fig.I.11 a Fig.I.14].

Tipo de obra:	<i>Pintura mural, técnica al fresco.</i>
Dimensiones:	En torno a 200m ² / Porcentaje conservado de original 30%.
Referencias de partida:	Fotografía en B&N realizada antes de su incendio y originales.
Criterio de reconstrucción:	Transferencia de la reconstrucción virtual generada a partir de la imagen en B&N coloreada por ordenador mediante <i>Photoshop</i> [®] .
Sistema de reproducción:	Impresora <i>inkjet HP Designjet 5000 Photo y Z3100</i> . Tintas UV.
Soporte:	Sistema de transferencia <i>Papelgel</i> [®] de la empresa ARSUS Paper.
Publicaciones:	(Roig y Bosch, 1991: 45) (Roig y Bosch, 1992: 255) (Roig <i>et al.</i> , 1994: 1405) (Roig, 1999: 18) (Sanchez y Regidor, 2004: 281) (Sanchez, Roig y Zalbidea, 2005: 1073) (Regidor <i>et al.</i> , 2006: 45) (AAVV, 2006: 1699) (Regidor <i>et al.</i> , 2007: 31) (Regidor <i>et al.</i> , 2008: 697) (Roig, 2009: 80)



Fig.I.11 Reconstrucción impresa en *Papelgel*[®].



Fig.I.12 Transferencia de la imagen.



Fig.I.13 Imagen transferida en el mortero.



Fig.I.14 Aspecto de la bóveda reconstruida.

II.- ¿POR QUÉ IMPRESIÓN DIRECTA INKJET?

Está claro que la impresión directa no es estrictamente necesaria si la obra permite injertar *medias* convencionales de impresión, pero cuando nos enfrentamos a pinturas murales al fresco, la única forma de conservar las características físicas de la superficie es mediante los actuales sistemas de transferencia. El inconveniente de estas soluciones es que el resto de parámetros que aseguran una impresión de calidad se ven afectados, obteniéndose imágenes poco definidas y dificultando procesos claves como la gestión del color.

Indudablemente, la forma ideal de reproducir una reconstrucción virtual con medios de impresión sería utilizándolos de forma directa sin tener que depender de intermediarios entre el cabezal y el soporte final. Esto permitiría que la tinta expulsada por la impresora se fijara directamente sobre la superficie de la laguna, evitándose los tediosos procesos intermedios de inserción o transferencia que requieren un gran despliegue de recursos materiales y de personal cualificado.

Aunque utilizar una impresora para reconstruir superficies murales complejas pueda parecer una idea descabellada, existen ya en el mercado dispositivos *inkjet* capaces de imprimir directamente adaptándose a soportes con diferencias volumétricas de más de 40cm¹⁹. No obstante, actualmente no existe ningún sistema que pueda imprimir ajustándose a las morfologías arquitectónicas más habituales en pintura mural.

Pero si ya existe la posibilidad de transferir la imagen impresa mediante soportes adaptables a la superficie mural, ¿qué sentido tiene plantearse utilizar los sistemas de impresión de forma directa?.

Dejando a un lado ventajas como reducción de tiempo de reproducción o precisión de encaje respecto a las lagunas, lo que realmente justifica la impresión directa es el hecho de considerar al revoque como si de un *media* convencional de impresión se tratase. Esto nos permite prescindir de soportes intermedios que puedan alterar propiedades como la definición de las gotas o la gama cromática, facilitándonos gestionar sobre la superficie mural procesos tan importantes como la administración del color. Esto es imprescindible cuando se requiere que el color de lo reproducido se ajuste perfectamente al del original²⁰.

¹⁹ En el capítulo 1 se muestran este tipo de dispositivos de impresión [Pag.88].

²⁰ En el punto 4.1 del capítulo 4 se explica la importancia de la administración del color [Pag.157].

Otra de las ventajas de la impresión directa es la posibilidad de hacerlo cuando la superficie mural está todavía fresca. Esta opción es inviable para la transferencia de la imagen por contacto, y nos ofrece la posibilidad de obtener, con procesos como la carbonatación, niveles de fijación de la tinta similares a los de una pintura al fresco²¹.

Las ventajas de la propuesta frente a las soluciones actuales son claras:

- Mayor rapidez de ejecución al realizar directamente la impresión sobre el muro.
- Simplificación del proceso al evitar las fases intermedias entre la impresora y el soporte definitivo.
- Sistematización, planificación y encaje de la reconstrucción con el original.
- Mayor control del color reproducido al permitir imprimir y leer directamente sobre el mortero las paletas de colores (*targets*), imprescindibles para la creación de perfiles *icc*.
- Control de la densidad de tinta inyectada.
- Reducción de costes al evitar la utilización de soportes permanentes o temporales.

Por último, apuntar que una vez resuelto el problema de la implantación del sistema en el campo mural, el mismo dispositivo podría ser aprovechado para la reconstrucción de obras en áreas como el lienzo, la escultura o la cerámica.

²¹ En el punto 4.3 del capítulo 4 se muestran las diferencias de imprimir un mismo mortero al fresco y al seco [Pag.204].

*OBJETIVOS Y
ESTRUCTURA METODOLÓGICA*

III.- OBJETIVOS

El reto propuesto por esta tesis surge teniendo presente los principios de respeto, reconocimiento y reversibilidad en los que se basa la conservación y restauración del patrimonio, intentando dentro del marco de estas exigencias, aportar una nueva solución de reintegración mural basada en el uso consciente de las nuevas tecnologías *inkjet*.

A pesar de lo novedoso y cuestionable que pueda parecer el procedimiento, su intención no es reemplazar los procesos manuales utilizados hasta la fecha, sino que pretende servir como una herramienta más de trabajo para sistematizar y hacer más objetivo los actuales procedimientos de reconstrucción digital.

El objetivo principal de este trabajo es:

Utilizar los sistemas de impresión inkjet para reconstruir directamente las pérdidas de las pinturas murales.

En esta tesis se intenta certificar la viabilidad de esta propuesta, derivándose del trabajo realizado los siguientes objetivos:

- Contribuir a que la impresión *inkjet* sea aceptada como sistema de reintegración mural.
- Fomentar el uso de la imagen digital impresa como herramienta objetiva de retoque pictórico.
- Confirmar la compatibilidad de los sistema de impresión *inkjet* con el entorno mural y la viabilidad de su aplicación.
- Establecer una metodología de impresión que mejore las alternativas actuales de reproducción digital.
- Estudiar el comportamiento de las distintas superficies murales como soporte de impresión directa y determinar las diferencias entre reconstruirlas al fresco o al seco.

VI.- METODOLOGÍA

La estructura metodológica de esta memoria de tesis se concentra en dos grandes apartados con sus áreas de trabajo correspondientes:

1ª Parte.

Antecedentes del uso de impresoras en el campo de la restauración, aspectos técnicos de estos dispositivos y estudio de su aplicación directa en pintura mural mediante prototipos reales y simulados.

- Presentación de los avances hechos en el campo de la reconstrucción digital y cuales son sus limitaciones actuales.
- Repaso de los sistemas de impresión digital desde sus orígenes hasta nuestro días, centrandó la revisión histórica en la evolución sufrida por estos dispositivos y en las aplicaciones que nos ofrece actualmente la tecnología *inkjet*.
- Estudio del funcionamiento de estos dispositivos y fabricación de un prototipo que permita realizar pruebas de impresión sobre superficies murales.
- Diseño, simulación y estudio virtual de un prototipo robotizado que permita adaptar los sistemas de impresión *inkjet* a superficies murales complejas para desarrollar labores de reintegración.

2ª Parte.

Experimentación en laboratorio para verificar la viabilidad de la impresión directa con prototipos de fabricación propia partiendo de un sistema *inkjet* comercial.

- Proceso de selección de las superficies murales y fabricación de las probetas.
- Descripción del proceso necesario para realizar una correcta gestión del color.
- Pruebas de laboratorio para demostrar la viabilidad de imprimir sobre morteros y comprobar las diferencias respecto a los *medias* específicos.
- Discusión de resultados y conclusiones generales.

INTRODUZIONE

I.- GIUSTIFICAZIONE

Una delle fasi più controverse all'interno della disciplina della Conservazione e Restauro del Patrimonio è quella della ricostruzione¹ cromatico-figurativa delle perdite pittoriche. Il suo intervento è volto a ristabilire la lettura e la comprensione dell'opera, obiettivo che le concede un protagonismo visivo del quale non godono altre fasi preve come la pulizia e la consolidazione. Purtroppo, un intervento infelice di questo tipo può modificare drasticamente l'aspetto dell'opera. Cosciente di questo aspetto, il restauratore suole mostrarsi cauto nello scegliere ed eseguire il tipo di ricostruzione più adeguato.

Un intervento di questo tipo deve essere il più rigoroso possibile, bisogna evitare di introdurre interpretazioni e tratti estetici che possano snaturare l'essenza originale dell'opera restaurata. Per riuscirci, il restauratore si basa su principi fissati da teorici come Cesare Brandi² o Umberto Baldini (Baldini, 1997: 23-25) e su metodi come le "textures vivas" sviluppati da Paolo e Laura Mora³. Questi sistemi manuali utilizzano elementi di astrazione come i punti o le righe per applicare il colore [Fig.1.1]⁴. Attraverso queste risorse meccaniche si cerca di evitare ogni tentazione di gestualità pittorica da parte del restauratore.



Fig.1.1 Esempio di ricostruzione cromatico-figurativa con la tecnica del puntinismo.

¹ Questa fase viene comunemente denominata come processo di *reintegrazione cromatica*.

² Cesare Brandi ha fissato i principi sui quali deve reggersi qualsiasi intervento di restauro: minimo intervento, rispetto, reversibilità e discernibilità (Brandi, 1999: 13-17).

³ La tecnica, conosciuta come tratteggio, è stata ideata e sviluppata da Paolo e Laura Mora all'ICR (*Istituto Centrale del Restauro*) sotto la direzione di Cesare Brandi. Consiste nella giustapposizione di tratti di colore puro realizzati a mano alzata mediante pennello. Da vicino i tratti si distinguono perfettamente, ma a una certa distanza il nostro sistema di percezione li fonde in macchie cromatiche. Questo meccanismo è simile a quello che utilizzano i sistemi di stampa.

⁴ Immacolata Concezione della Real Basílica de la Virgen de los desamparados di Valencia. (AAVV, 2001: 147).

La tipologia delle lesioni subite da un'opera può spaziare da abrasioni superficiali sino a perdite che riducono l'originale a un insieme di frammenti sconnessi. Brandi le ha definite come “...un'interruzione del tessuto figurativo...” (Brandi, 1999: 27).

Nonostante la prudenza e il rigore che il restauratore mette nell'intervenire su queste perdite (lacune), è inevitabile che la ricostruzione venga influenzata da aspetti arbitrari e soggettivi come l'esperienza e la perizia manuale del professionista che la esegue. Questi limiti si fanno maggiormente evidenti quando il restauratore affronta cicli pittorici con percentuali e grandezze di perdite che superano di molto i limiti ai quali è abituato. In questi casi, la mancanza di una prospettiva generale di tutta la superficie può complicare ancor più il compito di omogeneizzare l'intervento “in diretta”. Inoltre, se per esigenze del progetto interviene più di una persona, è probabile che la qualità dei lavori non sia uniforme e si producano disallineamenti tra le varie zone restaurate.

Bisogna inoltre tenere in conto che nei processi manuali la percezione del colore è condizionata dalla soggettività di ciascun individuo e da fattori esterni come il tipo di illuminazione. Questo problema si rende evidente in ambienti di ponteggio dove le interazioni tra luci di diversa natura possono causare cambiamenti imprevisi nell'aspetto del colore. (Leach, 1993: 97)⁵.

Per le loro dimensioni e la loro condizione di arte subordinata allo spazio architettonico che le racchiude, le pitture murali sono solite presentare i problemi menzionati, e mettono duramente alla prova l'abilità manuale del restauratore che si occupa di recuperare ciò che è andato perduto.

Nel corso della storia, l'uso di riferimenti grafici ha facilitato al restauratore il compito di ricomporre esteticamente le perdite sofferte da un'opera⁶. All'inizio del XIX secolo incisioni, disegni e copie erano le testimonianze più fedeli che si potessero utilizzare per raggiungere questo obiettivo. Con l'avvento della fotografia gli interventi fatti sino ad allora lasciarono il passo a ricomposizioni meno interpretative, basate in immagini di archivio che conferivano al lavoro un maggior rigore.

⁵ Il fenomeno che definisce le modificazioni di aspetto di un colore è chiamato *metamerismo*.

⁶ REIG BALDÓ, Sara Joana. *Fuentes gráficas del arte valenciano. Uso y aplicación para la reintegración de obras de arte*. Director: Vicente Guerola Blay. Valencia, 2009. (Tesi inedita del Master di Conservazione e Restauro dei Beni Culturali).

Questi riferimenti sono stati usati e vengono usati ancora oggi come ausilio nella ricomposizione dell'immagine perduta, in modo che l'intervento del restauratore sia il più asettico possibile. [Fig.1.2]⁷.

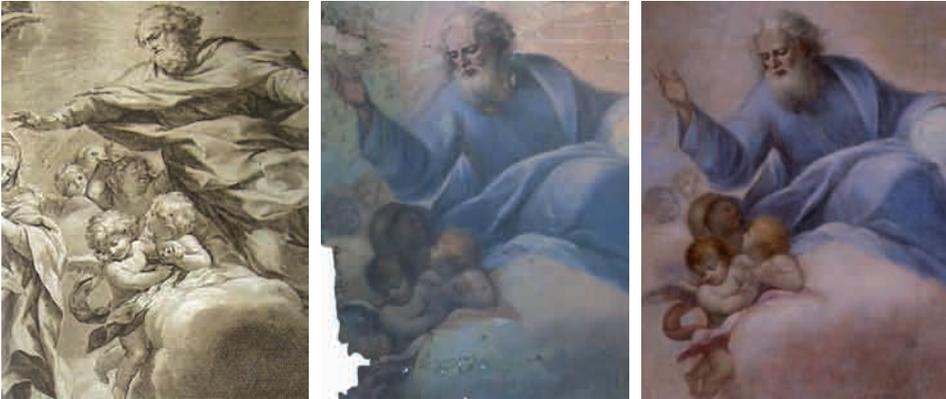


Fig.1.2 Ricostruzione basata su un'incisione.

Attualmente, il restauro si trova in un momento di grande evoluzione, tanto a livello teorico; con il costante dibattito e attualizzazione dei suoi criteri di intervento, come a livello pratico; con l'accettazione di conoscenze e soluzioni tecniche di altre discipline scientifiche e professionali che permettono nutrirla e rafforzarla. L'apparizione di nuove tecnologie come la fotografia digitale, così come i *software* e l'*hardware* per il suo trattamento e riproduzione, non sono passati inosservati da questa disciplina.

Negli ultimi anni, l'utilizzazione di risorse informatiche per la manipolazione e il trattamento digitale di resti originali e dei loro riferimenti storici, hanno aperto un orizzonte di possibilità infinite nel campo della reintegrazione cromatica. I vantaggi offerti da questi strumenti sono evidenti, poiché oltre a poter simulare e valutare previamente la ricostruzione in ambienti virtuali, permettono di materializzarla in modo esatto, obiettivo e senza errori grazie a sistemi di stampa. Il risultato è una riduzione della soggettività della reintegrazione manuale. D'altra parte, queste tecniche mantengono i requisiti richiesti ai sistemi di reintegrazione pittorica tradizionale come l'assoluto rispetto dell'originale attraverso la sua reversibilità, stabilità e innocuità.

⁷ La ricostruzione del Padre Eterno e del gruppo di angeli della Sagrada Familia del Palazzo Ducale di Gandia è basata su un'incisione che ha fatto da ispirazione allo stesso Gaspar de la Huerta. Detta incisione dell'Immacolata Concezione è stata realizzata da François Spierre sulla composizione originale di Pietro da Cartona. (AAVV, 2011: 71).

E' importante sottolineare come questi nuovi strumenti si stanno impiegando per dare soluzione a cicli murali le cui condizioni di conservazione e la cui percentuale di perdite limitano l'uso dei procedimenti tradizionali.

Nonostante ci siano alcuni esempi di utilizzo di sistemi di proiezione⁸, la tendenza continua ad essere l'apprezzare nell'insieme il binomio stabilito tra la pittura murale e lo spazio che la circonda. In questo senso esistono esempi in cui la stampa *inkjet* convive con i frammenti originali⁹, ma priva della qualità materica, plastica e cromatica della pittura originale.

Oltre a questi esempi, la riproduzione facsimile dell'opera pittorica denota la stampa *inkjet* come lo strumento più appropriato per dare consistenza fisica alle ricostruzioni digitali¹⁰.

La versatilità di questa tecnologia che permette di riprodurre immagini su qualsiasi tipo di supporto, l'ha resa in pochi anni la più diffusa sul mercato (Hutchings y Graham, 2013: 2). La sua diffusione va dall'uso un ambiente domestico e d'ufficio sino al suo impiego nell'industria grafica di grande formato. Questo auge ha fatto sí che la sua evoluzione proceda a marce forzate, e in pochi anni è migliorata la qualità e la durata della stampa¹¹. L'introduzione di inchiostri pigmentati e rivestimenti ricettori d'inchiostro tipo coating, hanno permesso che questa tecnologia superi l'ostacolo della scarsa stabilità che presentava ai suoi inizi. Attualmente un'immagine stampata con questi mezzi ha una speranza di permanenza vicina al centinaio d'anni in ambienti controllati, e vicini al lustro in esterni in condizioni non estreme. Con tali cifre la stabilità non è più un problema, e la stampa è quindi diventata una tecnica di ricostruzione valida quanto tutte le altre utilizzate sino ad oggi.

⁸ Pitture murali di Hans Ritter (S.XVI) nella residenza Broemserhof en Ruedesheim. Vedi anche: "Virtual reintegration of renaissance mural paintings". Revista: e-conservation, 2010. N° 15, pp. 13-14. [website]. [Recuperati: 3 di Marzo di 2011]. Disponibile in: <http://www.e-conservationline.com/content/view/908>.

⁹ Utilizzata nella presentazione dei resti degli affreschi di Andrea Mantegna della cappella Ovetari (Nicoló, Spiazzi y Domenico, 2006) e come appoggio nella fase di riconoscimento dei frammenti negli affreschi della Basilica di San Francesco di Assisi. (Basile, 2007).

¹⁰ L'azienda Factum Arte ha adattato una stampante *flatbed* per riprodurre direttamente su un supporto di gesso una replica esatta della Tomba di Seti. Vedi anche: "Work on the facsimile of Tutankhamun". FACTUMarte. [website]. Madrid: 2009-2012. [Recuperati: 6 di Giugno di 2011]. Disponibile in: <http://www.factum-arte.com>, rotta: *Conservation*.

¹¹ Studi indipendenti di durabilità e stabilità delle stampe *inkjet*. Vedi anche: "Wilhelm Imaging Research". [website]. [Recuperati: 23 di Luglio di 2011]. Disponibile in: <http://www.wilhelm-research.com/>.

Il Dipartimento di Conservazione e Restauro dei Beni Culturali dell'Università Politécnica di Valencia (*CRBC*) e l'Istituto Universitario di Restauro del Patrimonio (*IRP*) sono stati pionieri nello sviluppo e la messa in opera di procedimenti informatizzati di trattamento digitale, la cui applicazione permette coniugare l'informazione ottenuta dallo stato attuale di un'opera con il materiale grafico storico anteriore al suo deterioramento. I risultati sono ricostruzioni virtuali generate da computer riprodotte mediante sistemi di stampa inkjet su supporti intermedi che rendono possibile la loro convivenza con l'originale.

La scommessa sull'utilizzazione di questo tipo di soluzioni ha la sua origine nel seno di differenti progetti concessi nel corso di questi anni al gruppo di ricerca¹² diretto dalla Dra. Pilar Roig.

L'obiettivo finale dei progetti seguenti è stato Giungere a formulare una proposta di intervento di recupero dell'ambiente *Pittorico-Architettonico della volta della chiesa dei Santos Juanes di Valencia*.

I progetti concessi con questo scopo sono stati¹³:

- *Ricomposizione di una pittura murale mediante trattamento informatizzato dell'immagine, basato su un'analisi del suo stato primitivo e attuale. Applicazione a un problema reale.*
(PAT_91-0372) dal 1991 al 1993.
- *Restituzione digitale di pittura murale: concrezione dell'ipotesi plastica a scala naturale 1/1. Sviluppo di tecniche di trasferimento dell'immagine su supporto stabile: sua applicazione alla volta dei Santos Juanes.*
(SEC94-0549) dal 1994 al 1997.
- *Trattamento digitale di immagini trasferite su supporto stabile, come base del restauro delle pitture murali affrescate della chiesa dei Santos Juanes di Valencia.*
(PB 96-1061) dal 1997 al 2000.

¹² Questo gruppo di ricerca diretto dalla Dra. Pilar Roig e coordinato dal Dr. Ignacio Bosch, è formato da un'ampia equipe interdisciplinare appartenente a diversi rami professionali relazionati con la Conservazione e il Restauro del Patrimonio. Vi lavorano congiuntamente architetti, biologi, ingegneri, fotografi, chimici, e restauratori.

¹³ I tre progetti di I+D+I sono stati concessi dalla Commissione Interministeriale di Scienza e Tecnologia all'interno del Piano Nazionale di Ricerca e Sviluppo. Come l'IP dei tre progetti Pilar Roig Picazo.

Grazie ai progetti previous, a queste prime ricerche (Regidor *et al.*, 2008: 33) (Regidor, 2004: 1005) e a tesi come quella presentata da Mercedes Sánchez Pons¹⁴, e José Luis Regidor Ros¹⁵, il procedimento ha acquisito corpo ed è stato utilizzato in modo sistematico nel recupero dell'immagine parzialmente distrutta della chiesa dei Santos Juanes di Valencia.

Come supporto a questo innovativo intervento, al quale hanno collaborato aziende come *Arsus Paper*¹⁶ e *Hewlett-Packard*, sono stati concessi all'equipe diretta da José Luis Regidor Ros due progetti dal titolo:¹⁷

- *Studio dei sistemi di trasferimento e supporti temporali di stampe inkjet con inchiostri pigmentati UV su superfici murali*. In vigore dal 2007 al 2009.

Basandosi sull'esperienza acquisita nel progetto dei Santos Juanes, l'equipe è riuscita ad applicare con successo il sistema di ricostruzione ad altri casi simili, in cui le dimensioni delle perdite rendevano impossibile un intervento manuale¹⁸.

Una volta raggiunto il livello di perfezionamento degli ultimi lavori, il procedimento è stato battezzato con la sigla **REGIID**.

¹⁴ Nella sua tesi di dottorato espone una prima introduzione ai sistemi di stampa e ai vantaggi del loro uso sulle pitture murali (Sánchez, 2002: 160-192). Nelle conclusioni si accenna alla necessità di un procedimento che permetta di materializzare le ricreazioni virtuali senza alterare l'estetica della pittura e senza porne in pericolo la conservazione. (Sánchez, 2002: 189).

¹⁵ La sua tesi di dottorato è incentrata sulla viabilità dei dispositivi di stampa inkjet come sistemi di ricostruzione delle lacune. Alcune di queste prove consiste nello stampare direttamente su superfici murali a secco. (Regidor, 2003: 164). La conclusione è che gli inchiostri migliori sono quelli pigmentati a base d'acqua, giacché oltre ad essere molto resistenti alla decolorazione, lasciano traspirare il muro. (Regidor, 2003: 263).

Con questa tesi nasce, insieme a *Arsuspaper*[®] la necessità di fabbricare un supporto capace di trasferire solo l'inchiostro stampato senza lasciare nessun'altra traccia o sostanza sul muro. Il supporto temporaneo di trasferimento è il cosiddetto *Papelge*[®].

¹⁶ Azienda catalana che si dedica alla riproduzione di opere d'arte che ha sviluppato il supporto *Papelge*[®] utilizzato per trasferire l'immagine ricostruita virtualmente sulle perdite delle pitture murali della chiesa dei Santos Juanes di Valencia.

Vedi anche: ARSUS Paper. [website]. [Recuperati: 7 di Giugno di 2011]. Disponibili in: <http://www.arsuspaper.com/>, rotta: Restauración de pintura mural, Santos Juanes.

¹⁷ I progetti sono stati concessi dal Vicerettorato de Sviluppo e Innovazione della UPV (Paid-06-06-4722) e dalla Consellería d'Empresa, Universitat i Ciència (gv/2007/208).

¹⁸ Tali progetti vengono presentati in questo capitolo [Pag.57 a Pag.59].

Tale acronimo nasce dai termini *Reconstrucción Estética Generada por Imagen Impresa Digital* e ingloba tutti quei processi di presentazione e reintegrazione pittorica di opere d'arte basati su immagini fotografiche digitalizzate. Queste immagini convivono con l'opera reale una volta trattate e trasformate in realtà fisiche dopo il processo di stampa.

Pertanto la ricostruzione di perdite con mezzi di stampa, si presenta come un'alternativa obiettiva per casi in cui l'estensione delle perdite può rendere arduo l'utilizzo dei sistemi manuali tradizionali. Potremmo dire che il sistema si dedica a completare con rigore l'immagine perduta e non a emulare il carattere della pittura originale.

Questo obiettivo poggia su due realtà:

- La forza dell'immagine fotografica come l'avvicinamento più fedele all'originale che possiamo ottenere.
- I progressi tecnologici sviluppati negli ultimi anni che permettono di trattare e riprodurre fedelmente questi riferimenti fotografici.

Questo processo di ricostruzione digitale si compone delle seguenti fasi:

- 1^a *Reperimento di riferimenti grafici, colorimetrici e geometrici dello stato attuale dell'opera e delle sue testimonianze storiche*
- 2^a *Trattamento informatico dei riferimenti per generare la ricostruzione virtuale più adeguata.*
- 3^a *Riproduzione della ricostruzione con sistemi di stampa.*

Una volta stabilito il sistema grazie al quale l'immagine virtuale diventerà un'immagine fisica, l'ultimo problema da risolvere è il modo in cui far convivere la stampa con i frammenti originali senza che ciò comprometta la conservazione o l'estetica dell'originale. (Delhom y Regidor, 2008: 129).

Perché un'immagine stampata coesista senza dissonanze con l'opera pittorica reale è fondamentale che la prima adotti la materialità della seconda. Se si tratta di un olio da ricostruire, la stampa dovrà trasmettere la sensazione di plasticità, la texture, o la luminosità di questo materiale; se invece si tratta di un affresco, la stampa dovrà adattarsi all'ambiente mate o leggermente satinato della pittura minerale. Nonostante ciò, è sottinteso che questa compatibilità estetica deve restare legata ai principi basilari di: rispetto, reversibilità e discernibilità.

Attualmente l'unico modo di portare la ricostruzione virtuale dalla stampante alla superficie di un originale è attraverso l'utilizzo di supporti intermedi. A seconda delle necessità dell'opera, i supporti utilizzati sono di tipo:

- Permanente (*medias* di stampa specifici innestate)

Utilizzati quando l'immagine stampata debba avere caratteristiche materiche simili a quelle dell'originale e non vi sia il rischio di compromettere alcuna delle sue proprietà quali la traspirazione. Le pitture su tela o *marouflage* sono uno di quei casi in cui si possono innestare *medias* specifici di stampante come quelli di tipo *canvas*.

In questa linea, due dei progetti più rimarchevoli portati a termine dal IRP della UPV sono stati:

- *Reintegrazione pittorica delle tele murali di Lopez Ruiz sul soffitto del teatro Leal della Laguna [Pag.57].*
- *Riadattamento dimensionale dell'opera pittorica la glorificazione di San Francisco di Borja mediante il sistema REGIID [Pag.58].*

- Temporale (sistemi di trasferimento come il *Papelge*[®])

Quando la stabilità della superficie originale dipende dalla sua porosità, è imprescindibile usare supporti che permettano di trasferire unicamente l'inchiostro di stampa. Un esempio di questo tipo sono le pitture murali al fresco.

Per risolvere i problemi posti da questo tipo di pitture l'azienda Arsuspaper insieme all'Irp ha sviluppato un supporto temporaneo capace di portare l'immagine virtuale dalla stampante al muro senza lasciare sostanze che possano alterare aspetti estetici, come il brillio, o fisici come la traspirazione della malta. Inoltre, il procedimento utilizzato di trasferimento per frammenti, oltre ad essere molto adattabile permette a questo innovativo materiale di gestire irregolarità della superficie che sarebbero impossibili da trattare con altri sistemi.

In questa linea il progetto portato a capo dal CRBC della UPV è stato:

- *Restauro pittorico degli affreschi di Palomino presenti sulla volta della chiesa dei Santos Juanes di Valencia [Pag.59].*

Reintegrazione pittorica delle tele murali di Lopez Ruiz sul soffitto del teatro Leal della Laguna [Fig.I.3 a Fig.I.6].

Tipo di opera:	Marouflage, tecnica a olio.
Dimensioni:	Tetto di 100m ² / percentuale conservata dell'originale 20%.
Riferimenti di partenza:	Fotografia realizzata dopo il restauro subito nel 1988.
Criterio di ricostruzione:	Riubicazione dei frammenti recuperati nella loro disposizione originale su uno sfondo generato da computer tramite Photoshop®.
Sistema di riproduzione:	Stampante inkjet HP Designjet Z3200 Photo. Inchiostri Viverra®.
Supporto:	Media HP Universal Matte Canvas 350g/m ² . Inneonato nell'opera.
Pubblicazioni:	(Regidor et al., 2008: 171)



Fig.I.3 Ricostruzione virtuale con originali.



Fig.I.4 Stampa dello sfondo.



Fig.I.5 Adesione dello sfondo stampato al tetto.



Fig.I.6 Adesione di originali sullo sfondo.

Riadattamento dimensionale dell'opera pittorica la glorificazione di San Francisco di Borja mediante il sistema REGIID [Fig.I.7 a Fig.I.10].

Tipo di opera:	Tela, tecnica ad olio.
Dimensioni:	Quadro: 32m ² . Perimetro: 2 lati di 4x0,3 m e 2 lati di 8x0,3 m
Riferimenti di partenza:	Perimetro originale e estensione da sostituire.
Criterio di ricostruzione:	Ridimensionamento perimetrale dell'opera. Ricostruzione generata da computer tramite <i>Photoshop</i> [®] .
Sistema di riproduzione:	Stampante <i>inkjet HP Designjet Z3200 Photo</i> . Inchiostri <i>Vivera</i> [®] .
Supporto:	Media <i>HP Universal Matte Canvas 350g/m²</i> . Innestato nell'opera.
Pubblicazioni:	(Valcárcel, Regidor y Blanco-Moreno, 2009: 169) (Regidor, Valcárcel y Blanco-Moreno, 2010: 425)

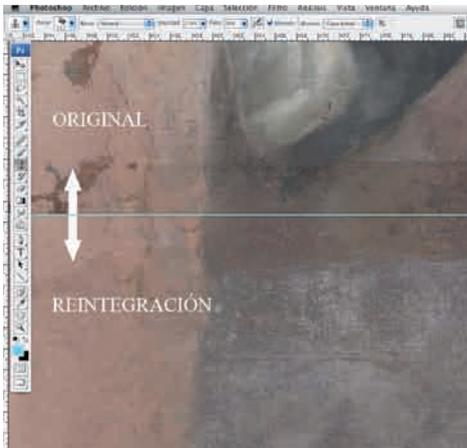


Fig.I.7 Ricostruzione virtuale del perimetro.



Fig.I.8 Stampa del perimetro.

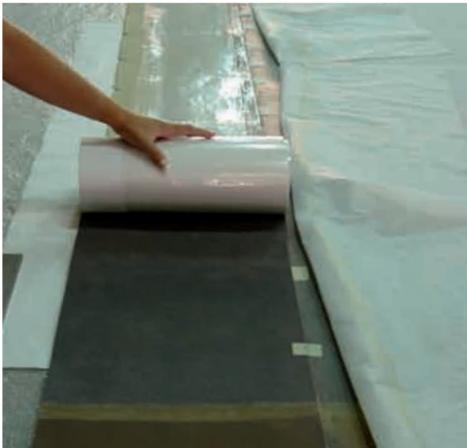


Fig.I.9 Adesione del perimetro all'opera.



Fig.I.10 Aspetto finale dell'opera (frammento).

Restauro pittorico degli affreschi di Palomino presenti sulla volta della chiesa dei Santos Juanes di Valencia [Fig.I.11 a Fig.I.14].

Tipo di opera:	<i>Pittura murale, affresco.</i>
Dimensioni:	Circa 200m ² / Percentuale conservata dell'originale 30%.
Riferimenti di partenza:	Fotografia in B&N realizzata prima dell'incendio e originali.
Criterio di ricostruzione:	Trasferimento della ricostruzione virtuale generata a partire dall'immagine in B&N colorata da computer mediante <i>Photoshop</i> [®] .
Sistema di riproduzione:	Stampante <i>inkjet HP Designjet 5000 Photo y Z3100</i> . Inchiostri <i>UV</i> .
Supporto:	Sistema di trasferimento <i>Papelge</i> [®] della azienda ARSUS Paper.
Publicazioni:	(Roig y Bosch, 1991: 45) (Roig y Bosch, 1992: 255) (Roig <i>et al.</i> , 1994: 1405) (Roig, 1999: 18) (Sanchez y Regidor, 2004: 281) (Sanchez, Roig y Zalbidea, 2005: 1073) (Regidor <i>et al.</i> , 2006: 45) (AAVV, 2006: 1699) (Regidor <i>et al.</i> , 2007: 31) (Regidor <i>et al.</i> , 2008: 697) (Roig, 2009: 80)

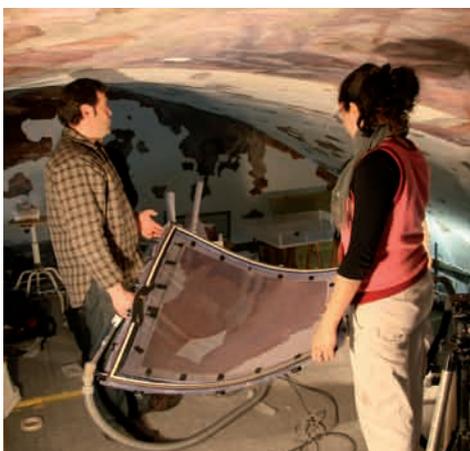


Fig.I.11 Ricostruzione stampata su Papelge[®].



Fig.I.12 Trasferimento dell'immagine.



Fig.I.13 Immagine trasferita sulla malta.



Fig.I.14 Aspetto della volta ricostruita.

II.- PERCHÉ STAMPA DIRETTA INKJET?

E' evidente che la stampa diretta non è strettamente necessaria se l'opera permette l'innesto di *medias* convenzionali di stampa, ma quando affrontiamo delle pitture murali al buon fresco l'unico modo di conservare le caratteristiche fisiche della superficie è mediante gli attuali sistemi di trasferimento. L'inconveniente di queste soluzioni è che i parametri che assicurano una stampa di qualità vengono compromessi, cosa che rende difficile i processi chiave come la gestione del colore e che genera immagini poco definite.

Indubbiamente il modo ideale di riprodurre una ricostruzione virtuale con mezzi di stampa sarebbe utilizzandoli in modo diretto senza la necessità di dipendere da intermediari tra la testina e il supporto finale. Ciò permetterebbe all'inchiostro espulso dalla stampante di fissarsi direttamente sulla superficie della lacuna, rendendo così possibile evitare i tediosi processi intermedi di inserimento o trasferimento che richiedono un gran dispiegamento di risorse materiali e di personale qualificato.

Sebbene usare una stampante per ricostruire superfici murali complesse possa sembrare un'idea peregrina, esistono già sul mercato dispositivi *inkjet* capaci di stampare direttamente adattandosi a supporti con differenze volumetriche di più di 40cm¹⁹. Nonostante ciò, al giorno d'oggi non esiste ancora nessun sistema in grado di stampare adattandosi alle morfologie architettoniche più abituali nella pittura murale.

Ma se già esiste la possibilità di trasferire l'immagine stampata mediante supporti adattabili alla superficie murale, che senso ha proporsi di usare i sistemi di stampa diretta?

A parte i vantaggi quali la riduzione del tempo di riproduzione o la precisione nel far combaciare la parte ricostruita con la lacuna, ciò che realmente giustifica la stampa diretta è il fatto di considerare l'intonaco come se fosse un *media* convenzionale di stampa. Ciò permette di prescindere da supporti intermedi che potrebbero alterare proprietà quali la definizione delle gocce o la gamma cromatica, rendendo più agevole la gestione sulla superficie murale di processi di capitale importanza quali l'amministrazione del colore, cosa imprescindibile quando si richiede che il colore della riproduzione replichi perfettamente quello dell'originale²⁰.

¹⁹ En el capítulo 1 se muestran este tipo de dispositivos de impresión [Pag.88].

²⁰ En el punto 4.1 del capítulo 4 se explica la importancia de la administración del color [Pag.157].

Un altro dei vantaggi della stampa diretta è la possibilità di eseguirla quando la superficie murale è ancora fresca. Questa opzione è impraticabile con il trasferimento dell'immagine per contatto, e ci offre la possibilità di ottenere, con processi quali la carbonatazione, livelli di fissazione dell'inchiostro simili a quelli di un affresco²¹.

I vantaggi della proposta rispetto alle soluzioni attuali sono chiari:

- Maggior rapidità di esecuzione realizzando la stampa direttamente sul muro.
- Semplificazione del processo tramite l'eliminazione delle fasi intermedie tra la stampante e il supporto definitivo.
- Sistematizzazione, pianificazione e innesto perfetto della ricostruzione sull'originale.
- Maggior controllo del colore riprodotto poiché permette di stampare e leggere con colorimetro direttamente sull'intonaco le palette di colori (*targets*), imprescindibili per la creazione di profili icc.
- Controllo della densità dell'inchiostro iniettato.
- Riduzione dei costi grazie all'eliminazione di supporti permanenti o temporanei.

Per concludere, bisogna segnalare che una volta risolto il problema dell'introduzione del sistema in campo murale, lo stesso dispositivo potrebbe essere utilizzato per la ricostruzione di opere su tela, la scultura o la ceramica.

²¹ Nel paragrafo 4.3 del capitolo 4 vengono mostrate le differenze tra lo stampare su uno stesso intonaco al buon fresco o a secco [Pag.204].

*OBIETTIVI E
STRUTTURA METODOLOGICA*

III.- OBIETTIVI

La sfida proposta da questa tesi nasce tenendo in conto i principi di rispetto, riconoscimento e reversibilità sui quali si basa la conservazione e il restauro del patrimonio artistico e cerca di apportare una nuova procedura di reintegrazione murale basata sull'uso delle nuove tecnologie *inkjet*.

Nonostante la novità di tale procedimento e la sua possibile messa in discussione, il suo scopo non è rimpiazzare i processi manuali utilizzati sino ad oggi, bensì il proporsi come un strumento ulteriore atto a sistematizzare e a rendere più obiettivi gli attuali procedimenti di ricostruzione digitale.

L'obiettivo principale di questo lavoro è:

Utilizzare i sistemi di stampa inkjet per ricostruire direttamente le perdite delle pitture murali.

In questa tesi si cerca di dimostrare la fattibilità di questa proposta. Dal lavoro realizzato derivano i seguenti obiettivi:

- Contribuire all'accettazione della stampa inkjet come sistema di reintegrazione murale.
- Promuovere l'uso dell'immagine digitale stampata come strumento obiettivo di ritocco pittorico.
- Confermare la compatibilità dei sistemi di stampa inkjet con l'ambiente murale e la fattibilità della loro applicazione.
- Stabilire una metodologia di stampa che migliori le alternative attuali di riproduzione digitale.
- Studiare il comportamento delle diverse superfici murali come supporto di stampa diretta e determinare le differenze tra la ricostruzione a secco e al buon fresco.

VI.- METODOLOGIA

La struttura metodologica di questa tesi si divide in due grandi parti con le corrispondenti aree di lavoro:

Parte 1.

Antecedenti nell'uso di stampanti nel campo del restauro, aspetti tecnici di tali dispositivi e studio della loro applicazione diretta in pittura murale mediante prototipi reali e simulazioni.

- Presentazione dei progressi compiuti nel campo della ricostruzione digitale e dei suoi attuali limiti.
- Rassegna dei sistemi di stampa digitale dalle origini sino ai nostri giorni, con particolare enfasi sull'evoluzione di questi dispositivi e sulle applicazioni offerte attualmente dalla tecnologia *inkjet*.
- Studio del funzionamento di questi dispositivi e costruzione di un prototipo che permetta di realizzare prove di stampa su superfici murali.
- Disegno, simulazione e studio virtuale di un prototipo robotizzato che permetta di adattare i sistemi di stampa *inkjet* a superfici murali complesse per sviluppare lavori di reintegrazione.

Parte 2.

Sperimentazione in laboratorio volta a verificare la fattibilità della stampa diretta con prototipi di nostra fabbricazione partendo da un sistema *inkjet* commerciale.

- Processo di selezione delle superfici murali e costruzione dei campioni.
- Descrizione del processo necessario per realizzare una corretta gestione del colore.
- Prove di laboratorio per dimostrare la fattibilità di stampare su intonaco e valutare le differenze rispetto alla stampa su medias specifici.
- Discussione dei risultati e conclusioni generali.

***1.- LOS SISTEMAS DE
IMPRESIÓN INKJET***

1.1 ¿QUÉ ES UNA IMPRESORA?

Las impresoras son periféricos de salida que encierran en su interior una compleja combinación de electrónica y mecánica capaz de representar sobre un soporte físico la información digitalizada por un ordenador. Podemos hacer una primera clasificación de estos dispositivos en función de la forma que tengan de aplicar la tinta sobre el soporte (Drieguez, 1993: 8) [Fig.1.1]:

- Impresoras de impacto (*impact*):

Trasmiten la tinta al soporte mediante el impacto de un elemento percutor sobre una cinta entintada que entra en contacto con la superficie de impresión. Este tipo de sistemas son cada vez menos utilizados y carecen de interés para la solución propuesta por esta tesis por lo que sólo son mencionados para establecer una primera clasificación general.

- Impresoras sin impacto (*nonimpact*):

Este otro grupo de impresoras se diferencia de las anteriores en que no necesitan contactar con el soporte para aplicar la tinta. A pesar de que son muchas las que se encuentran englobadas bajo esta definición, su forma de trabajar difiere mucho de unas a otras. Dentro de esta gran familia podemos distinguir tres grandes grupos que abarcan hoy en día prácticamente todas las soluciones de aplicación comercial: impresoras **inkjet** o de inyección de tinta, de **transferencia térmica** y **láser**.

Para no extender demasiado este capítulo, el estudio se centra únicamente en las impresoras *inkjet*^{*22}.

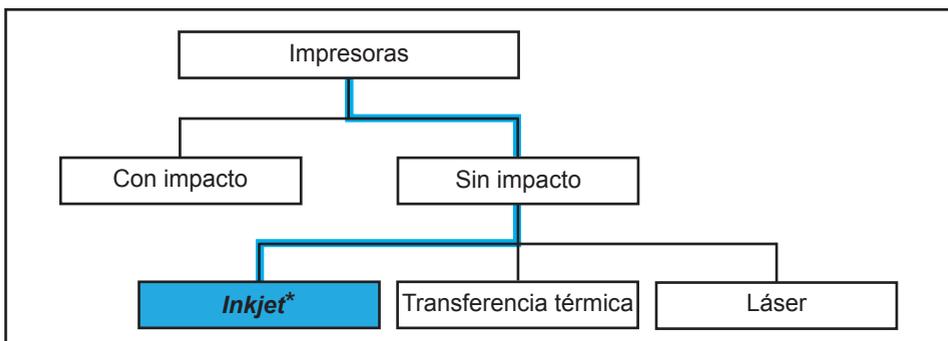


Fig.1.1 Esquema de clasificación de Impresoras.

²² Esta tecnología de impresión es la escogida para el sistema de reconstrucción propuesto en esta tesis.

1.2 IMPRESORAS INKJET

Las impresoras *inkjet* o de inyección de tinta son dispositivos de impresión periféricos que generan una imagen mediante el “disparo” de tinta a gran presión a través de sus inyectores. Esto permite evitar el contacto del cabezal con el soporte. Esta característica, junto a otras como el tipo de tinta utilizada, han sido decisivas para la elección de estos sistemas como la solución más adecuada en la reconstrucción directa de pintura mural.

El sistema *inkjet* se ha convertido en uno de los procesos sin impacto más popular para la reproducción de todo tipo de archivos digitales sobre cualquier tipo de *media*. Su versatilidad es tan grande que incluso esta desbancando a sistemas tan instaurados en el mundo de las artes gráficas como el *offset*, consiguiendo reducir los costes en tiradas de pocos ejemplares donde es necesario el cambio constante en alguna parte de su diseño como por ejemplo envases comerciales.

Atendiendo a la tecnología empleada por sus cabezales se pueden diferenciar dos grandes familias [Fig.1.2]:

- Sistemas de Impresión Continua (*Continuous Inkjet*) o (*CIJ*):

Estos sistemas generan un cauce continuo de tinta cargado eléctricamente que es desviado parcialmente por impulsos electromagnéticos hacia el mismo circuito de tinta o hacia el soporte de impresión.

En función de si la tinta se desvía hacia un canal de desagüe o hacia el soporte de impresión, hablaremos de *CIJ de Deflexión binaria* o *CIJ de Deflexión múltiple* (Hutchings y Graham, 2013: 27).

A pesar de ofrecer una alta calidad en su impresión, estos sistemas no se han difundido de forma masiva dado su alto coste y sofisticación.

- Sistemas de Impresión Bajo Demanda (*Drop-on-Systems*) o (*DOD*):

A diferencia de los sistemas *CIJ* en este caso no existe un flujo de tinta continuo, sino que se inyecta sólo cuando lo precisa la imagen a representar.

Según sea el sistema de bombeo o impulsión de la tinta se pueden distinguir dos tipos de cabezales: por proceso **térmico*** o ***bubble jet*** y los ***piezoeléctricos*** (Hutchings y Graham, 2013: 28).

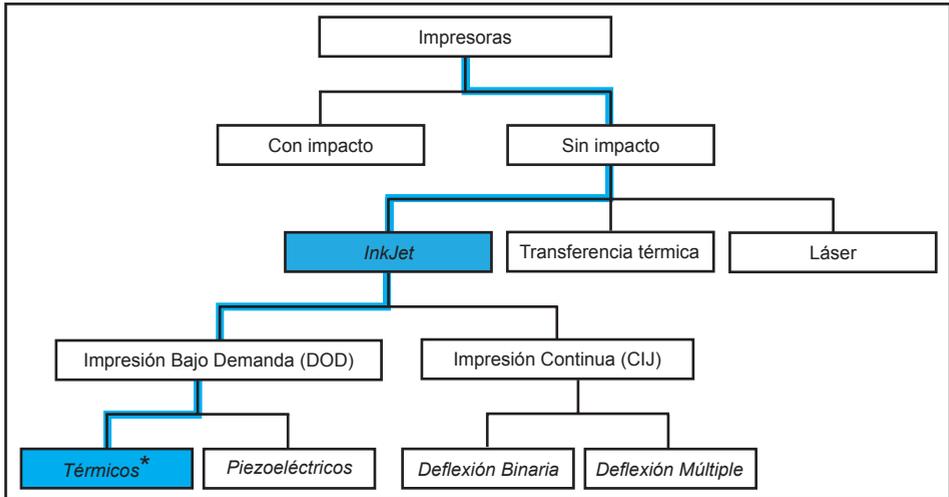


Fig.1.2 Esquema de Clasificación de Sistemas de Impresión Inkjet.

Actualmente, de los dos sistemas *inkjet* mencionados (*CIJ* y *DOD*), los *Drop-On-Demand* dominan gran parte del mercado de la reproducción digital. La razón es la complejidad del diseño y el alto coste que supone la fabricación de los cabezales de impresión continua (*CIJ*).

En el gráfico anterior se han destacado los sistemas de impresión *inkjet Drop-On-Demand* (*DOD*) de cabezal térmico* o *bubble jet* frente a otros, para indicar que esta tecnología ha sido elegida como solución para el sistema robotizado de impresión propuesto por ésta tesis²³.

Por tanto, a pesar de hacer una revisión general de los diferentes métodos de inyección de tinta, el presente capítulo se centrará sobre todo en los sistemas *Drop-On-Demand* de cabezal térmico.

²³ Más adelante se justifica porque es más adecuado utilizar los cabezales térmicos (*bubble jet*) (*DOD*) en un sistema de impresión directa sobre superficies murales. [Pag.76].

1.2.1 Impresoras de inyección continua (CIJ).

Los sistemas de impresión continua o (CIJ), funcionan produciendo un flujo constante de gotas de tinta formadas gracias a un complejo sistema ultrasónico de alta frecuencia que las proyecta constantemente hacia el soporte de impresión (Korvink, Smith y Shin, 2012: 2).

La tinta almacenada en el tintero o contenedor, es extraída por una bomba que la lleva hasta el cabezal de impresión. Una vez situada en el inyector, la tinta comienza a vibrar en una cámara ultrasónica gracias a un sistema piezoeléctrico. Con la vibración producida, la tinta se divide en gotas que salen por las boquillas del inyector y en su recorrido hacia el soporte pasan por el llamado “túnel de carga” que les confiere carga eléctrica. Esta corriente de gotas cargadas, atraviesa un dispositivo de deflexión que por inducción electrostática las desvía en diferentes direcciones según la posición que tengan destinada a ocupar en la trama de gotas que formará la imagen final. El remanente de tinta de dicho flujo, es recuperado por un depósito o capturador que lo recicla para ser nuevamente reutilizado por el sistema.

Dentro de esta familia de impresoras podemos diferenciar dos grupos en función de como se produzca la deflexión de las gotas (Hue, 1998: 49-62).

- Deflexión Binaria [Fig.1.3].
- Deflexión Múltiple [Fig.1.4].

La Deflexión Múltiple monocromática se suele utilizar para etiquetado con caracteres sencillos y la Deflexión Binaria es más utilizada en la reproducción de imágenes de alta calidad.

A diferencia de las impresoras (DOD) *Drop-On-Demand*, las (CIJ) *Continuous inkjet* no han conseguido difundirse de forma masiva en el mercado, sobre todo en impresoras de uso doméstico, pero son muy utilizadas en el campo de la impresión industrial.

Su aplicación en el mundo de la reproducción digital de obras de arte sobre soportes de diferente naturaleza con buenos resultados fue experimentado por artistas en los años `90 con impresoras (CIJ) como la *Iris*²⁴ de deflexión binaria con sistema *Hertz*.

²⁴ Más información en: *FLAAR (Foundation for Latin American Anthropological Research)*. [Sitio web]. [Consulta: 6 de Agosto de 2011]. Disponible en: <http://www.wide-format-printers.org/>, ruta: Other Printers, Iris Fine Art Giclee.

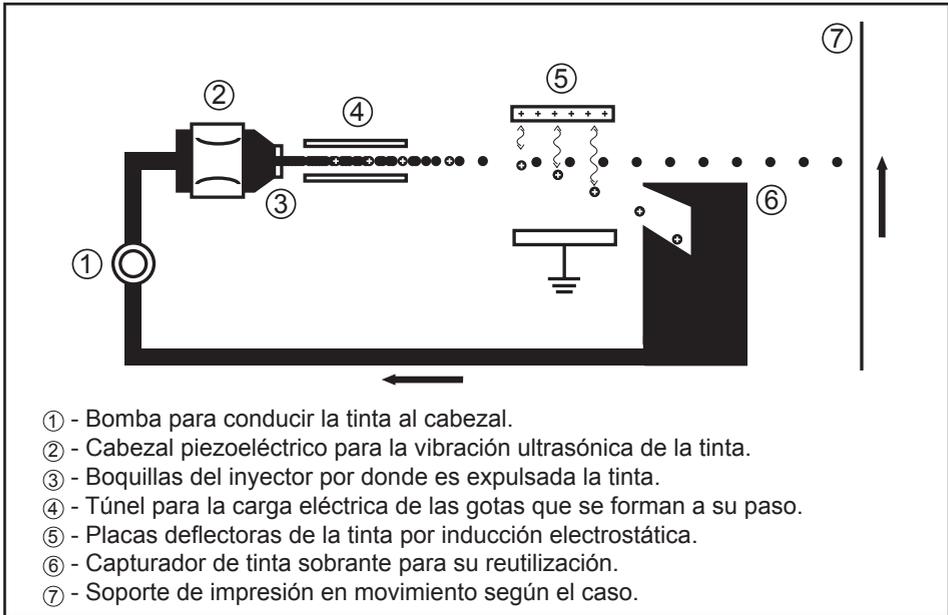


Fig.1.3 Sistema de impresión continuo CIJ por Deflexión Binaria²⁵.

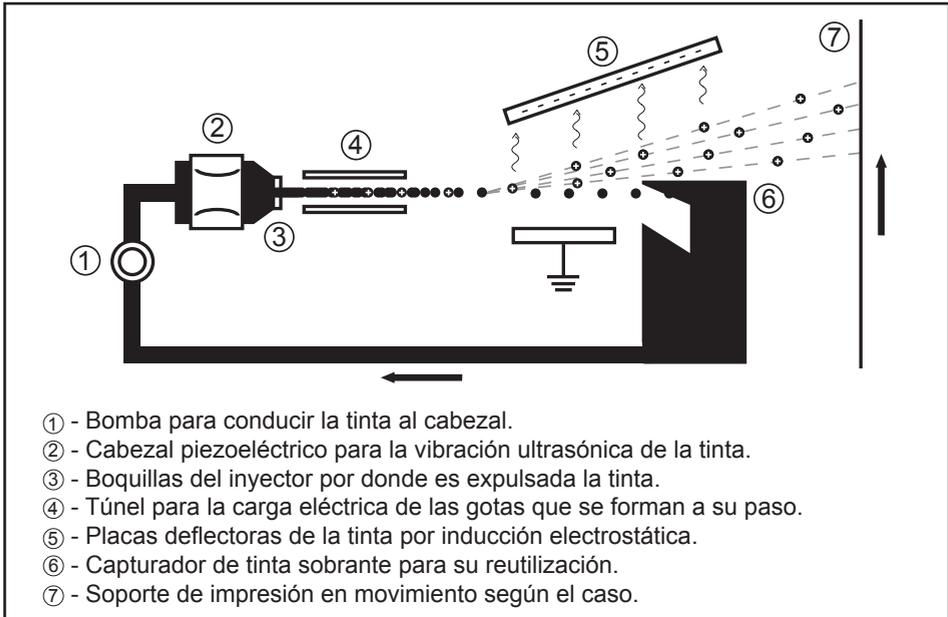


Fig.1.4 Sistema de impresión continuo CIJ por Deflexión Múltiple²⁶.

²⁵ Ilustración basada en: (Jürgens, 2009: 74).

²⁶ Ilustración basada en: (Jürgens, 2009: 77).

1.2.2 Impresoras de inyección bajo demanda (DOD).

A diferencia de los sistemas (CIJ), éstos no generan un flujo continuo de tinta y no necesitan cargarla eléctricamente porque su mecanismo para generar las gotas y la forma de posicionarlas sobre el soporte es totalmente distinto (Korvink, Smith y Shin, 2012: 2).

El acrónimo DOD corresponde en inglés a *Drop-On-Demand* que significa gota bajo demanda. Este sistema se basa en generar sólo las gotas necesarias para formar la imagen y no en desviarlas de un caudal de tinta continuo como en las (CIJ). En las impresoras (DOD), no es necesario un cabezal presurizado que permita lanzar tinta continua, ni dispositivos de carga electrostática o de deflexión binaria o múltiple ya que únicamente se lanzan gotas para la formación del entramado de puntos de una imagen cuando lo requiere el sistema (Wijshoff, 2010: 81). Dentro de esta familia de impresoras podemos clasificar cuatro tipos de sistemas DOD según el mecanismo utilizado por el cabezal para la formación de la gota:

- Térmicos.
- Piezoeléctricos.
- Acústicos.
- Electrostáticos.

Si nos centramos exclusivamente en la tecnología mecánica encargada de la formación de las gotas, distinguiremos sólo dos: Térmica [Fig.1.5] y Piezoeléctrica [Fig.1.6] siendo además los dos sistemas más utilizados.



Fig.1.5 Cabezal térmico integrado en el cartucho.

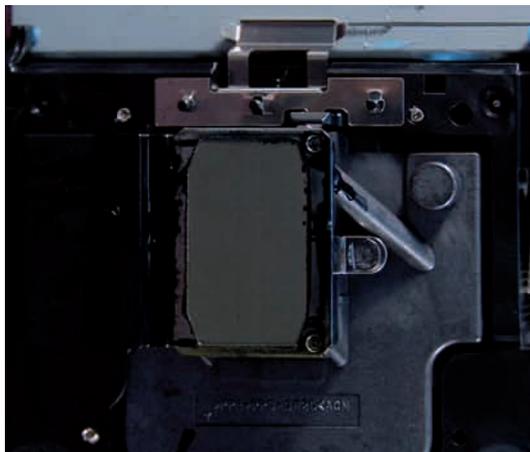


Fig.1.6 Cabezal piezoeléctrico integrado en el carro.

Los sistemas (DOD) comenzaron su andadura después de que *Steven Zoltan* patentara el sistema de la inyección por impulsos en 1972 comercializándose las primeras impresoras a finales de los años `70²⁷ (Wijshoff, 2010: 82). Dentro de estos sistemas existen dos tipos de cabezales que han ido evolucionando prácticamente a la par: los térmicos y los piezoeléctricos. Su elección depende más de los gustos y preferencias del fabricante que del rendimiento de impresión, ofreciendo ambos casi las mismas prestaciones.

Hewlett-Packard apuesta por la instalación de cabezales térmicos integrados en los cartuchos o tinteros, obligando a su sustitución cada vez que se agota la tinta [Fig.1.7]. Estos cabezales son más sencillos y menos costosos de fabricar que los piezoeléctricos, pero su vida útil es mucho menor. Este inconveniente queda resuelto cambiando los cartuchos, con la ventaja que supone renovar los inyectorores cada cierto tiempo. La desventaja es el encarecimiento de los consumibles. *Epson* en cambio suele montar los sistemas piezoeléctricos, que al estar integrados en el propio carro de impresión, evitan tener que sustituir el cabeza cada vez que se agota la tinta. La ventaja es que se reducen costes, pero al estar integrados en el carro no permiten su sustitución²⁸ [Fig.1.8].

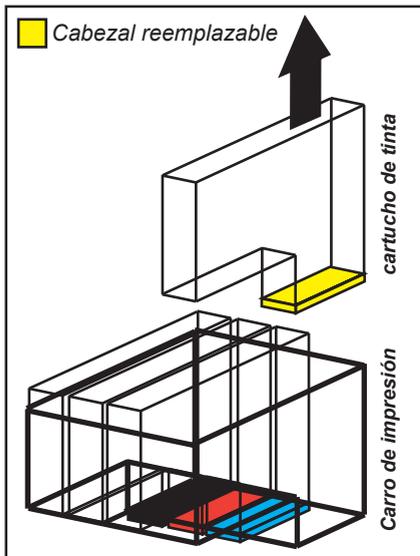


Fig.1.7 Cabezales térmicos.

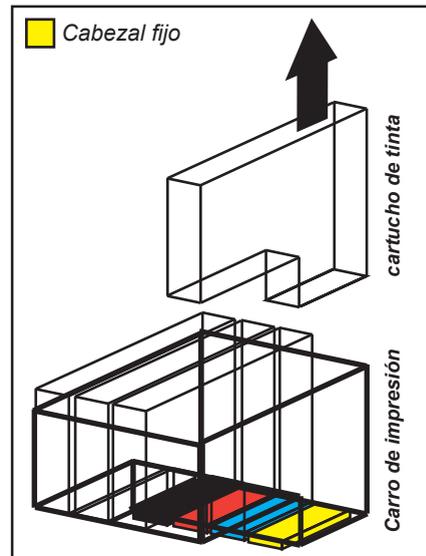


Fig.1.8 Cabezales piezoeléctricos.

²⁷ Impresora Siemens PT-80 en 1977 e impresora Silonics Quitetype en 1978.

²⁸ En caso de fallo de algún cabezal al estar integrados en el carro de impresión obliga a la sustitución de todo el conjunto de cabezales suponiendo un coste muy elevado.

La ventaja de los cabezales térmicos es que al ir integrados en el cartucho de cada color, permiten la sustitución únicamente del que ha sido dañado, evitando tener que cambiar el sistema completo de inyectores como pasa con los sistemas piezoeléctricos que aunque tengan una mayor duración, no han sido pensados para reponerlos si se estropean.

Dada la difusión en los últimos años de los cabezales (DOD), el coste de su producción ha descendido notablemente ofreciendo una gran calidad de impresión y abarcando soluciones de pequeño y gran formato a nivel doméstico y profesional.

1.2.2.1 Cabezales térmicos (TIJ).

Los cabezales térmicos o *Tecnología Bubble Jet*[®] es un sistema patentado por *Canon*²⁹ y fue descubierto accidentalmente en Japón cuando un soldador de estaño rozó fortuitamente la aguja metálica de una jeringuilla cargada de tinta, provocándose el fenómeno conocido como “inyección por burbuja”. La viabilidad de este sistema quedó demostrada en 1981 mediante un primer prototipo y en 1985, *Canon* lanzó al mercado la *BJ-80* que se convertiría en el primer modelo de impresora con este tipo de cabezal³⁰.

En 1984 *Hewlett-Packard* sacó al mercado la *Thinkjet*³¹ [Fig.1.9], su primera impresora que integraba por primera vez el cabezal en el cartucho de tinta y que todavía hoy continua dominando el mercado de las impresoras (DOD). En 1986 *Hewlett-Packard* presentó también la *PaintJet* (Romano, 2000: 142) [Fig.1.10] que fue la primera impresora a color y en 1988 comercializa la serie *Deskjet* lo que supone una gran evolución en el mundo de la impresión de oficina al abaratar los costes y mejorar substancialmente la calidad y rapidez de la impresión. Esta tecnología dominó el mercado hasta mediados de los años '90 hasta que en 1993 *Epson* lanzó sus impresoras de la serie *Stylus* con cabezal piezoeléctrico.

²⁹ Más información en: *Canon*. [Sitio web]. [Consulta: 28 de Septiembre de 2011]. Disponible en: http://www.canon.cl/canon/html/biblioteca_canon/icp_color_bublejet.htm, ruta: Soporte, Biblioteca, Glosario Impresoras Canon - BubbleJet.

³⁰ Más información en: *Canon*. [Sitio web]. [Consulta: 28 de Septiembre de 2011]. Disponible en: http://www.canon.com/technology/approach/history/print_tech.html.

³¹ Información extraída de: *Hewlett-Packard* [Sitio web]. [Consulta: 28 de Septiembre de 2011]. Disponible en: <http://www.hp.com/hpinfo/about/hp/histnfacts/museum/imagingprinting/index.html>.



Fig.1.9 Impresora HP ThinkJet.



Fig.1.10 Impresora HP PaintJet.

El salto a impresoras de medio y gran formato se produjo a principios de los `90 con las impresoras *NovaJet* de la empresa *Encad* (Pond, 2000: 33). En 1991 salió a la venta la primera *NovaJet* y en 1993 y 1994 lanzaron la *NovaJet II* y *III* con anchos de 24" y 36" hasta que se comercializó en 1996 la *NovaJet PRO* de 50" cuyos cartuchos *Lexmark* sustituyeron los *Hewlett-Packard* que montaban los modelos anteriores.

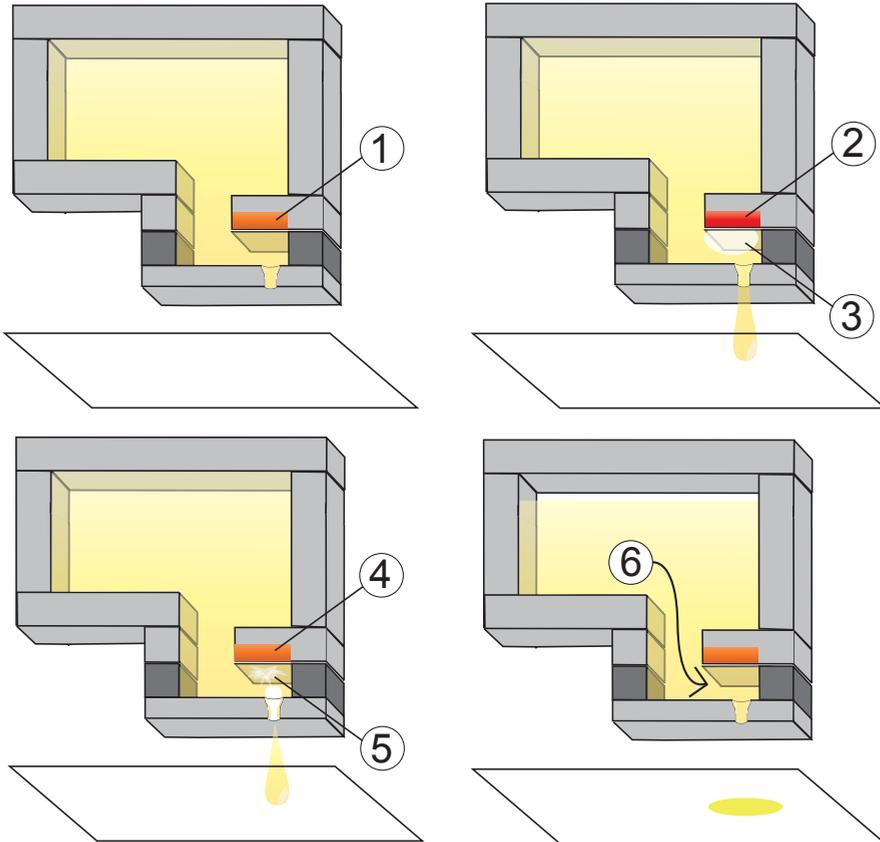
Además de *Encad* o *Hewlett-Packard*, con sus impresoras de medio y gran formato de la serie *DesignJet*, otras empresas desarrollaron el medio formato como: *Mimaki*, *Mutoh*, *Roland Digital Group*, *Xerox ColorgrafX Systems*, *Brady Color Solutions*, *Iris*, *CalComp*, *LaserMaster*, *Raster Graphics* y *Selex* entre otras.

A finales de los `90 la difusión de esta tecnología y sus ventajas respecto a las impresoras (CIJ) como la *Iris*, hizo que poco a poco fueran ganando terreno y adeptos en el mundo de la reproducción digital. Desde entonces la tecnología térmica ha evolucionado mucho y es una de las más utilizadas por grandes marcas como *Hewlett-Packard* o *Canon*.

Para conseguir "lanzar" las gotas de tinta desde las boquillas del cabezal hasta el soporte receptor, éste sistema se sirve del calor producido por microcalentadores que elevan la temperatura³² de la tinta provocando la formación de burbujas de gas. En este cambio de fase de líquido a gas, las burbujas se expanden ocupando el espacio que previamente había sido reservado a la tinta a temperatura ambiente, este aumento del volumen en la cavidad donde se almacena la tinta que será inyectada, fuerza a su expulsión a través de las boquillas del cabezal.

³² La tinta de los cabezales térmicos se calienta hasta temperaturas que alcanzan los 204°C y 320°C provocando el sobrecalentamiento de la tinta, que ha de ser adecuada para soportar estas altas temperaturas (Blazincic y Clarke, 2009: 8).

Una vez liberada la gota y tras enfriarse la tinta de la cámara de recepción, el vacío generado, reclama nuevamente ser rellenado con más tinta de la reserva que se almacena en el cartucho. De esta forma la cámara nunca se vacía y permite lanzar y drenar la tinta constantemente [Fig.1.11]³³. El proceso se vuelve a repetir de la misma forma para cada gota de tinta coordinándose con los movimientos laterales del carro a lo largo de la guía y con los pasos de avance del papel.



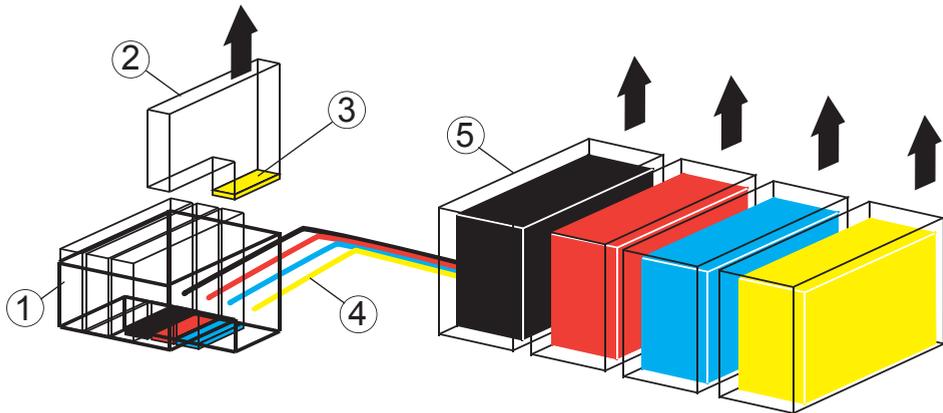
- ① - Microcalentador en estado de reposo.
- ② - Microcalentador caliente para elevar temperatura de la tinta.
- ③ - Burbuja de vapor producida por un rápido calentamiento de la tinta.
- ④ - Enfriamiento del microcalentador.
- ⑤ - Colapso de la burbuja que origina la fragmentación de la gota.
- ⑥ - El vacío producido con la tinta expulsada es rellenado de nuevo.

Fig.1.11 Esquema de un ciclo (DOD) en un cabezal (TIJ) para la formación de una gota.

³³ Ilustración e información sobre estos cabezales basada en: (Jürgens, 2009: 83).

Normalmente, las impresoras provistas de cabezales térmicos utilizan cabezales desechables³⁴, ya que las altas temperaturas generadas por los microcalentadores durante la formación de las gotas reducen considerablemente su vida útil, haciendo necesaria su sustitución cada cierto tiempo. Esto es posible gracias a que su coste de fabricación y complejidad es mucho menor que el de los cabezales piezoeléctricos.

En el caso de impresoras de sobremesa como las series *Deskjet* o *OfficeJet* de gama media de *Hewlett-Packard*, los cartuchos de tinta con cabezal térmico integrado, vienen instalados en el mismo carro de impresión obligando a la sustitución del conjunto cartucho-cabezal cuando se agota la tinta, pero en impresoras de gran formato como las *DesignJet*, la tinta se almacena en cartuchos de gran tamaño³⁵ que se bombea mediante un sistema de vacío hasta los tinteros o cabezales. Estos tinteros tiene un pequeño depósito de reserva de tinta presurizada que es rellenada continuamente [Fig.1.12]. La ventaja de este sistema es que los cabezales sólo se sustituyen cuando caducan o dejan de ofrecer una calidad de impresión aceptable y no cuando se agota la tinta de los cartuchos.



- ① - Carro de impresión portador de cartuchos o tinteros.
- ② - Tintero con depósito de reserva de tinta.
- ③ - Cabezal térmico integrado en el tintero.
- ④ - Tubos para el suministro de tinta de los cartuchos a los tinteros.
- ⑤ - Cartuchos de tinta de gran capacidad.

Fig.1.12 Sistema de tubos para suministrar la tinta de los cartuchos a los tinteros.

³⁴ Véase [Fig1.7], [Pag.75].

³⁵ Llegan a sobrepasar los 500ml por cartucho de color. En este caso los cartuchos no se ubican en el carro por su elevado peso. La tinta es bombeada por conductos hasta los tinteros que integran los cabezales. Estos tinteros o cabezales se disponen en el carro de impresión de la misma forma que en el caso de impresoras de pequeño formato.

1.2.2.2 Cabezales piezoeléctricos (PIJ).

Estos cabezales se sirven de las propiedades físicas de ciertos minerales capaces de modificar su forma cuando se les aplica una determinada carga eléctrica.

Existen ciertos minerales que tiene la particularidad de generar una descarga eléctrica cuando se les aplica una fuerza física. Si se invierte el proceso se produce el efecto contrario, obteniéndose una fuerza mecánica al someter a estos cristales a una ligera descarga eléctrica. El cristal se deforma en función de la intensidad y frecuencia de los impulsos eléctricos lográndose un control absoluto de esta propiedad física. Los cabezales PIJ se sirven de la presión generada por estos cristales para lanzar la tinta hasta el soporte de impresión (Brünahl, 2003: 8).

A finales de los `70 se lanzaron al mercado las primeras impresoras con sistema (DOD) mediante cabezales piezoeléctricos (PIJ). Estos primeros modelos no ofrecían una gran calidad, pero fueron el comienzo de la era de impresoras comerciales sin impacto que sustituirían poco a poco a las lentas y ruidosas impresoras matriciales que actualmente han quedado relegadas a usos muy específicos.

Los primeros modelos con cabezal piezoeléctrico introducidos en el mercado fueron la *Siemens PT-80* en 1977 y la *Silonics Quitetype* en 1978. Hoy en día este sistema continua siendo junto al cabezal térmico uno de los más utilizados por grandes empresas como *Epson*, *Roland* o *Mimaki*.

Cuatro fueron los tipos de cabezales piezoeléctricos que se desarrollaron a finales de 1970. Se diferencian por la disposición y la deformación de los cristales piezoeléctricos que se encuentran en los conductos de inyección (Perelaer y Schubert, 2010: 268) [Fig.1.13]³⁶.

³⁶ Ilustración y descripciones de los cabezales extraídas de: (Wijshoff, 2010: 82).

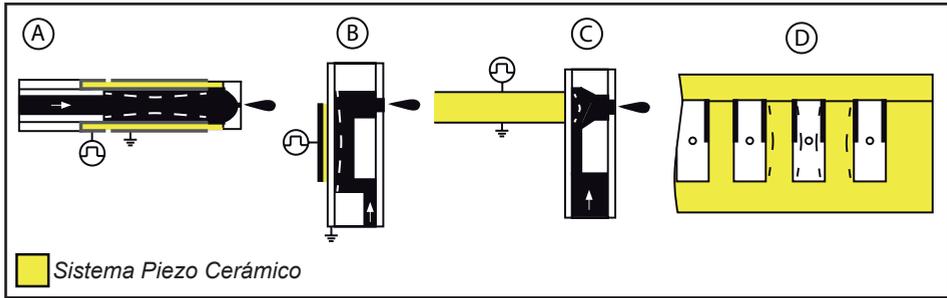


Fig.1.13 Diferentes diseños de cabezales piezoeléctricos (PIJ).

(A) Este fue el primer cabezal de este tipo que se desarrolló. Está basado en un sistema de “compresión del cilindro de inyección” (*squeeze method*). Fue inventado por Steven Zoltan³⁷ en 1972 y consiste en un canal piezoeléctrico que al ser excitado por impulsos eléctricos comprime la tinta que pasa a través de éste.

(B) El segundo sistema de “presión por curvatura” (*bend-mode*), utiliza la presión ejercida por el lado convexo de la curvatura que se forma al excitar el cristal piezoeléctrico sobre el diafragma flexible de la cámara de inyección para forzar la expulsión de la tinta. Este cabezal fue desarrollado al mismo tiempo por Stemme de la Universidad de Chalmers, en Suecia³⁸ y por Kyser de la empresa Silonics, EE.UU.³⁹.

(C) El tercer sistema de “empuje puntual” (*pushing method*) fue desarrollado por Howkins⁴⁰ y consiste en un elemento piezo que incide puntualmente en la zona posterior de la cámara de inyección.

(D) El cuarto sistema de “empuje lateral” (*shear-mode*) fue descubierto por Fishbeck⁴¹. En estos cabezales el campo eléctrico se dispone de forma perpendicular a la polarización de los elementos piezo. El tamaño de las gotas está en función de: el voltaje aplicado a la placa piezo, la duración del pulso o deformación, y el diámetro de las boquillas.

³⁷ Zoltan, S. I. (1972). *Pulsed droplet ejecting system*. (US Patent 3,683,212).

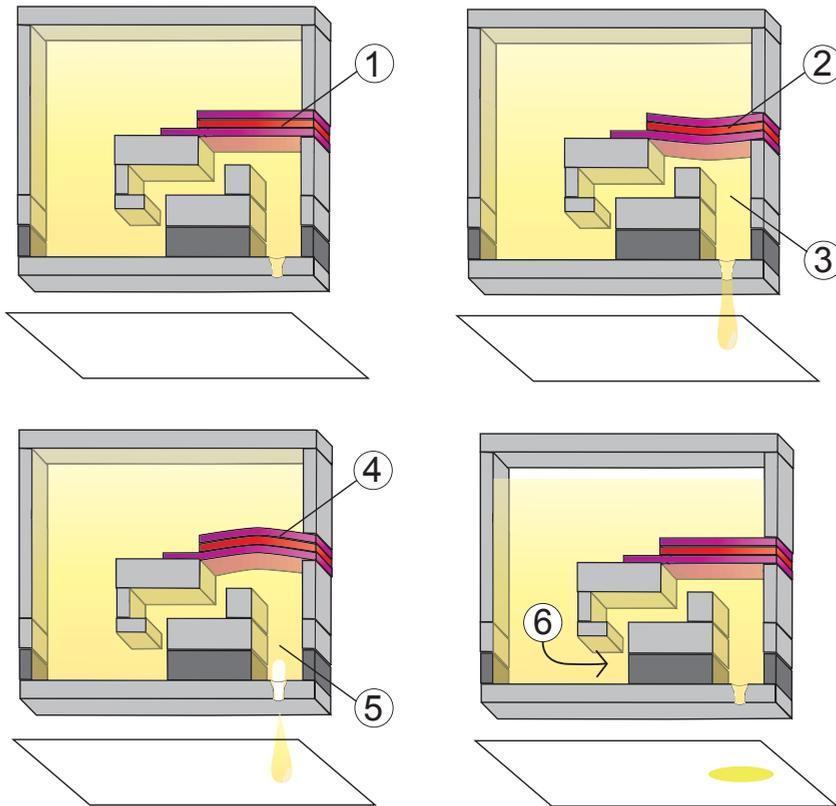
³⁸ Stemme, N. G. E. (1972). *Arrangement of writing mechanics for writing on paper with a colored liquid*. (US Patent 3,747,120).

³⁹ Kyser, E. L. & Sears, S. B. (1976). *Method and apparatus for recording with writing fluids and drop projection means therefore*. (US Patent 3,946,398).

⁴⁰ Howkins, S. D. (1984). *Inkjet method and apparatus*. (US Patent 4,459,601).

⁴¹ Fishbeck, K. H. & Wright, A. T. (1986). *Shear mode transducer for drop-on-demand liquid ejector*. (US Patent 4,584,590).

Las ventajas de estos cabezales respecto a los térmicos es la posibilidad de utilizar tintas sólidas o pigmentos que podrían ser dañados con las altas temperaturas generadas por los (TIJ). Además al estar integrados en el carro de impresión no es necesaria su sustitución cada vez que se agota la tinta. Esto reduce los costes de los consumibles pero tiene el inconveniente de que si se atasca o daña el cabezal es necesario reparar la impresora. Estos cabezales aprovechan la fuerza mecánica del sistema piezo para impulsar la tinta hasta el papel [Fig.1.14]⁴².



- ① - Placas piezoeléctricas en estado de reposo.
- ② - Placas excitadas por impulsos eléctricos produciendo deformación.
- ③ - Burbuja de vapor producida por un rápido calentamiento de la tinta.
- ④ - Enfriamiento del microcalentador.
- ⑤ - Colapso de la burbuja que origina la fragmentación de la gota.
- ⑥ - El vacío producido con la tinta expulsada es rellenado de nuevo.

Fig.1.14 Esquema de un ciclo (DOD) en un cabezal (PIJ) para la formación de una gota.

⁴² Ilustración e información sobre estos cabezales basada en: (Jürgens, 2009: 84).

1.3 TIPOS DE IMPRESORAS EN FUNCIÓN DE LOS MEDIA

Como ya se ha indicado, una de las particularidades de las impresoras *inkjet* sin impacto es la posibilidad de imprimir prácticamente sobre cualquier superficie. Esta característica ha facilitado la rápida difusión de estos sistemas en diferentes campos de las artes gráficas que tradicionalmente eran resueltos mediante soluciones específicas como la serigrafía o la estampación.

Dos son los parámetros básicos que entran en juego para obtener una impresión de calidad: la velocidad y la resolución.

- La velocidad de una impresora depende en gran medida del diseño de los elementos mecánicos encargados de desplazar el carro de inyectores y los *media* de impresión. Estas velocidades se conocen como velocidad de desplazamiento horizontal (VDH) y velocidad de desplazamiento vertical (VDV).

- La resolución del cabezal es la capacidad de generar de forma eficiente la cantidad, densidad y el tamaño de las gotas de tinta.

Normalmente estas dos características son inversamente proporcionales. A mayor calidad, menor velocidad de impresión y a menor calidad, mayor velocidad de impresión. Es por esto que cuando se imprime a calidad “borrador” la velocidad (VDH) del carro es altísima y los pasos de avance del papel o (VDV) son mucho más amplios que cuando se imprime a calidad “fotográfica”.

Pero independientemente de la eficiencia de los parámetros anteriores, aspectos como la densidad o la definición, dependen directamente de la interacción que se produce entre las gotas de tinta y el *media* o soporte de impresión receptor.

La diferencia de imprimir con la misma impresora sobre un soporte fabricado específicamente para su sistema de cabezal y tipo de tintas o hacerlo sobre otro cualquiera, puede ser abismal. Por esta razón, los *media* son cuidadosamente diseñados por los fabricantes o empresas auxiliares. Un forma de controlar los efectos físico-químicos que se producen entre las gotas inyectadas y las fibras del soporte, son los llamados *coatings* o *estucados* (Kipphan, 2001: 121).

Dentro de las impresoras con tecnología *inkjet* e independientemente de si su sistema de impresión es (CIJ) o (DOD), se puede hacer a su vez una clasificación más general en función del tipo de soporte sobre el que sean capaces de imprimir [Fig.1.15]⁴³. Según esto podemos diferenciar dos grandes grupos de impresoras:

- Impresoras que únicamente permiten cargar *medias* flexibles o semiflexibles como papel, film plástico, lienzo o cartón semirígido. Estas son las más habituales y extendidas.
- Impresoras aptas para imprimir sobre cualquier tipo de superficie rígida o flexible de espesor variable. Dentro de estas estarían:
 - Las de base plana (***flatbed printers***).
 - Las verticales adaptables a superficies con diferencias volumétricas de más de 40cm (***Mural printing machines***).

El presente trabajo se ha inspirado en las soluciones de impresión sobre soportes rígidos, para desarrollar la propuesta de adaptación de los sistemas de impresión *inkjet* en el mundo de la reconstrucción directa de faltantes en pintura mural.

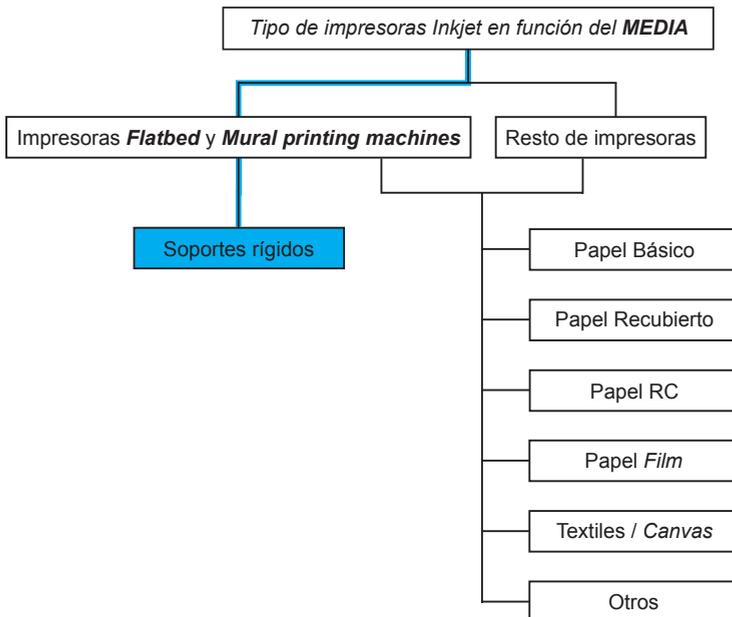


Fig.1.15 Esquema de medias de impresión *inkjet* según el tipo de impresoras.

⁴³ Esquema basado en: (Jürgens, 2009: 88).

1.3.1 Impresoras de base plana “Flatbed printers”.

Las impresoras de base plana son sistemas *inkjet* que han sido adaptados para poder imprimir sobre cualquier tipo de soporte, aunque principalmente están pensadas para imprimir sobre soportes rígidos. Una impresora *flatbed* [Fig.1.16] no es más que un *plotter* de corte o fresado de cama plana [Fig.1.17], al cual se le ha sustituido su cabezal de corte por un carro de inyectores. Los movimientos de desplazamiento que realiza la cuchilla en el eje (x) son reemplazados por el recorrido horizontal del carro de inyección a una velocidad variable (VDH), y el desplazamiento en el eje (y) es sustituido por los de avance del soporte a una velocidad también variable (VDV).

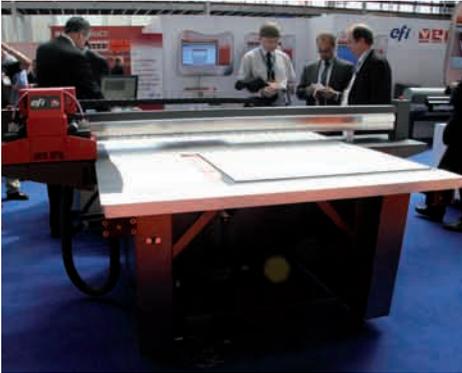


Fig.1.16 Flatbed EFI Rastek T660.



Fig.1.17 Plotter de corte ZÜND.

Según el modelo de impresora, el desplazamiento del soporte o *media* de impresión (VDV) y el movimiento longitudinal del cuerpo de inyectores (VDH), pueden ser independientes [Fig.1.18] o realizados por todo el conjunto de inyección sobre una base fija [Fig.1.19].

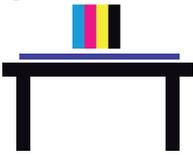
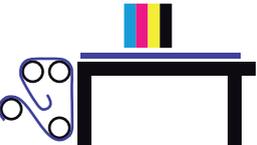


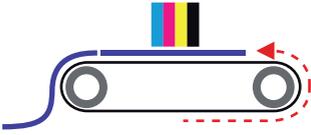
Fig.1.18 Secuencia del desplazamiento del soporte en la flatbed INCA Onset S20.



Fig.1.19 Secuencia del desplazamiento de los inyectores en la flatbed INCA serie spyder.

Dentro de esta categoría de impresoras y en función del sistema que tengan para cargar el soporte de impresión, podemos distinguir hasta cinco tipos [Fig.1.20]. De todas, las de mayor versatilidad son las de tipo “estructura doble” que combina las ventajas de imprimir sobre soportes rígidos y sobre flexibles cargados en rodillos auxiliares.

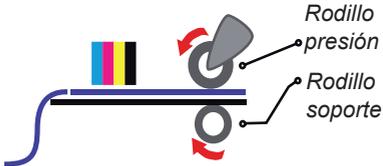
<p>1 Flatbed.</p> 	
<p>Este tipo de impresoras sólo son capaces de imprimir sobre superficies rígidas y no tienen mecanismo <i>roll-to-roll</i> en la parte frontal para cargar rollos.</p>	<p>Jetrix 3515FQ</p>
<p>2 Flatbed de estructura doble.</p> 	
<p>Estas impresoras de estructura <i>dual</i> son muy versátiles y permiten imprimir en soportes rígidos y flexibles gracias a combinar base plana con sistema <i>roll-to-roll</i>.</p>	<p>Océ Arizona 350XT.</p>

3 Combo.

En estas impresoras el *media* se desplaza mediante cinta transportadora y puede imprimir también sobre soportes rígidos y flexibles.



AGFA :Anapurna Mv.

4 Híbrida.

Estas impresoras imprimen sobre materiales flexibles y rígidos y disponen de sistema de rodillos de presión para la sujeción de soportes de poco grosor.



Mimaki TPC 1000.

5 Roll-To-Roll.

Sólo imprimen sobre soportes flexibles ya que disponen únicamente de un sistema *roll-to-roll*, pero gracias a esto permiten imprimir hasta anchuras de 5m.



EFI GS5000r (parte posterior).

Fig.1.20 Tipos de impresoras flatbed de gran formato según el sistema de carga del *media*⁴⁴.

⁴⁴ Información y esquemas para la clasificación de las impresoras según el *media*, extraídos de: FLAAR (Foundation for Latin American Anthropological Research) [Sitio web]. [Consulta: 28 de Octubre de 2011]. Disponible en: <http://www.large-format-printers.org>.

La necesidad de buscar nuevas soluciones a procesos tradicionales como la serigrafía, han forzado el desarrollo de nuevas soluciones de impresión de gran formato capaces de realizar las mismas tareas pero con una reducción de costes, tiempo y aumento de producción. Además, la introducción de tintas solventes y de curado ultravioleta, hace posible reproducir imágenes sobre soportes antes impensables para las primeras impresoras de chorro de tinta [Fig.1.21 y Fig.1.22].



Fig.1.21 Impresora de bolígrafos
Mimaki UJF-605CII

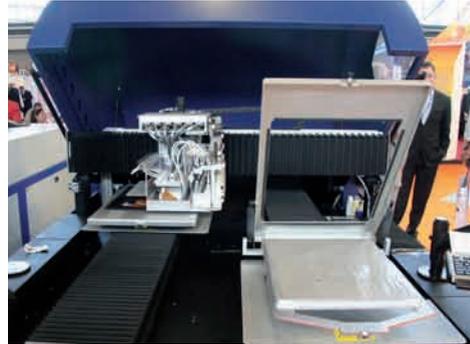


Fig.1.22 Impresora de camisetas
Kornit Storm 931-8.

1.3.2 Impresoras verticales de pared “Mural Printing Machines”.

Estas impresoras son denominadas comercialmente como *ArtROBO airbrushing printers*⁴⁵ y han sido diseñadas para imprimir sobre cualquier tipo de superficie vertical. Son capaces de reproducir imágenes a todo color sobre vehículos, paredes, muebles y muchos otros objetos [Fig.1.23].



Fig.1.23 Impresora ArtROBO Model NNV 4.5 imprimiendo publicidad sobre un vehículo.

⁴⁵ Más información en: ART ROBO, LAC Corporation. [Sitio web]. [Consulta: 12 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://www.lacrobo.com/>. Disponible en: <http://www.art-robo.com/>

Como si de un aerógrafo se tratara, su cabezal de inyección “lanza” la tinta a presión gracias a un sistema de aire comprimido. Este aire es suministrado por un sistema compresor.

Para adaptarse a las irregularidades volumétricas de la superficie, dispone de sensores y de un *software* que permite el reconocimiento previo de la zona a imprimir. Gracias a esto, el cabezal es capaz de librar irregularidades de hasta 45cm de profundidad manteniendo siempre la misma distancia respecto al soporte (1cm) [Fig.1.24].

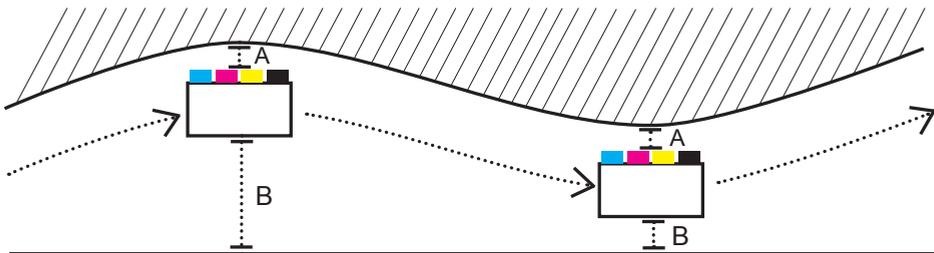


Fig.1.24 Adaptación del cabezal al soporte. (A) distancia fija de 1cm, (B) distancia adaptable.

1.4 LAS TINTAS DE IMPRESIÓN

La tinta juega un papel fundamental en las impresoras *inkjet*. Su formulación no sólo determinan la calidad de la imagen impresa, sino que también influyen en la fiabilidad del sistema de impresión. Están compuestas básicamente de tres elementos (Kipphan, 2001: 130):

- **Colorantes**

Los colorantes determinan el color de la tinta gracias a su capacidad de absorber ciertas longitudes de onda y pueden ser solubles en agua (colorantes) o estar en dispersión (pigmentos insolubles).

- **Vehículos**

El vehículo es el medio en el que se disuelve o dispersa el colorante y el resto de sustancias que componen la tinta.

- **Aditivos**

Los aditivos se encuentran en un bajo porcentaje pero determinan las propiedades y el comportamiento de la tinta. Son escogidos en función del sistema de inyección del cabezal para controlar la formación de las gotas y para asegurar una correcta interacción de la tinta con el soporte.

El porcentaje de cada componente⁴⁶ y los aditivos utilizados, son fundamentales para determinar las propiedades físicas de la tinta y su comportamiento sobre el sustrato (Jürgens, 2009: 67).

Existe un gran numero de tintas desarrolladas para los sistemas *inkjet* que se pueden clasificar en función del vehículo empleado para dispersar o disolver el color, pero en función del tipo de cabezal *drop-on-demand* (DOD) podrán ser utilizadas por unos u otros inyectores [Fig.1.25]⁴⁶.

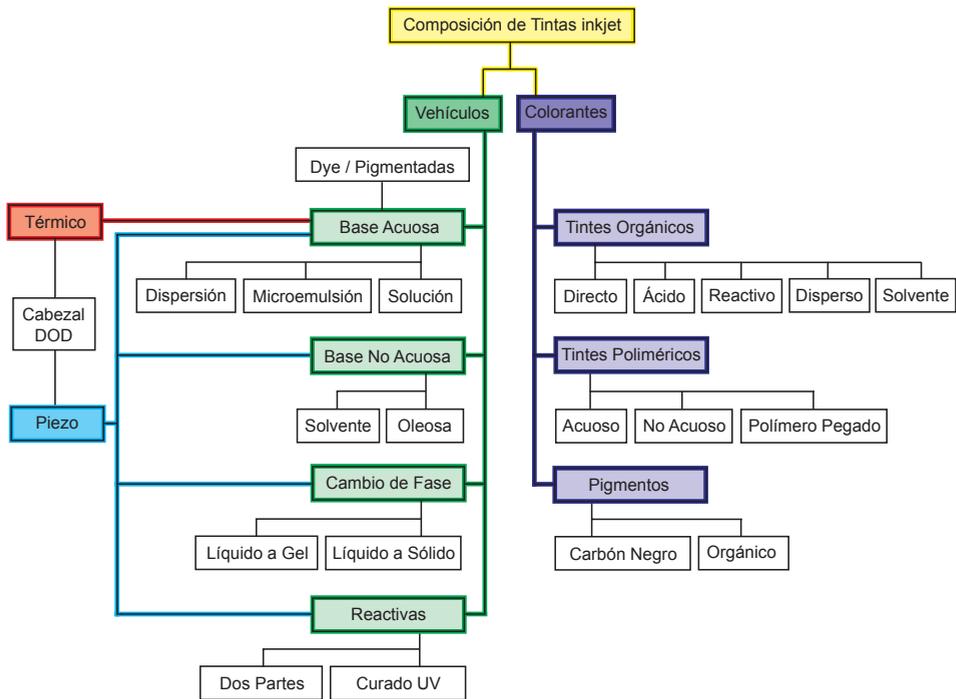


Fig.1.25 Grafico de composición de las tintas y de los tipos de cabezales que las utilizan ⁴⁷.

En el gráfico superior se pueden distinguir cuatro vehículos que definen los diferentes tipos de tinta, pero si atendemos al estado de solidificación podemos clasificarlas como: líquidas, sólidas y curables.

⁴⁶ La concentración de la carga o colorante representa del 5 al 20% de la composición total de la tinta, mientras que el vehículo o medio puede llegar a suponer hasta el 80 o 90%. Los aditivos se añaden a muy baja concentración y apenas representan un porcentaje (Kipphan, 2001: 131).

⁴⁷ Esquema basado en: (Hue, 1998: 51; Jürgens, 2009: 67).

1.4.1 Tintas líquidas.

Dentro de las tintas en estado líquido e independientemente de que su vehículo sea polar, apolar o mezcla de ambos, según la sustancia colorante se pueden diferenciar dos tipos:

- **Dye** (Jürgens, 2009: 48).

Estas tintas se sirven de los tintes para abarcar una amplia gama cromática con colores muy luminosos. La ventaja de estos tintes es que el tamaño de su partícula es muy inferior al de los pigmentos lográndose producir más color a una menor concentración. El problema fundamental que presentan estas tintas es su escasa resistencia a la luz natural, por lo que no son recomendables para impresiones que tengan que estar expuestas a luz natural directa durante largos periodos de tiempo (Rasmusson *et al.*, 2005: 38).

A pesar de que actualmente utilicen tintes más resistentes a la decoloración, siguen estando lejos de la resistencia que ofrecen las tintas pigmentadas⁴⁸. No obstante se siguen utilizando para impresiones de prueba o que vayan a ser expuestas temporalmente en ambientes de luz controlada.

- **Pigmentadas** (Jürgens, 2009: 49).

Actualmente son las más difundidas entre los usuarios que buscan una buena permanencia de sus reproducciones. La clave de su resistencia a la decoloración es la dispersión de pigmentos encapsulados en resinas. Con esta formulación la cantidad de tinta retenida en superficie es mayor, lo que se traduce en mayor intensidad de color.

A diferencia de las tintas *Dye* estas tintas son resistentes al agua, no se decoloran tan rápidamente y tiene mayor durabilidad a la intemperie. Por el contrario tienen menos luminosidad, aunque a simple vista no se aprecia esta reducción de *gamut*.

Sean acuosas o solventes, el vehículo favorece la fijación y absorción de la gota hasta que termina por evaporarse. Los aditivos permiten controlar el fenómeno modificando aspectos como la tensión superficial de la gota y su evaporación [Fig.1.26].

⁴⁸ No obstante las tintas *Dye* en ambientes de interior controlados, pueden llegar a permanecer estables hasta 120 años.

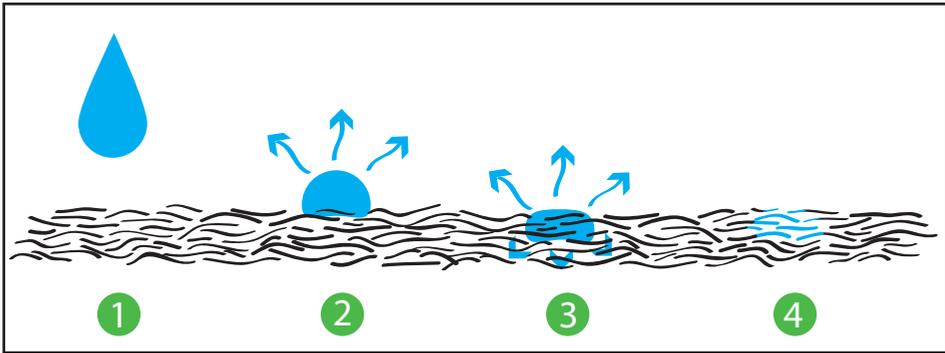


Fig.1.26 Secuencia de las fases que sufre la gota desde su inyección hasta su fijación ⁴⁹.

- ①- Momento de formación de la gota antes de llegar al sustrato.
- ②- Retraso de humectación y comienzo del proceso de evaporación.
 Una vez que la gota llega al sustrato permanecerá en la superficie sin ser absorbida durante un cierto tiempo evitándose que se produzca el efecto de “sangrado” o difusión. Por esta razón no es aconsejable tocar la superficie recién impresa hasta pasados unos minutos.
 Si el borde de la gota se distorsiona por el “sangrado” o *color bleed* produce efectos negativos de claridad y definición en el entramado de puntos además de producirse interacciones con gotas de otros colores. Esto es controlado mediante aditivos como los tensoactivos que regulan la tensión superficial del fluido y lo hacen más o menos humectante.
- ③- Proceso de absorción y evaporación del vehículo.
 Tras los primeros segundos en los que la gota se asienta y define, continua evaporándose el vehículo que facilita la penetración de los componentes colorantes en el soporte hasta su definitiva evaporación.
- ④- Evaporación del vehículo y fijación del tinte o pigmento.
 Con la evaporación de todos los componentes volátiles de la tinta, únicamente se fijan al sustrato los componentes que aportarán color a las fibras.

⁴⁹ Ilustración e información basada en: (Hue, 1998: 52)

1.4.1.1 Tintas de base agua.

Este tipo de tintas y en concreto las tintas pigmentadas *Vivera*[®] de base agua desarrolladas por *Hewlett-Packard*, han sido testadas y utilizadas en numerosos proyectos por el equipo de Restauración de Pintura Mural del *CRBC* de la Universidad Politécnica de Valencia para la reproducción de grandes pérdidas de pintura mural sobre soporte lienzo de *HP* o mediante transferencias utilizando *Papelgel*[®] de *Arsuspaper* (Regidor *et al.*, 2008: 34).

Si se comprueban las especificaciones técnicas de este tipo de tintas pigmentadas de base agua en la pagina de *Hewlett-Packard*⁵⁰, queda demostrado que además de otros componentes, el vehículo representa el 80% de la tinta [Fig.1.27].

Composición	% por peso
Agua	70 - 80
2-Pirrolidona	5 - 10
Alquildiol	5 - 10
Dietileno glicol	5 - 10
Sal polímero 683-K	1 - 2,5
Trietanolamina	1

■ Presente en todos los colores
■ Presentes en la mayoría de los colores
■ Presentes en algunos colores

Fig.1.27 Composición de las tintas *Vivera*[®] de *Hewlett-Packard* de impresoras serie z3200.

Si pensamos en los materiales utilizados para dar color en la pintura mural al fresco y en los componentes principales de una tinta de impresora de base agua pigmentada, descubriremos que en ambos casos se utiliza básicamente la mezcla de agua y pigmentos. Con esto se puede afirmar que la única diferencia entre ambas técnicas es la forma de aplicar el color. En el fresco es la mano del artista mediante pinceladas y en la impresión, el cabezal es el encargado de aplicar las gotas de tinta.

⁵⁰ Para comprobar los componentes de las tintas *HP*, acceder a las hojas de seguridad en *HP Material Safety Data Sheets* (MSDS) introduciendo el código del cartucho a estudiar en la siguiente dirección web: *Hewlett-Packard Material Safety Data Sheets* [Sitio web]. [Consulta: 6 de Agosto de 2011]. Disponible en: <http://www8.hp.com/us/en/hp-information/environment/msds-specs.html>.

Hay que tener en cuenta que a la hora de reconstruir una laguna en una pintura mural al fresco es muy importante que la técnica de retoque utilizada no modifiquen la transpiración del muro. Con este tipo de tintas es de suponer que la permeabilidad no se verá comprometida⁵¹ [Fig.1.28].

No obstante hay que tener especial cuidado con las tintas o los productos aplicados sobre un mural. La creación de un *film* sobre la superficie reconstruida puede tener consecuencias fatales a largo plazo para el original, sobre todo cuando el porcentaje de lo reintegrado es muy elevado. Una impermeabilización excesiva puede provocar la acumulación de humedad sobre la superficie (por condensación) o en el interior del muro (por falta de transpiración).

La formación de rocío por condensación sobre la superficie mural, se producirá cuando las zonas reconstruidas sean completamente impermeables. El resultado será que las gotas de agua acumuladas terminarán resbalando por la superficie. En su camino arrastrarán la suciedad depositada hasta detenerse en las áreas permeables del original. En este punto las gotas serán absorbidas, dejando los restos sobre la pintura [Fig.1.29].

Por otro lado, si la humedad viene del interior y no puede evaporarse, lo que sucederá es que el vapor de agua que antes podía fluir con normalidad por toda la superficie, ahora se condensará por debajo de las zonas impermeables. Como consecuencia, la humedad interior tenderá a “buscar” áreas de transpiración, que en este caso resultarán ser las zonas originales que siguen conservando su porosidad. El agua que surja por el original, contendrá suciedad y una alto porcentaje de sales que se acumularán en forma de eflorescencias sobre la pintura original. Mientras tanto, por debajo de la reintegración impermeable se formarán subeflorescencias que disgregarán con su formación y acumulación, la redícula cristalina del revoque [Fig.1.30].

⁵¹ Las pruebas realizadas en el capítulo 4 demuestran que un mortero impreso con tintas base agua conserva la misma absorción que uno pintado con la técnica del fresco. Ver gráfica de absorción [Pag.249].

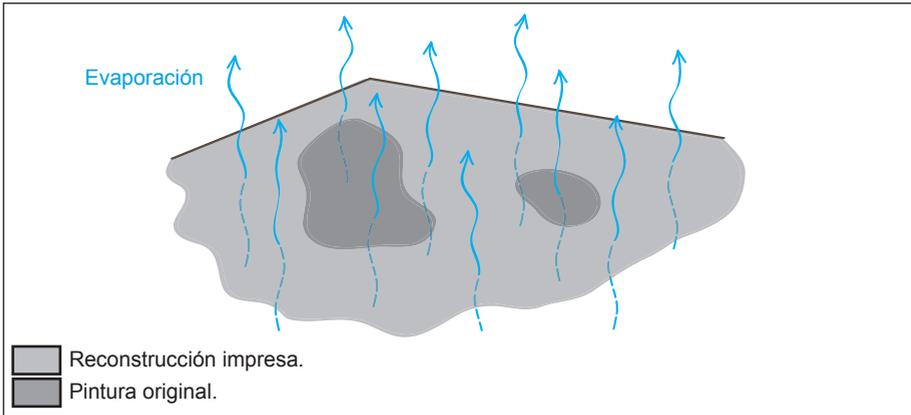


Fig.1.28 Reconstrucción con tintas de base agua. Transpiración homogénea.

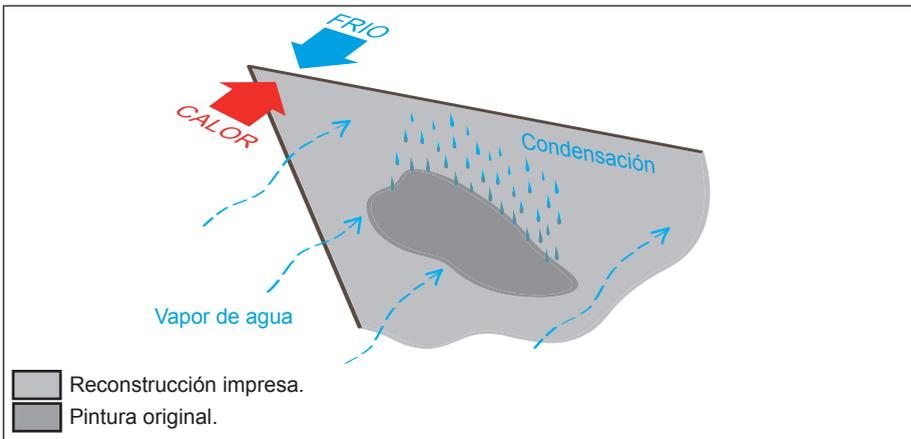


Fig.1.29 Reconstrucción con tintas impermeables. Condensación sobre la superficie.

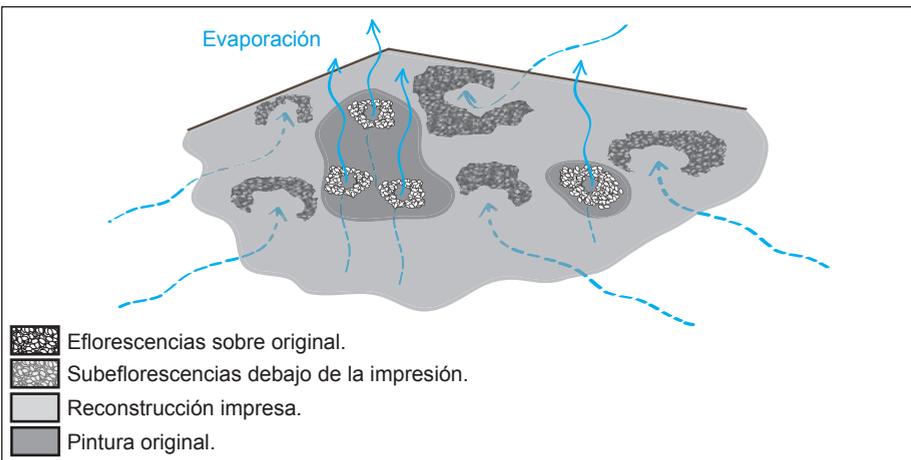


Fig.1.30 Reconstrucción con tintas impermeables. Transpiración heterogénea.

1.4.2 Tintas sólidas.

Las tintas sólidas también llamadas de cambio de fase, están compuestas por un vehículo ceroso termoplástico que a temperatura ambiente se mantienen en estado sólido pero que al aplicarle calor se fluidifica.

Estas tintas se suministran en bloques sólidos de color negro, cian, magenta y amarillo. Están compuestas por una mezcla patentada de polietileno y ceras de amida grasa, resinas y tintes⁵² [Fig.1.31].



Fig.1.31 Cartucho de tinta sólida de la Impresora Xerox serie ColorQube.

En el proceso de impresión el bloque es calentado a altas temperaturas para que el cabezal piezoeléctrico pueda inyectar la tinta sobre un tambor que la distribuye y transfiere sobre el soporte.

A pesar de la naturaleza cerosa del vehículo, una vez solidificadas las tintas sobre el papel, se corre el riesgo de que “salten” al ser manipulado. Por esta razón se aplican plastificantes que le confieren cierta elasticidad. Este sistema fue desarrollado por *Tektronix* que vendió su división de impresión a *Xerox* en el año 2000.

Obviamente este tipo de tintas tienen escaso interés en la reconstrucción de obras de arte.

⁵² En la siguiente publicación, dedican información a una de las primeras impresoras de tinta sólida doméstica que lanzó Xerox al mercado. La *Fuji Xerox Phaser 8400 Solid Ink Printer* (AAVV, 2004: 74).

1.4.3 Tintas reactivas.

La ventaja que ofrecen estas tintas respecto a otras como las de base agua, es que no precisan soportes con tratamientos superficiales de tipo *coating*. Además, poseen una gran resistencia a la intemperie. Por esta razón son muy utilizadas para imprimir sobre todo tipo de soportes rígidos y flexibles.

Estas tintas permanecen en estado líquido hasta que el carro de impresión las expone a la luz UV en cada pasada [Fig.1.32]. La luz ultravioleta se utiliza para iniciar la polimerización de las moléculas que componen la tinta produciendo el “curado” y formándose un *film* de tinta sobre la superficie. Esta característica es lo que las diferencia de las tintas solventes o de base agua en las que el vehículo necesita evaporarse.

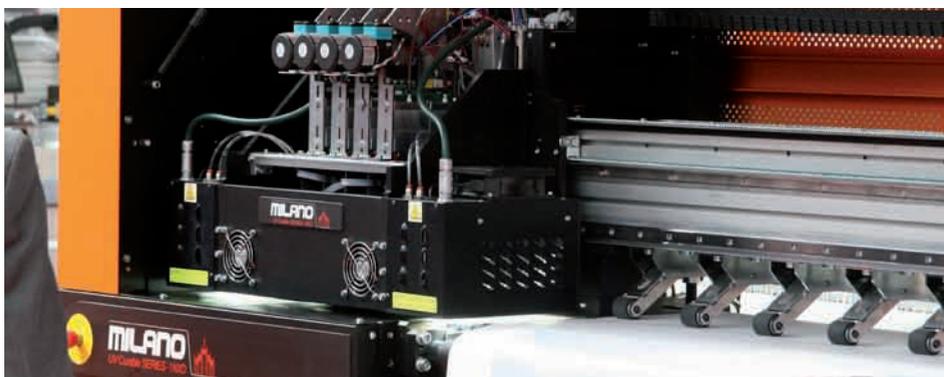


Fig.1.32 Impresora Milano UV SERIES-1NXD con las lamparas UV encendidas.

1.4.4 Propiedades de las tintas de impresión.

Al margen de las propiedades físicas que definen el comportamiento de una tinta, lo que realmente determina la calidad de una impresión son las características del soporte sobre el que se aplica.

Esta interacción establecida entre la tinta y el soporte es fundamental tenerla en cuenta a la hora de realizar algún tipo de cambio en las características de la superficie receptora. Un soporte inadecuado puede llegar a modificar aspectos como el sangrado o la densidad óptica de la tinta⁵³ [Fig.1.33].

⁵³ En el capítulo 4 se analizan las consecuencias de utilizar soportes murales en lugar de *medias* específicos de impresión [Pag.188].

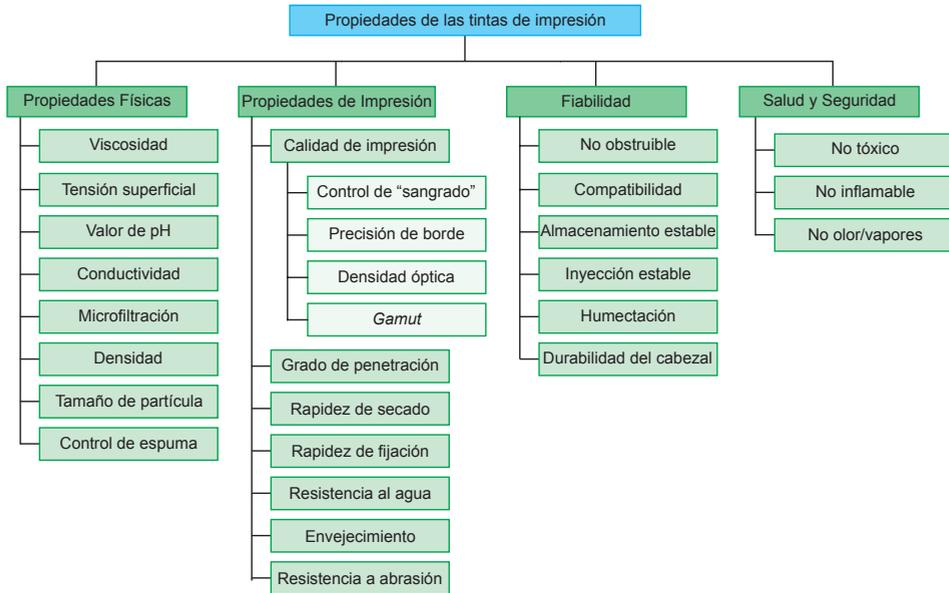


Fig.1.33 Propiedades a tener en cuenta en las tintas de impresión ⁵⁴.

⁵⁴ Esquema extraído de: *InkTec* [Sitio web]. [Consulta: 6 de Octubre de 2011]. Disponible en: http://www.inktec.com/english/product_info/inkjet.asp.

*2.- DISEÑO Y FABRICACIÓN
DE PROTOTIPOS INKJET
PARA LA IMPRESIÓN DIRECTA
DE SUPERFICIES MURALES*

Los prototipos que se muestran a continuación son fruto de un trabajo previo de investigación, cuyo objetivo principal ha sido experimentar de primera mano la viabilidad de utilizar los sistemas de impresión *inkjet* para reconstruir directamente pérdidas en pintura mural. Para comprobar esto, lo más “sencillo” y económico ha sido partir de impresoras comercializadas de bajo coste y readaptarlas a las exigencias requeridas por la nueva tarea.

El inconveniente al que nos hemos enfrentado reutilizando dispositivos diseñados exclusivamente para imprimir sobre soportes flexibles, ha sido la adaptación del complejo sistema que se encuentra por debajo del nivel de inyección [Fig.2.1]. En muchos casos la mecánica que utilizan estas impresoras combina complejos mecanismos tipo *clutch* o *embrague* (activados por el movimiento del carro), con sistemas de alimentación, detección y desplazamiento del papel. Para imprimir con este tipo de dispositivos sobre soportes murales, la eliminación de estas partes resulta inevitable pero muy complicada [Fig.2.2].

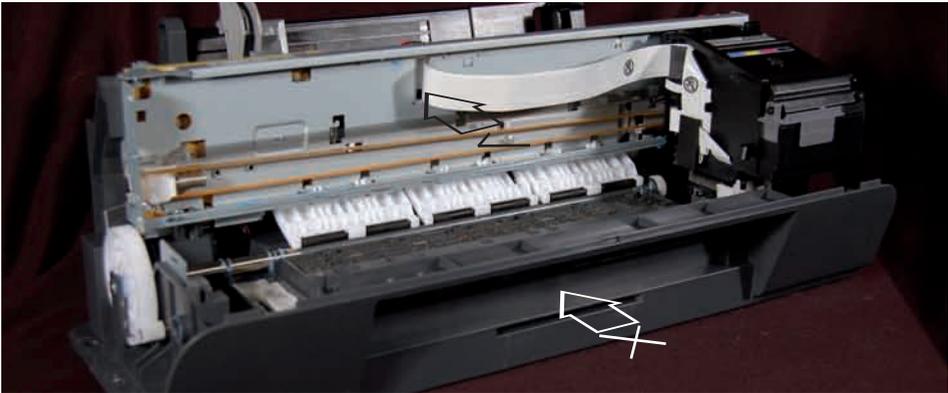


Fig.2.1 Estructura inferior a eliminar encargada de cargar y desplazar el papel.

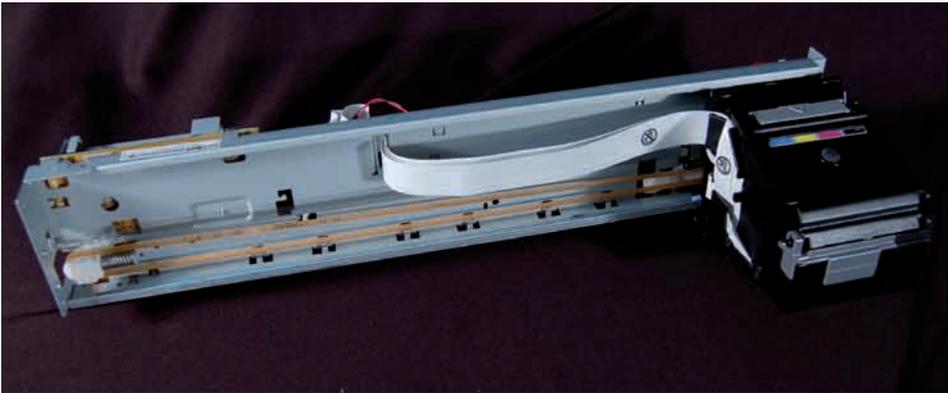


Fig.2.2 Guía del carro de inyectores con lo imprescindible para su funcionamiento.

2.1 PRIMERAS EXPERIENCIAS

La impresora utilizada para las primeras pruebas de impresión directa fue una *Epson Stylus C62*. Su adaptación fue parcial y sólo se consiguió imprimir con el desplazamiento horizontal del carro de inyectores [Fig.2.3]. No obstante, permitió comprobar el efecto de modificar la distancia original de los cabezales y la influencia de la naturaleza del soporte en la calidad de impresión [Fig.2.4 a Fig.2.7].

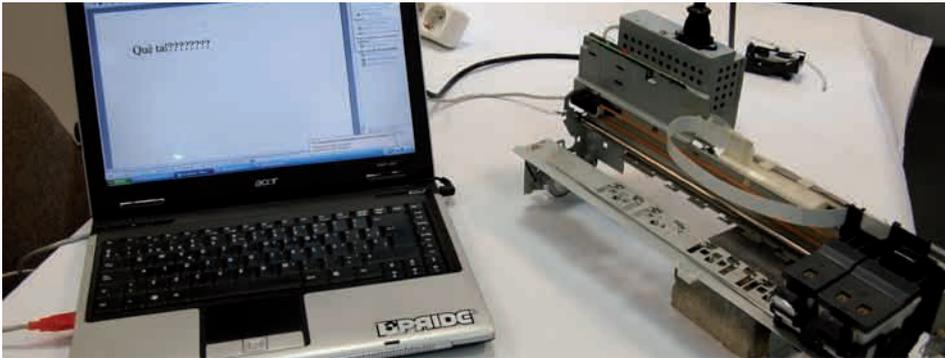


Fig.2.3 Estructura interna del carro de inyectores de la impresora Epson Stylus C65.



Fig.2.4 Escultura de yeso.



Fig.2.5 Adoquín de hormigón.



Fig.2.6 Madera.

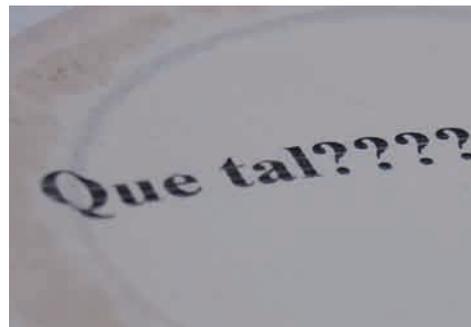


Fig.2.7 Cartón.

2.2 PROTOTIPOS EXPERIMENTALES DE IMPRESIÓN DIRECTA

Tras la experiencia adquirida con la adaptación parcial de la impresora *Epson Stylus C62*, y algunos fracasos con otros modelos, se fabricaron diferentes prototipos a partir de impresoras *HP Deskjet* de la serie 900.

Gracias a estos prototipos se ha conseguido:

- Ensayar diferentes soluciones estructurales para adaptar los inyectores a posiciones y geometrías tan distintas como la de un techo, una pared o una bóveda.
- Imprimir con éxito sobre superficies murales.

2.2.1 Prototipo flatbed con inyección orientada boca abajo.

Para su fabricación se ha utilizado una impresora *HP Deskjet 940c* [Fig.2.8]. Con su transformación se ha conseguido convertirla en una impresora de base plana capaz de imprimir sobre superficies murales. El trabajo comenzó por eliminar todas las cubiertas de plástico [Fig.2.9 y Fig.2.10]



Fig.2.8 Impresora HP DeskJet 940c.



Fig.2.9 Eliminación de la carcasa principal.

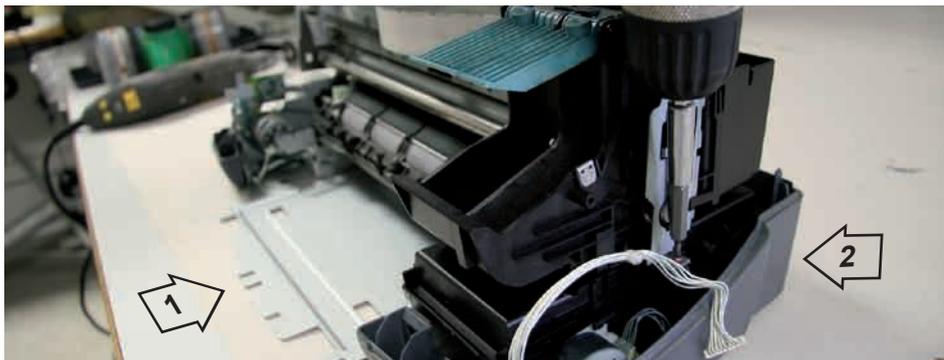


Fig.2.10 Eliminación de: (1) carcasa de carga de papel y (2) tapas de protección inferior.

Antes de continuar desmontando la impresora, se imprimió varias veces para conocer mejor el funcionamiento de cada una de las partes móviles. Normalmente estas partes precisan de los llamados *encoders*. Estos dispositivos proporcionan información de la posición angular o lineal gracias a un disco o banda escalada que pasa a través de un detector de horquilla óptica (Angulo, Romero y Angulo, 2006: 25). En este caso la impresora disponía de dos, uno circular para el eje que desplazaba el papel y otro lineal para el movimiento del carro de impresión [Fig.2.11].

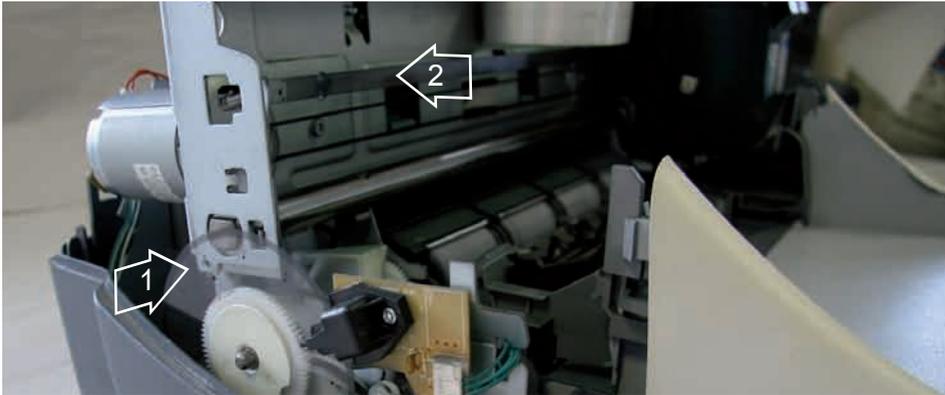


Fig.2.11 Encoders para controlar: velocidad del eje rotor del papel (1) y posición del carro (2).

Como veremos más adelante, para conservar la velocidad original de desplazamiento vertical del soporte (VDV), fue inevitable reubicar y reutilizar el eje rotor del papel y el motor que lo mueve.

El siguiente paso consistió en separar el modulo principal de impresión del armazón metálico que ubicaba el eje para avanzar el papel [Fig.2.12].

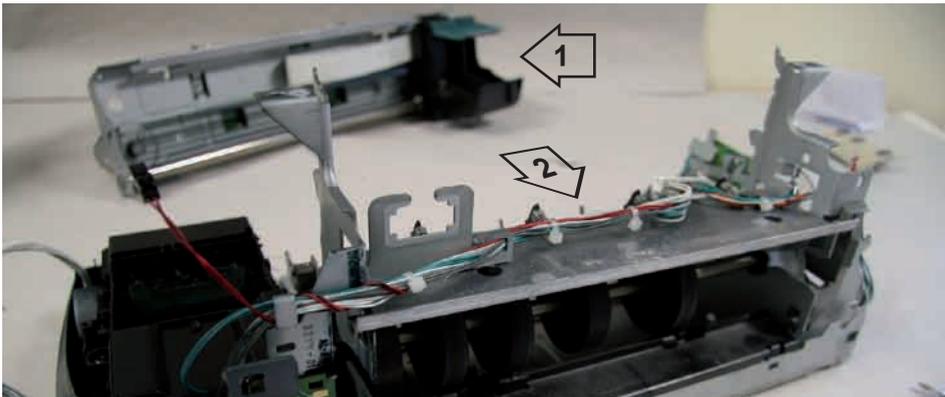


Fig.2.12 Separación del modulo principal en impresión (1) de la estructura de soporte (2).

A continuación, se extrajeron y descartaron todas las piezas que originalmente se encargaban de conducir el papel hasta el plano de impresión [Fig.2.13].

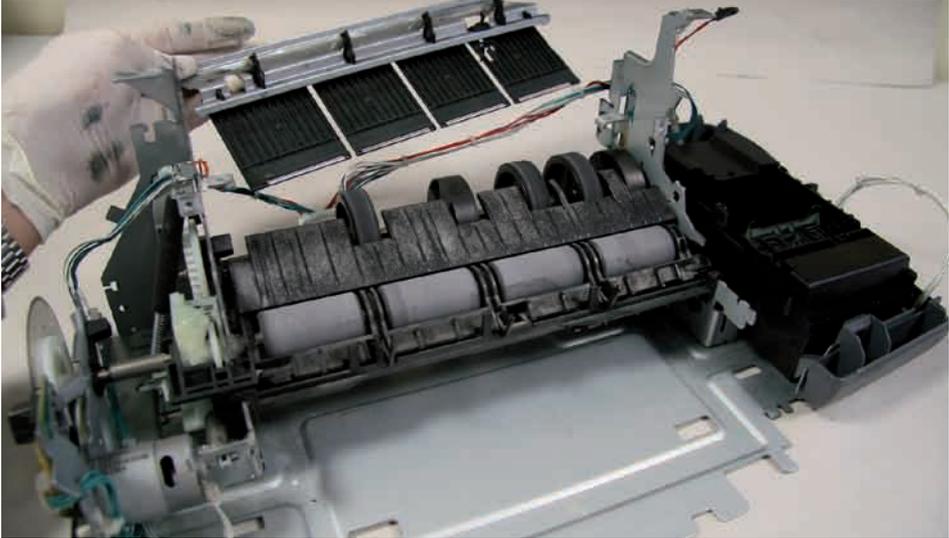


Fig.2.13 Proceso de extracción y descarte de piezas del mecanismo de carga de papel.

Finalmente se consiguió acceder al rodillo de desplazamiento principal del papel, del cual se aprovechó el motor encargado de moverlo y el propio eje [Fig.2.14].

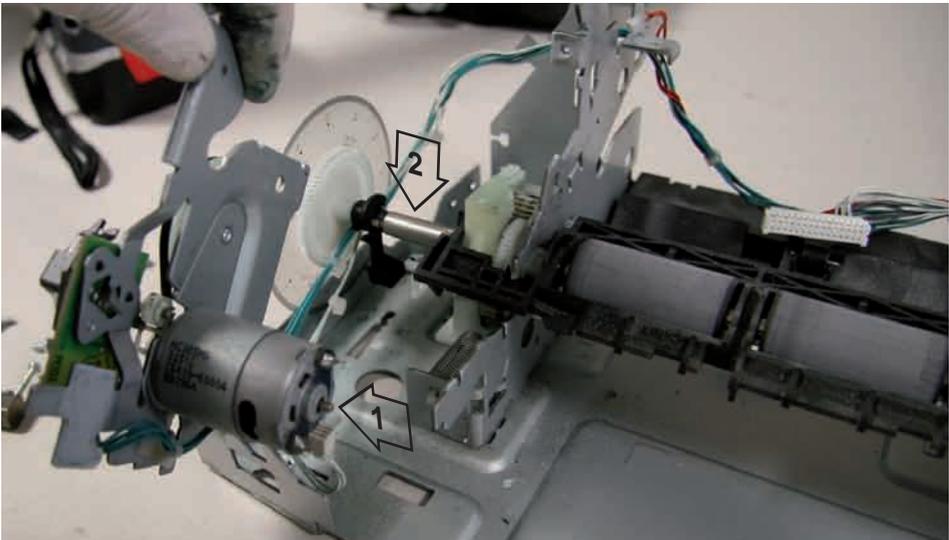


Fig.2.14 Extracción de: (1) motor de pasos, (2) eje de desplazamiento del papel.

De la estructura de metal base se cortaron aquellas partes necesarias para devolver la consistencia y estabilidad necesaria al módulo principal de impresión [Fig.2.15].



Fig.2.15 Corte de los fragmentos necesarios para la estructura del carro de impresión .

Como se decidió que lo más sencillo era desplazar todo el módulo principal de impresión a lo largo de la superficie de impresión y no al revés, se fabricaron unas piezas con ruedas caladas para deslizar todo el sistema a lo largo de unos rieles. [Fig.2.16].

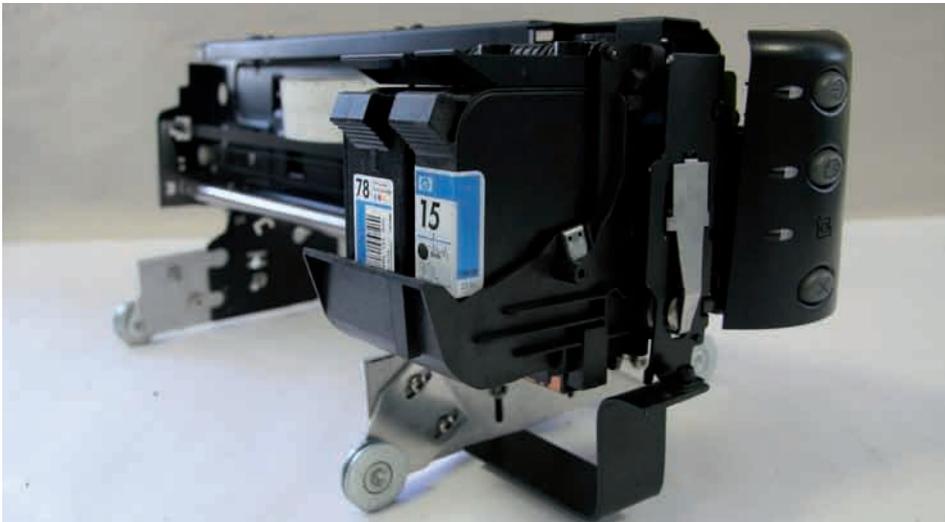


Fig.2.16 Modulo de impresión con el nuevo sistema de desplazamiento de ruedas caladas.

Para terminar se fijaron a un tablero unas guías con perfil en L. En estos perfiles se encastraron las ruedas caladas para permitir el deslizamiento del cuerpo principal de la impresora a lo largo de la superficie impresa. Además, como se necesitaba que la velocidad y cadencia de avance de los inyectores se correspondiese con la configuración original de fábrica, se reutilizó el eje rotor y el motor de pasos asociado a éste. [Fig.2.17 y Fig.2.18].

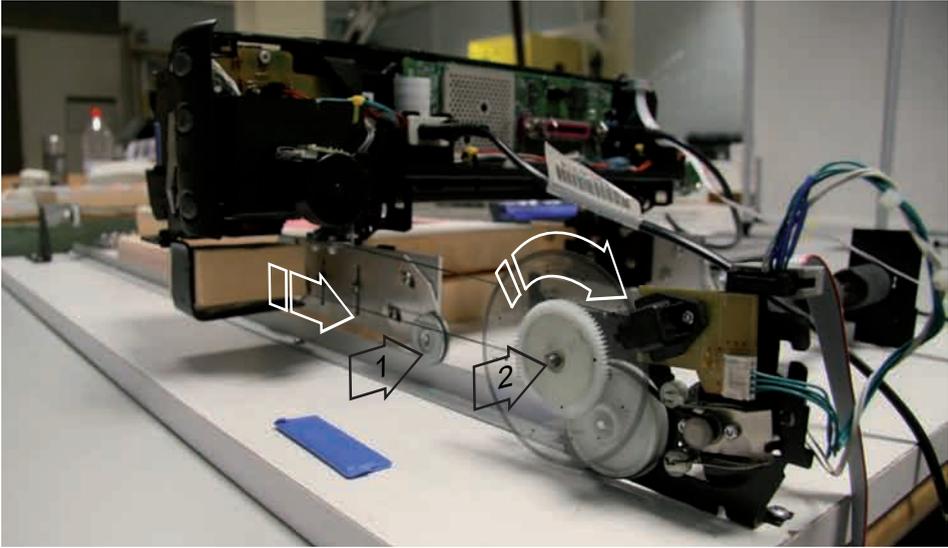


Fig.2.17 (1) Ruedas y guías de perfil en L. (2) motor y eje reutilizado para el avance.

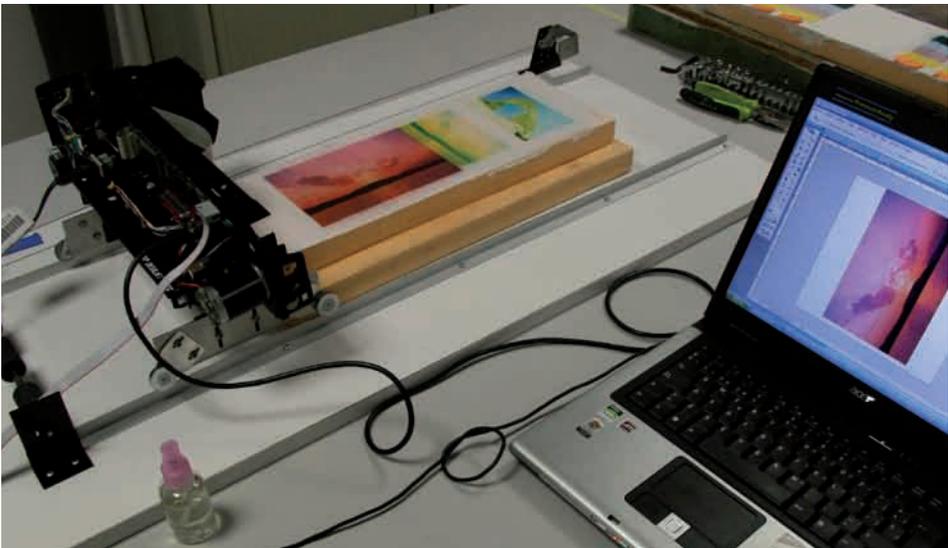


Fig.2.18 Imagen impresa sobre mortero de cal.

2.2.2 Prototipo flatbed con inyección orientada boca arriba.

Aunque el sistema de inyección de la impresora utilizada⁵⁵ no imprime en estas condiciones, la intención de este prototipo fue simular la viabilidad de adaptar los sistemas de impresión *inkjet* a techos de superficie plana [Fig.2.19]. Con esta solución se facilitaría enormemente el proceso de reconstrucción manual, ya que en estas circunstancias la postura a adoptar por el restaurador es muy incómoda.

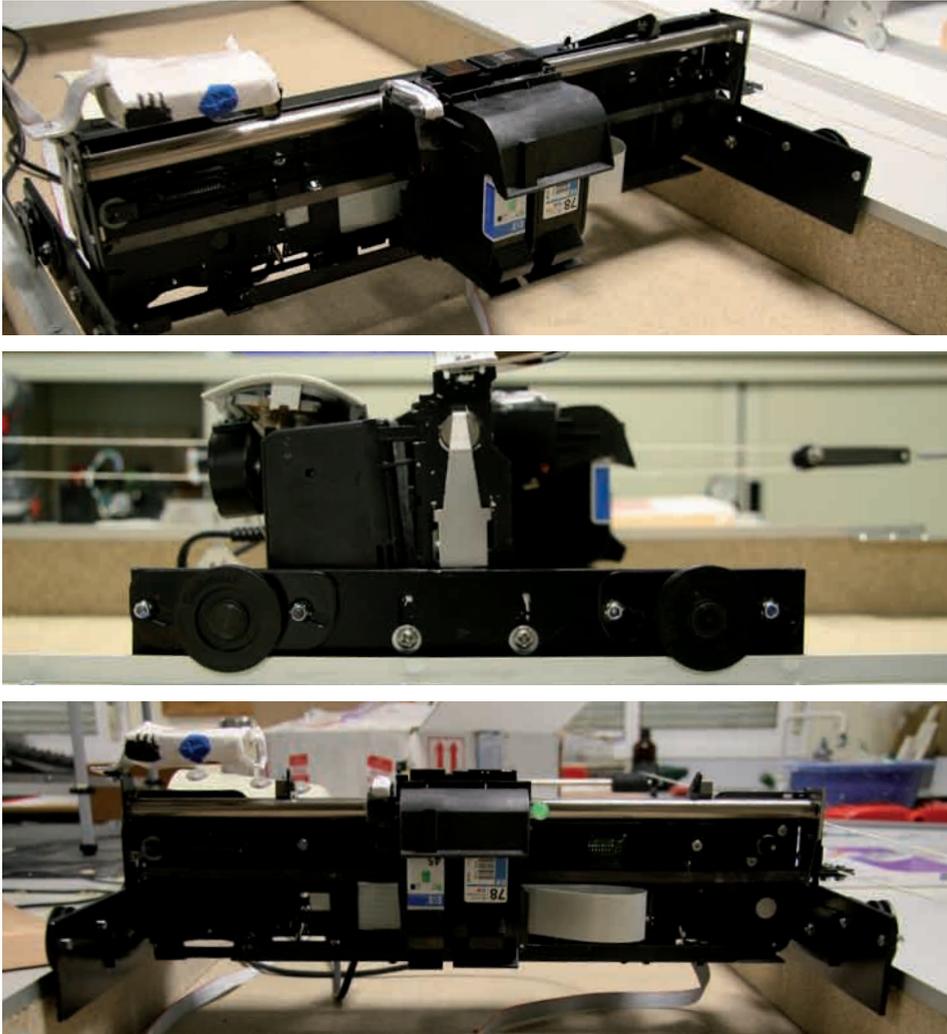


Fig.2.19 Prototipo experimental para impresión de techos planos.

⁵⁵ En este caso se ha utilizado una HP Deskjet 990Cse cuya mecánica es idéntica a la HP Deskjet 940c. Los cartuchos de estas impresoras no permiten imprimir boca arriba.

2.2.3 Prototipos con inyección orientada perpendicularmente al plano de impresión vertical y abovedado.

Las siguientes maquetas muestran el trabajo previo de experimentación en torno a soluciones dirigidas a comprobar la adaptación de los cabezales de impresión a superficies verticales y abovedadas [Fig.2.20 a Fig.2.23].



Fig.2.20 Maqueta de estructura vertical realizada en PVC.



Fig.2.21 Maqueta de estructura vertical realizada en tubo de acero.

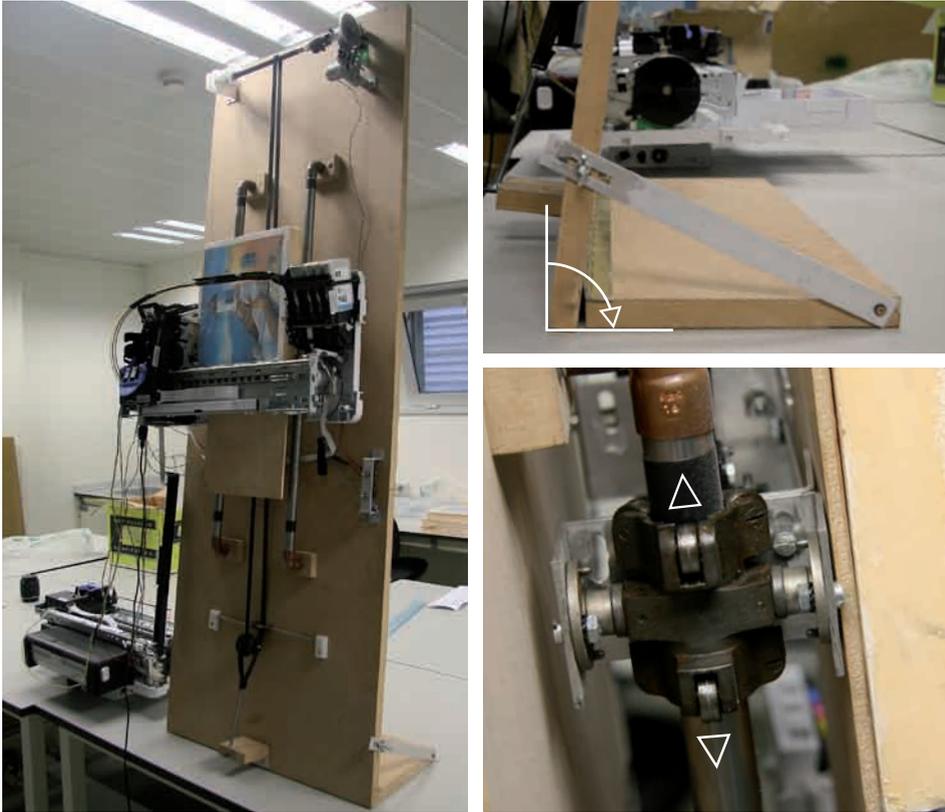


Fig.2.22 Prototipo de impresión vertical para comprobar la impresión en diferentes ángulos.



Fig.2.23 Estructura para la adaptación de una impresora a una superficie abovedada.

*3.-SOLUCIONES INKJET
ROBOTIZADAS PARA LA
RECONSTRUCCIÓN DIRECTA
DE PINTURA MURAL*

Como ya hemos mencionado, la aplicación directa de los sistemas de impresión en el campo de la restauración tiene sus limitaciones. Actualmente, no existe ningún dispositivo capaz de adaptarse específicamente a las múltiples configuraciones geométricas y de orientación que puede presentar la superficie pictórica de una obra.

La propuesta lanzada busca mediante la combinación de la tecnología de impresión y la robótica, facilitar y simplificar los procedimientos de reproducción utilizados hasta la fecha.

La robotización de un sistema de impresión permitiría reducir notablemente el tiempo de trabajo del restaurador, asegurando al mismo tiempo la uniformidad, regularidad y precisión de la imagen reproducida.

La solución que se presenta está dotada de todas aquellas partes de la impresora que intervienen directamente en la inyección de la tinta, añadiendo además nuevas funciones regidas por un complejo conjunto de detectores y actuadores que permiten al sistema trabajar de forma precisa y autónoma.

Este capítulo se articula en tres partes:

- **3.1 LOS ROBOTS DE SERVICIO** [Pag.114].

Apartado en el que se hace una breve introducción de las ventajas que ofrece la robotización de tareas de uso cotidiano y de ámbito profesional (fuera del ámbito industrial).

- **3.2 PARÁMETROS A CONSIDERAR DE LOS SISTEMAS INKJET** [Pag.118].

Apartado en el que se revisan los parámetros a tener en cuenta de los sistemas de impresión *inkjet* a la hora de adaptarlos a nuevas condiciones de trabajo.

- **3.3 DISEÑO Y SIMULACIÓN VIRTUAL DE SISTEMAS INKJET ROBOTIZADOS PARA LA IMPRESIÓN DIRECTA DE PINTURA MURAL** [Pag.128].

Apartado en el que se presenta el diseño y la simulación virtual de dos soluciones *inkjet* robotizados adaptadas a superficies planas y abovedadas.

3.1 LOS ROBOTS DE SERVICIO

El término *Robots de Servicio* surgió a principios de los 80 para referirse a aquellos robots que comenzaban a trabajar fuera de entornos industriales estructurados. A diferencia de los robots industriales diseñados y programados para desarrollar tareas concretas y repetitivas en cadenas de montaje, estos robots son capaces de interactuar con los humanos en entornos no definidos (Bekey, 2005: 2).

Según la *IFR International Federation of Robotics* un robot de servicio es⁵⁶:

Un robot que opera de manera automática o semiautomática para realizar servicios útiles al bienestar de los humanos o a su equipamiento, excluyendo las operaciones de fabricación.

En 1995 la *IEEE Robotics and Automation Society* creó el *Technical Committee on Service Robots* que definió las áreas de aplicación de estos robots agrupables en:

- Sectores productivos no manufactureros como medicina, agricultura o construcción.
- Sectores de servicio como entretenimiento, vigilancia, educación o asistencia personal.

Una de las actividades más emocionantes de la robótica consiste en la búsqueda de nuevos diseños y aplicaciones de los robots y sistemas robóticos. Para justificar su uso en nuevas áreas de aplicación y confirmar las ventajas ofrecidas respecto a los procedimientos tradicionales, han de ser identificados y estudiados correctamente todos los requisitos. Este proceso requiere investigaciones específicas y actividades de diseño que desarrollen el sistema ajustado a las nuevas exigencias requeridas por la nueva área de aplicación del robot.

Uno de los problemas fundamentales es que a menudo las nuevas aplicaciones están dirigidas a nuevos usuarios potenciales, que además pueden carecer de una adecuada formación técnica, y de las actitudes necesarias para la aplicación y el uso de sistemas robóticos en sus trabajos. Por esta razón, se hace necesario simplificar al máximo su funcionamiento, facilitando la adaptación y la convivencia del usuario con el sistema robotizado (Ceccarelli, 2011: 299).

⁵⁶ Información extraída en: IFR International Federation of Robotics. [Sitio web]. [Consulta: 5 de Febrero de 2012]. Disponible en: <<http://www.ifr.org/>>, ruta: service robots.

En los últimos años la robótica se ha centrado en los robots de servicio, desarrollando nuevos sistemas aplicables en áreas no tan técnicas. En muchos casos, los resultados ya están disponibles en el mercado y existe una amplia oferta de aplicaciones en diversos campos [Fig.3.1].



Fig.3.1 Silla de ruedas Kinova con brazo articulado JACO y Robot infantil Spy Video TRAKR.

A pesar de que estos sistemas no tengan la apariencia de un robot común, se definen como sistemas robóticos por el hecho de tener una estructura y una funcionalidad con la versatilidad y flexibilidad que poseen los robots convencionales. Esta versatilidad y flexibilidad les permite tener una gran capacidad de adaptación y reajuste de su movilidad y de su forma de interactuar con el ambiente que los rodea, pudiendo además ser reprogramados y regulados para el desarrollo de nuevas acciones (Ceccarelli, 2004: 6). Además, la posibilidad de ser tele-operados por humanos en ambientes no definidos desde un origen, les permite desempeñar tareas que a menudo son mucho más complejas que las realizadas por aquellos utilizados con fines industriales.

El nivel de autonomía de un robot de servicio, depende del grado de implicación en su manipulación que tenga el operador o usuario humano que lo utilice y de la tarea específica que tenga que realizar. Para lograr los objetivos establecidos, será necesario el diseño de una estructura versátil que pueda ajustarse a las operaciones de flexibilidad requeridas por el trabajo.

Algunas de estas tareas de servicio pueden requerir de una autonomía completa que sólo puede ser lograda con el uso de inteligencia artificial, sobre todo cuando el robot debe operar de manera completamente autónoma en ambientes no estructurados y correctamente definidos.

En otros casos, cuando el entorno esta bien definido, la autonomía del sistema robotizado puede ser diseñada utilizando únicamente sensores adecuados que permitan planificar correctamente la trayectoria a describir por el sistema (Cecarelli, 2011: 300).

Otro de los grandes desafíos de los robots de servicio es conseguir la aceptación por parte de los usuarios y operadores que los utilizaran en áreas donde antes no eran usados. Esto exige el desarrollo de nuevas soluciones para los problemas de diseño y operaciones a realizar por el robot en estos casos específicos (Ceccarelli y Cigola, 2012: 218).

En este sentido, la integración multidisciplinar requerida para definir las tareas a realizar por robots de servicio utilizados en campos como el de la Conservación y Restauración del Patrimonio, es mucho más amplia y crucial que en cualquier otro ámbito de la ingeniería al tener en cuenta:

- *Aspectos técnicos para el diseño y fabricación.*

Desarrollados por diferentes ramas de la ingeniería como la mecánica, la electrónica y la informática.

- *Actitudes y limitaciones de los operadores o usuarios.*

Fundamental a tener en cuenta a la hora de diseñar el sistema robotizado para facilitar y simplificar su manejo a los potenciales usuarios del sistema robotizado.

- *Interacciones hombre/máquina y problemas con el entorno.*

La comunicación entre el usuario final (restaurador) e ingenieros para definir las tareas a realizar por el robot ha de ser total cuando se necesitan desarrollar sistemas robotizados que desempeñen labores en campos como el de la Conservación y Restauración del Patrimonio. En estos casos, el éxito del sistema no sólo dependerá del correcto funcionamiento del robot, sino que además ha de funcionar según las exigencias requeridas por el usuario y las condiciones específicas de conservación que presente la obra a intervenir.

En muchas ocasiones los problemas vienen a la hora de desarrollar e implantar la solución robotizada, ya que han de conciliarse las propuestas y exigencias de grupos pertenecientes a distintas áreas de conocimiento como ingenieros, restauradores y arquitectos. A pesar de todo, encontramos algunos ejemplos en el campo de la restauración del patrimonio donde la utilización de sistemas robotizados han permitido llevar a cabo tareas tan

delicadas como la consolidación y reposición de elementos estructurales en espacios inaccesibles (Bosch *et al.*, 2006: 201) [Fig.3.2] o realizar trabajos de estudio previo de las obras (Ceccarelli *et al.*, 2002: 117).

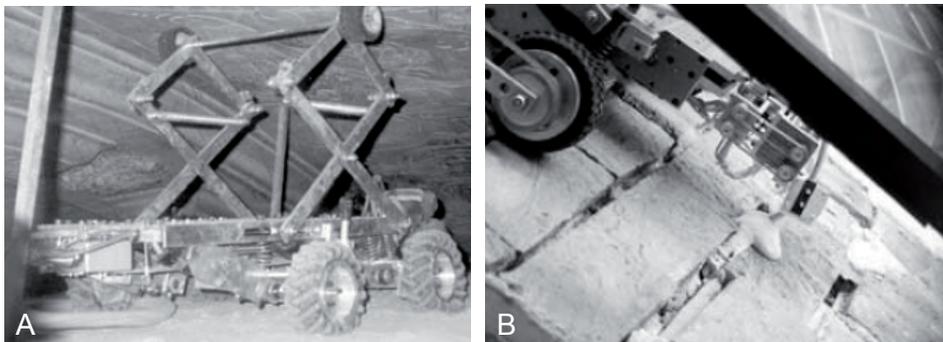


Fig.3.2 Robot utilizado en espacio intrabóveda de la Real Basílica Ntra. Sra. de los Desamparados de Valencia para la reposición de: tirantes de fijación (A) y consolidación de juntas (B).

3.2 PARÁMETROS A CONSIDERAR DE LOS SISTEMAS INKJET

Lo habitual en los sistemas de impresión comercial es que la estructura que los monte sea fija y estable, y los cabezales de inyección de tinta estén orientados boca abajo separados a una cierta distancia del soporte. La modificación excesiva de cualquiera de estas condiciones establecidas por el fabricante, puede llegar a repercutir notablemente en la disposición y tamaño ideal de las gotas de tinta que forman la imagen⁵⁷.

Para poder adaptar y orientar en cualquier dirección el dispositivo robotizado sin repercutir en la impresión final, se han tenido en cuenta los siguientes parámetros y factores físicos que influyen en la correcta formación de la imagen.

3.2.1 Desplazamiento de los cabezales de inyección.

En el proceso de impresión, el carro se desplaza a una velocidad lateral horizontal (VDH - *Velocidad de Desplazamiento Horizontal*) y a otra de avance vertical (VDV - *Velocidad de Desplazamiento Vertical*), que normalmente son inversamente proporcionales a la calidad de impresión. Durante el desplazamiento horizontal, la tinta es lanzada tanto a la ida (Pd) como a la vuelta (Pi). Estas pasadas se superponen con las siguientes que se generan en los sucesivos avances del carro (A) [Fig.3.3].

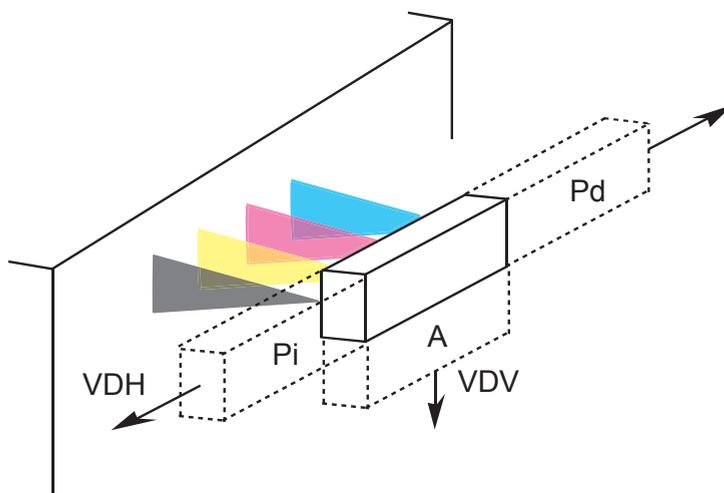


Fig.3.3 Parámetros de desplazamientos del carro.

⁵⁷ Ir al capítulo 4 donde se ejemplifican algunas de las consecuencias que se producen al modificar excesivamente algunos de estos parámetros [Pag.146].

La resolución del sistema de impresión no sólo depende de factores como la calidad de la tinta, el tipo de soporte o la tecnología de inyección utilizada, también entran en juego la cantidad de pasadas que realice el carro en cada avance [Fig.3.4], y del área superpuesta entre estos avances [Fig.3.5 y Fig.3.6].

Según el número de pasadas que se superpongan (Pd y Pi) en un mismo avance (A) tendremos que a:

- + Pasadas = + Tinta = Impresión + Lenta = Mejor Calidad (“Fotográfica”)
- Pasadas = - Tinta = Impresión + Rápida = Peor Calidad (“Borrador”)

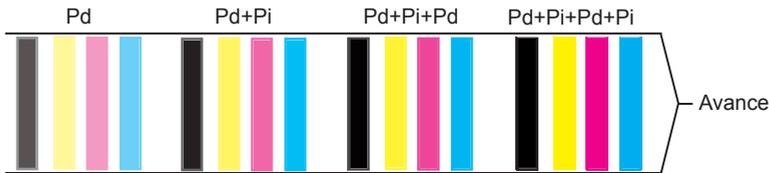


Fig.3.4 Resolución en función del número de pasadas realizadas sobre el mismo avance.

Según la distancia recorrida por el avance del carro (A) tendremos que a:

- + Distancia = - Superposición = + Rápida = Peor Calidad (“Borrador”)
- Distancia = + Superposición = + Lenta = Mayor Calidad (“Fotográfica”)

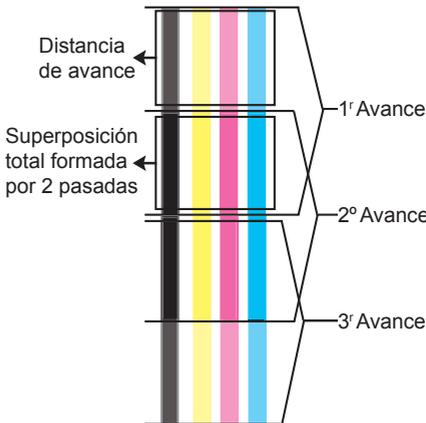


Fig.3.5 Calidad “borrador” por avances menos superpuestos.

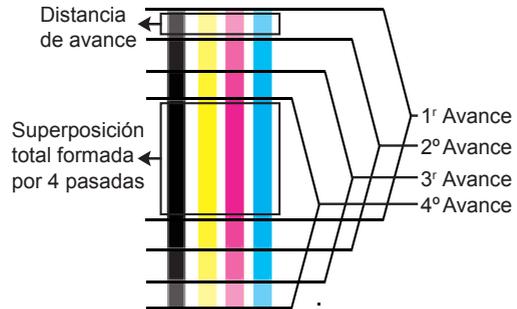


Fig.3.6 Calidad “fotográfica” por avances más superpuestos.

La modificación de estos desplazamientos tendría consecuencias directas en el ajuste de los puntos que forman el mosaico de gotas, afectando directamente al color y a la definición de la imagen⁵⁸.

⁵⁸ Ver [Fig.4.22] [Pag.146] donde se muestra el efecto de una mala sincronización entre el avance del carro y su desplazamiento lateral. A este efecto se le denominado como *banding* .

3.2.2 Distancia de separación entre los cabezales y el soporte.

Para evitar el contacto de los inyectores con las irregularidades que presentan las superficies murales, es inevitable que el sistema robotizado modifique y adapte la distancia de separación de los cabezales. El problema es que para obtener una cierta calidad de impresión esta distancia no ha de superar los límites establecidos por el fabricante.

En la siguiente ilustración [Fig.3.7], la distancia (d_1) hace referencia a la separación máxima a la que el cabezal ha de estar para obtener los mejores resultados. Si se sobrepasan los límites de eficiencia del cabezal, a medida que la distancia respecto al soporte se incrementa (d_2 , d_3 , d_4), la difusión y desviación de las gotas de tinta será cada vez mayor como consecuencia de la inercia acumulada por la velocidad de desplazamiento lateral del carro (Wong y Salleo, 2009: 151).

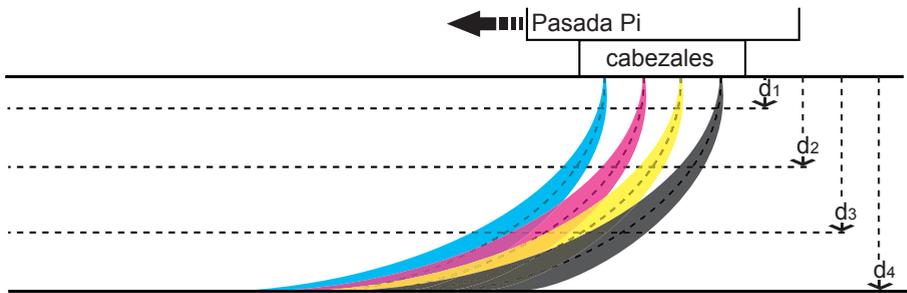


Fig.3.7 Consecuencias de modificar la distancia de separación entre el cabezal y el medio.

Durante estos desplazamientos laterales la tinta es inyectada tanto a la ida como a la vuelta [Fig.3.8]. A una distancia (d_1) las gotas coinciden independientemente de la velocidad de los inyectores, pero a medida que se aumenta la distancia entre el cabezal y el soporte, se producirá un desajuste cada vez mayor en la superposición de cada pasada.

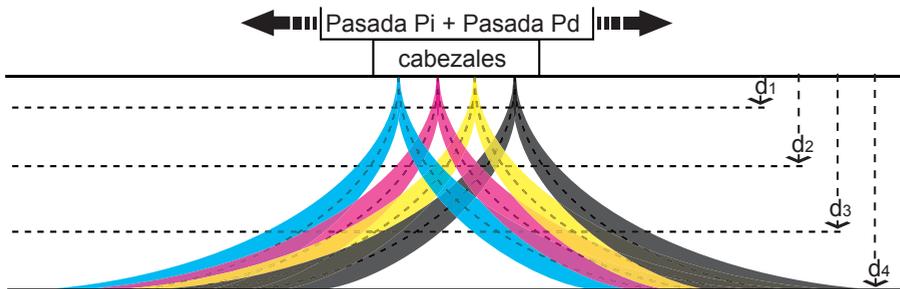


Fig.3.8 Errores en la superposición de las pasadas como consecuencia de la separación.

Teniendo en cuenta que la imagen y las mezclas de colores se originan por la acumulación de gotas de tinta depositadas durante la superposición de pasadas, es importante tener en cuenta que la modificación de la distancia entre el cabezal y el soporte puede repercutir en la posición original de las gotas. Las consecuencias directas de esto serán la pérdida de nitidez y calidad de la imagen, así como vibraciones e incongruencias en los colores representados.

3.2.3. Orientación de los cabezales de inyección.

Además de tener en cuenta como puede afectar la velocidad y la distancia que separa el cabezal del mortero, es fundamental estudiar el efecto de la gravedad en la dirección, posición y forma de las gotas de tinta.

En este caso como el objetivo es imprimir sobre paredes o techos abovedados, este parámetro es fundamental tenerlo en cuenta para determinar las posibles desviaciones y desajustes que se puedan producir en las gotas. No todos los cabezales permiten imprimir en estas condiciones y por eso es importante tenerlo presente para escoger el sistema *inkjet* que mejor se ajuste a cada orientación.

Normalmente estos dispositivos imprimen orientando sus cabezales hacia la dirección de la gravedad (g^+). Esta posición favorece la verticalidad del flujo de tinta y la integridad de las gotas en su viaje hasta el soporte. Aun así, si se supera la distancia de trabajo (d_1) recomendada, la trayectoria (p) terminará desviándose y dispersándose a medida que se aumente la distancia entre el soporte y el cabezal [Fig.3.9].

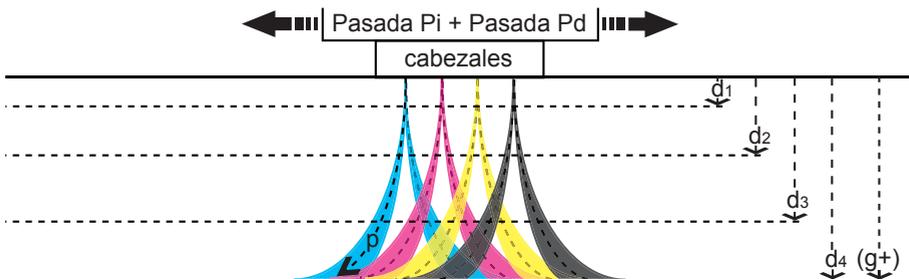


Fig.3.9 Trayectoria de las gotas de tinta cuando la gravedad es positiva.

En otras posiciones la gravedad cobrará un mayor protagonismo afectando en mayor o menor medida a la dirección del chorro y al sangrado de las gotas.

Si se orienta el cabezal en dirección opuesta a la gravedad, el desajuste de la posición final de las gotas en cada pasada será mayor a medida que la distancia recomendada (d_1) se incremente [Fig.3.10]. En este caso la modificación de la trayectoria (p) de la gota será más evidente que en la posición anterior [Fig.3.9].

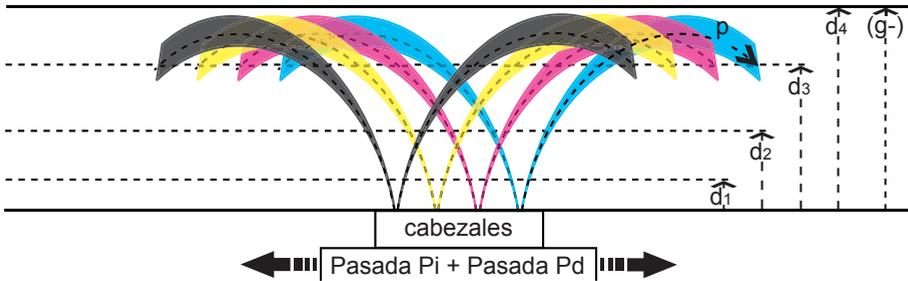


Fig.3.10 Trayectoria de las gotas de tinta cuando la gravedad es negativa.

Existe otra posibilidad que es imprimir colocando los cabezales con la dirección de inyección perpendicular a la gravedad. A pesar de trabajar a la distancia de separación recomendada (d_1), se producirá un pequeño sangrado de las gotas durante su secado por efecto de la gravedad [Fig.3.11]. Si además se incrementa la distancia entre el cabezal y la superficie (d_2), la gravedad también influirá en la trayectoria (p) descrita por la gota. Además, la diferencia en el ángulo de impacto producirá una impronta diferente en el soporte [Fig.3.12].

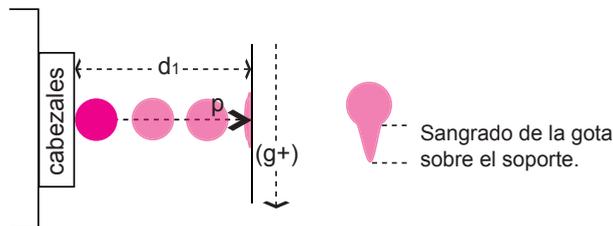


Fig.3.11 Sangrado que se produce cuando se imprime sobre una pared a corta distancia.

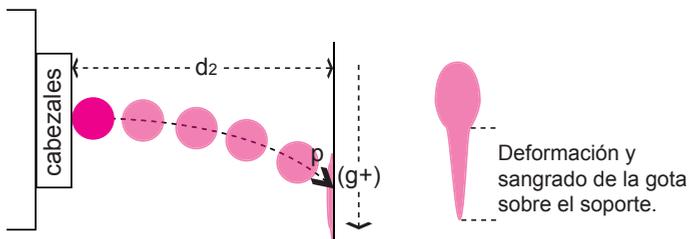


Fig.3.12 Deformación producida cuando se imprime sobre una pared a mayor distancia...

El aumento de la superficie de las gotas a causa del sangrado provoca la modificación del patrón de puntos original. Esta interacción entre ellas da lugar a ligeras aberraciones cromáticas, percibidas por el ojo en forma de ruido de color y pérdida de definición de la imagen [Fig.3.13].

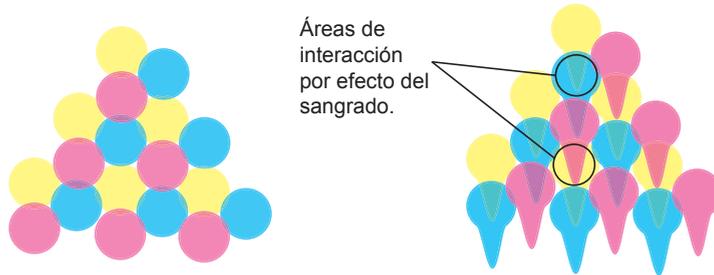


Fig.3.13 Diferencia entre una trama de puntos sin sangrado y la misma con sangrado.

En este fenómeno, la capacidad de deshidratación del soporte es crucial para evitar que la tinta permanezca húmeda demasiado tiempo sobre la superficie. La ventaja de los morteros utilizados para la reconstrucción mural, es que su gran capacidad de absorción permite fijar las gotas casi tan rápido como los *coating* que utilizan los *media* específicos de impresión.

3.2.4 Presión de inyección del cabezal.

Otro de los factores que influyen en la distancia que recorre la tinta es la presión a la que puede inyectar el cabezal. A una misma distancia (d), dependiendo de como sea esta presión (P_f/P_d), la difusión de la tinta será más o menos evidente. En el caso de que la superficie mural obligue a aumentar la distancia de separación para no dañar los cabezales, será necesaria una mayor presión que permita a la tinta llegar sin problemas hasta la superficie [Fig.3.14].

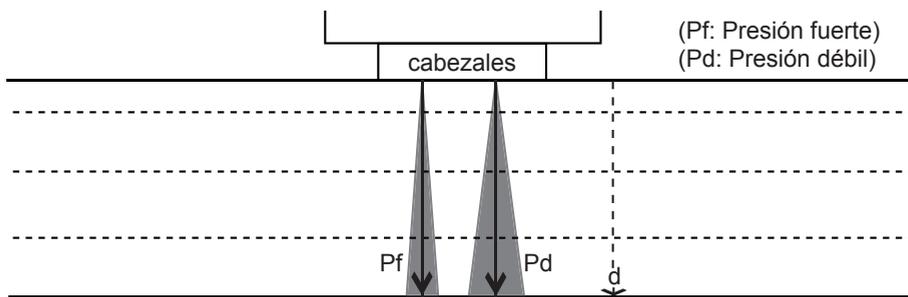


Fig.3.14 Difusión del flujo de tinta en función de la presión de inyección.

3.2.5 Adaptación de los inyectoros a la superficie mural.

Además de los factores descritos anteriormente, las características del soporte y su orientación respecto al sistema de impresión son vitales para garantizar una buena reproducción de la imagen y de los colores. La adaptación del robot ha de tener en cuenta esto para poder optimizar al máximo las condiciones bajo las que debe de trabajar la impresora y así lograr los mejores resultados.

El color inyectado con un volumen de tinta (V), describe un cono con un ángulo de salida (α) que en función de la distancia de separación con el soporte (d), abarcará una superficie de un mayor o menor diámetro (\varnothing). La forma de las gotas de tinta dependerá del ángulo (θ) que forme la trayectoria principal (p) con el soporte y de la distancia (d) [Fig.3.15].

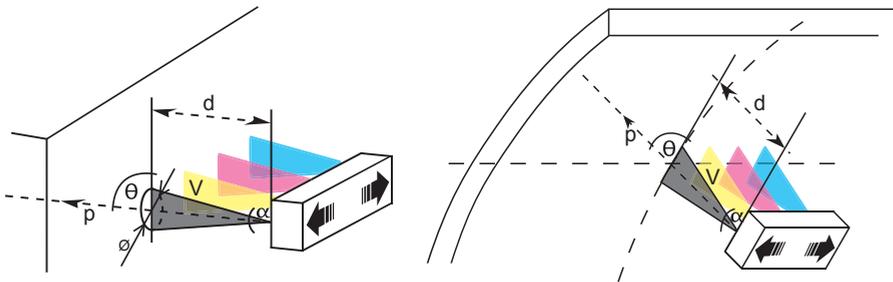


Fig.3.15 Posición del cabezal respecto a la superficie de impresión.

Para una correcta formación de las gotas, el inyector ha de estar colocado en paralelo a la superficie. Si el ángulo (θ) formado por la superficie de impresión respecto a la columna de tinta (p) no es recto, se producirá una deformación de la gota (Garbero; Vanni y Baldi, 2002: 127) y por consiguiente de la imagen [Fig.3.16].

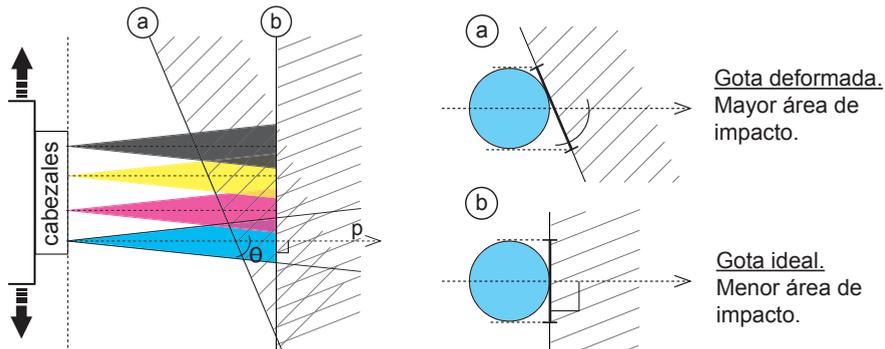


Fig.3.16 Deformación de la gota en función de la orientación del cabezal respecto al soporte.

3.2.5.1 Influencia de la superficie mural en los resultados.

La superficie de los *medias* de impresión ha sido acondicionada específicamente para la recepción de las gotas de tinta, pero cuando estos soportes son sustituidos por superficies murales, el grado de texturización puede llegar a ser un problema (Nasser, 2006: 32). Las “crestas” que presenta un mortero demasiado rugoso, provoca que el impacto de las gotas deje de producirse en el mismo plano y terminen dividiéndose en diferentes niveles [Fig.3.17]. Una superficie de estas características afectará tanto a la definición como al color de la imagen.

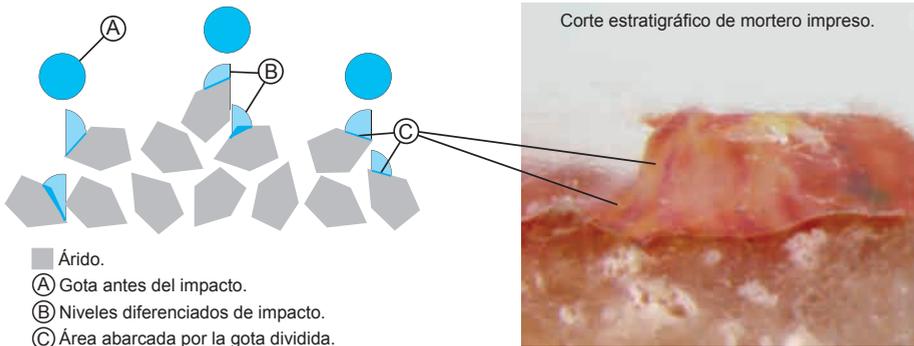


Fig.3.17 Efecto de fraccionamiento de las gotas como consecuencia de la textura.

Si los agregados que forman la estructura de un mural presentan una morfología muy irregular, pueden generar zonas “ciegas” al inyector impidiendo que la tinta los rodee por completo. Estas zonas sin tinta se perciben cuando la superficie impresa se mira al ras [Fig.3.18].

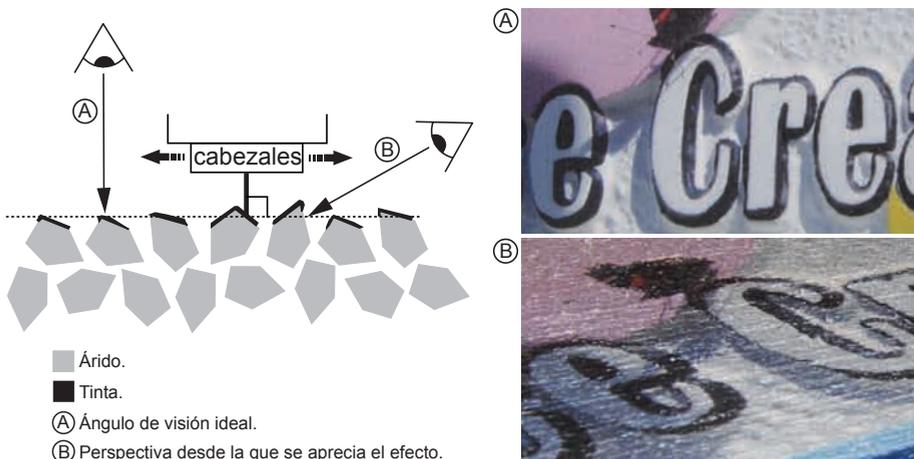


Fig.3.18 Zonas “ciegas” al inyector producidas por la irregularidad del árido.

Durante el proceso de carbonatación de un mortero de cal se reduce la capacidad de absorción de forma heterogénea como consecuencia de la formación de una fina película de carbonato cálcico en la superficie. La presencia de esta capa cristalina puede influir negativamente tanto en la capacidad de absorción, como en la fijación del color. Por tanto, para evitar estos posibles problemas es más conveniente imprimir antes de la completa carbonatación del mortero [Fig.3.19].

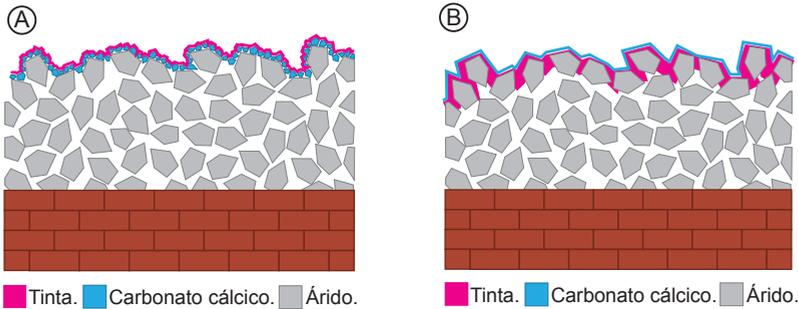


Fig.3.19 A: Tinta retenida por concentración de carbonato, B: Tinta absorbida correctamente.

Si por el contrario imprimimos sobre un mortero seco, la difusión de la tinta hacia las partes más internas del mortero dependerá de las características de la tinta y de la porosidad de la superficie sobre la que se deposita. En morteros muy porosos la difusión de la tinta será mayor que en morteros poco porosos donde permanecerá concentrada en superficie [Fig.3.20].

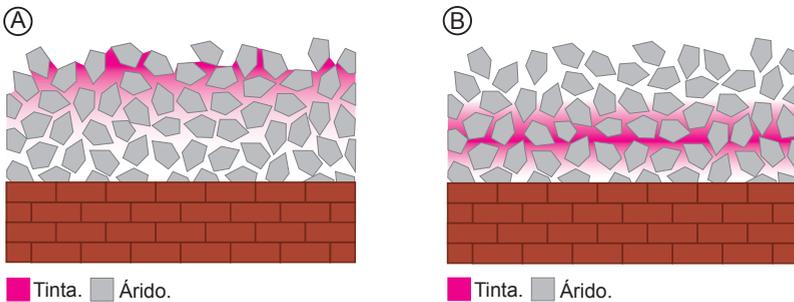


Fig.3.20 A: Nivel de porosidad ideal, B: Nivel de porosidad excesiva.

Si la tinta penetra excesivamente el resultado será una imagen de colores apagados (Yang, Lenz y Kruse, 2001: 363), mientras que si es impermeable la tinta permanecerá demasiado tiempo en superficie antes de secarse y la imagen se mostrará borrosa. Una superficie mural ideal para imprimir sería aquella que ofreciera una absorción homogénea pero no excesiva.

3.2.6 Condiciones ambientales de trabajo.

Además de los parámetros mencionados anteriormente, este sistema de impresión robotizado se enfrenta a las condiciones ambientales que normalmente podemos encontrar en los andamios que dan acceso a las pinturas murales. El polvo es uno de los principales enemigos de los cabezales. Una alta concentración de impurezas en suspensión pueden llegar a obstruirlos. Por eso es muy importante realizar su mantenimiento periódico (para su limpieza basta con utilizar agua desionizada) [Fig.3.21].

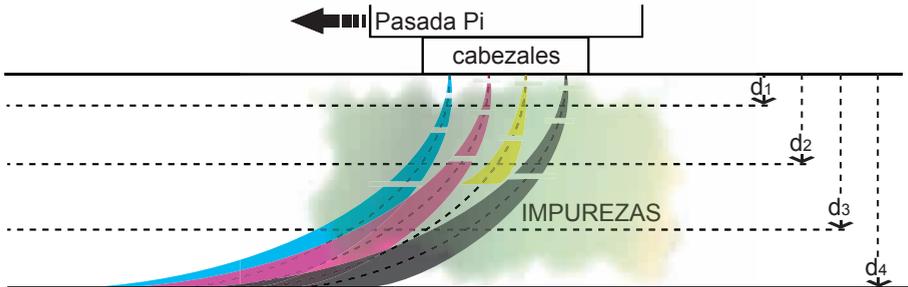


Fig.3.21 Obstrucción de los inyectores a causa de las impurezas ambientales.

Posibles corrientes de aire entre el cabezal y el soporte de impresión pueden llegar a desplazar ligeramente algunas gotas que recorren de forma atomizada este espacio. Estas corrientes afectarán más al flujo de tinta cuanto mayor sea la distancia de separación entre el cabezal y el soporte [Fig.3.22].

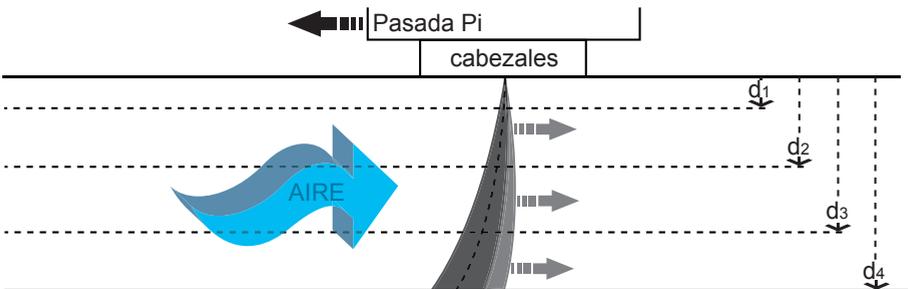


Fig.3.22 Difusión del flujo de tinta a causa de corrientes de aire.

La humedad y la temperatura inadecuada pueden afectar a la calibración del sistema, modificando el aspecto de los colores. Esto es importante tenerlo en cuenta para acondicionar el ambiente de impresión con sistemas de ventilación y climatización si fuera necesario.

3.3 DISEÑO Y SIMULACIÓN VIRTUAL DE SISTEMAS INKJET ROBOTIZADOS PARA LA IMPRESIÓN DIRECTA DE PINTURA MURAL

La robotización en este caso de un sistema de impresión *inkjet*, busca conservar la autonomía que precisan de por sí estos dispositivos, adaptándolos además a las condiciones específicas que presentan las superficies murales.

Las soluciones robotizadas expuestas están pensadas para solucionar las tipologías superficiales más habituales en el campo de la restauración de pintura mural (Ceccarelli et al., 2010), (Ceccarelli et al., 2013).

Para el diseño se han tenido en cuenta las características morfológicas específicas de las diversas superficies murales, con el fin de dar solución a todas ellas mediante un sistema readaptable a cada tipología estructural. Para lograrlo, se han diseñado soluciones de estructura y operación del sistema robotizado que permitan ajustar la impresora a superficies planas o curvas mediante la adicción de sensores de posición y actuadores lineales.

Los sistemas de detección tienen la función de detectar las irregularidades de la superficie y mandar la información a los diferentes actuadores para que corrijan la posición, evitando el contacto de los inyectores con el muro. Esta precisión es fundamental para que en ningún momento la impresora llegue a rozar la superficie mural, ya que las consecuencias serían fatales tanto para la pintura como para los inyectores.

3.3.1 Tipologías estructurales a tener en cuenta.

Las pinturas murales, como su propio nombre indica, se sirven de un muro como soporte. Esta condición de patrimonio inmueble, las limita a la morfología del espacio arquitectónico donde han sido ejecutadas. Es por esto que además de realizar un estudio detallado de la técnica pictórica con la que hayan sido realizadas, es fundamental tener en cuenta la forma de la superficie sobre la que se encuentran para adecuar el diseño del sistema robotizado que se propone a las labores de reintegración. Existen infinidad de tipologías de superficies, pero atendiendo a su geometría se pueden clasificar en dos grandes familias: planas [Fig.3.23] y curvas [Fig3.24].



Fig.3.23 Tipos de superficies planas en función de su orientación.

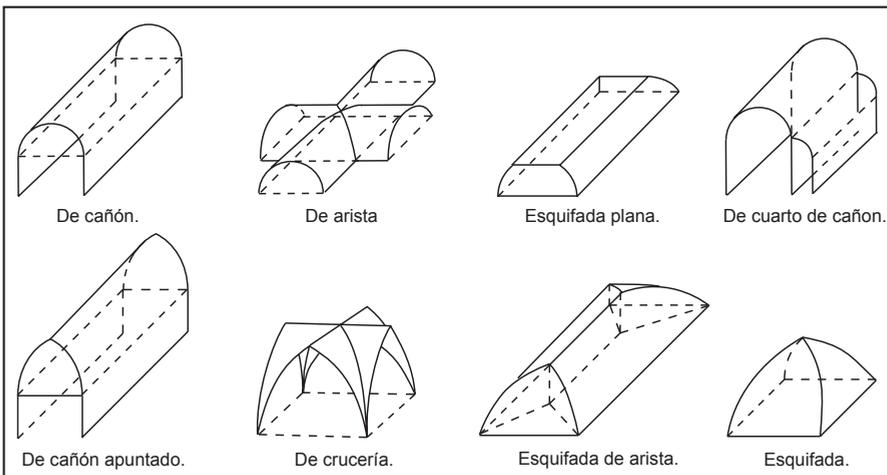


Fig.3.24 Algunas de las formas más comunes de los techos abovedados.

En cuanto a las diferentes tipologías de bóvedas, el sistema de impresión robotizado se centra en dar solución a las de tipo “cañón”. La adaptación del sistema a esta geometría, requiere un estudio detallado de las características de la superficie y de las condiciones del espacio donde trabaja el robot. No obstante no se descarta adecuar el sistema a otro tipo de geometrías.

3.3.2 Sistema robotizado para la reconstrucción de superficies planas.

La primera propuesta estudiada está dirigida a solucionar la aplicación del sistema robotizado sobre una superficie plana. En este caso, se trata de una sencilla estructura rectangular en la cual se ha montado en una de sus caras el dispositivo encargado de la impresión.

Esta estructura ha servido como punto de partida para el diseño del resto de soluciones y se caracteriza por la utilización de piezas que puedan ser fabricadas u obtenidas con un bajo coste. Está formada por un esqueleto de tubos de aluminio que aligeran en peso y complejidad al conjunto, confiriéndole al mismo tiempo robustez, resistencia y versatilidad [Fig.3.25].

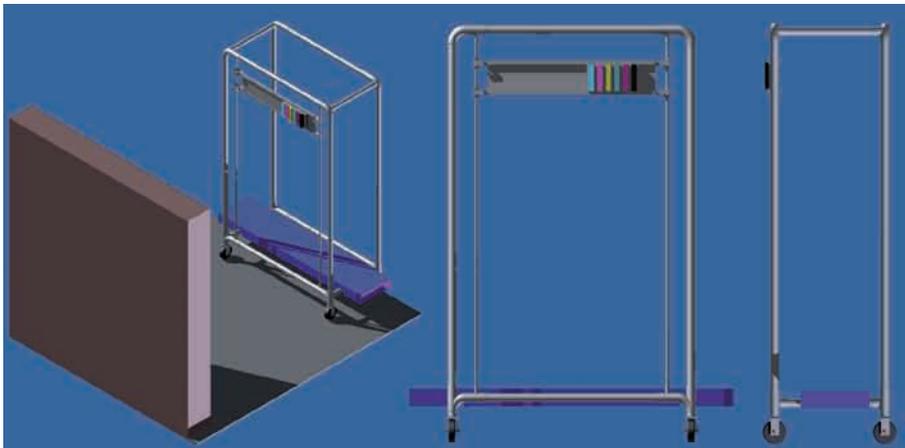


Fig.3.25 Solución robotizada para superficies lisas.

Para realizar su desplazamiento, se han colocado en su base un conjunto de ruedas que permiten acercar los cabezales a la superficie mural. La adaptación del sistema a este tipo de superficies se logra simplemente con ligeras modificaciones de la distancia y la altura de las ruedas motrices respecto al muro y al suelo. Esto es necesario para mantener siempre la misma distancia de los cabezales respecto al muro y evitar que puedan rozar la superficie. El sistema se adapta mediante sensores y actuadores que mueven todo el conjunto y toman referencias de distancia y posición del robot respecto al espacio que le rodea. El carro puede ser utilizado para llevar además de los inyectores, otro tipo de aplicaciones como sensores que permitan una inspección más precisa de toda la superficie antes de comenzar la impresión.

3.3.3 Sistema robotizado para la reconstrucción de superficies curvas.

A partir de la solución dada para las superficies rectas, se ha diseñado una estructura robotizada capaz de adaptarse a geometrías curvas. El sistema se compone de un cuerpo inferior y de un módulo principal encargado de ajustar la impresora a la superficie mural. Para modificar sus dimensiones de la estructura tubular bastaría con intercambiar las piezas por unas de mayor o menor longitud [Fig.3.26].

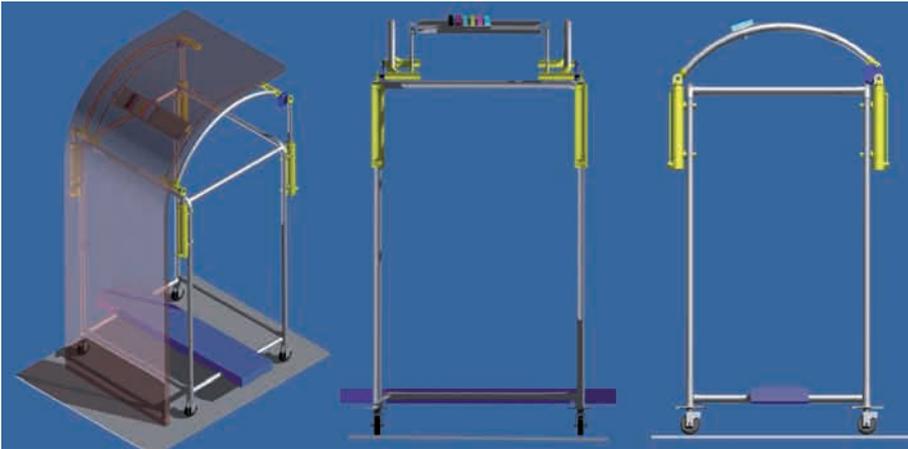


Fig.3.26 Solución robotizada para superficies curvas.

El único inconveniente es que la posición de sus inyectores puede provocar el colapso de las boquillas, por lo que es muy importante realizar una mantenimiento continuado de limpieza tras cada impresión [Fig.3.27].



Fig.3.27 Estructura de ubicación del sistema de impresión

3.3.4 Soluciones de adaptación de los sistemas de impresión al entorno.

Dada la complejidad de las superficies murales y del entorno en el que se desenvuelven los sistemas de impresión diseñados, han sido desarrolladas diferentes soluciones para facilitar y mejorar su autonomía y rendimiento. Estas permiten a los sistemas robotizados ajustarse a las condiciones específicas del entorno y de la superficie a imprimir.

3.3.4.1 Ajuste respecto al suelo.

Para la adaptación del robot a las irregularidades de un andamio, es necesario que los puntos de apoyo puedan ser modificados en altura. Las siguientes soluciones permite librar las diferencias de altura que suelen presentar las estructuras modulares de los andamios.

El siguiente sistema de pistones permite adaptar automáticamente cada una de las patas de forma independiente. Además del sistema de pistones, podrían colocarse ruedas que permitieran desplazar todo el conjunto antes de que actuaran dichos pistones [Fig.3.28].

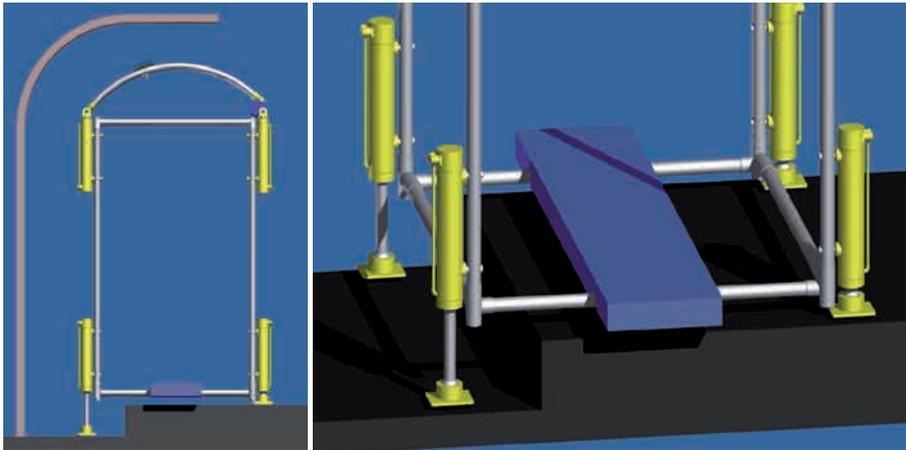


Fig.3.28 Solución para salvar obstáculos a diferentes niveles.

Otra posible solución de bajo coste, sería un sistema sencillo de barras roscadas situadas en la base y adaptables en altura manualmente mediante manivela. El único inconveniente es que el sistema robotizado perdería cierta autonomía. En esta ocasión se han integrado un juego de ruedas que facilitaría su desplazamiento [Fig.3.29].

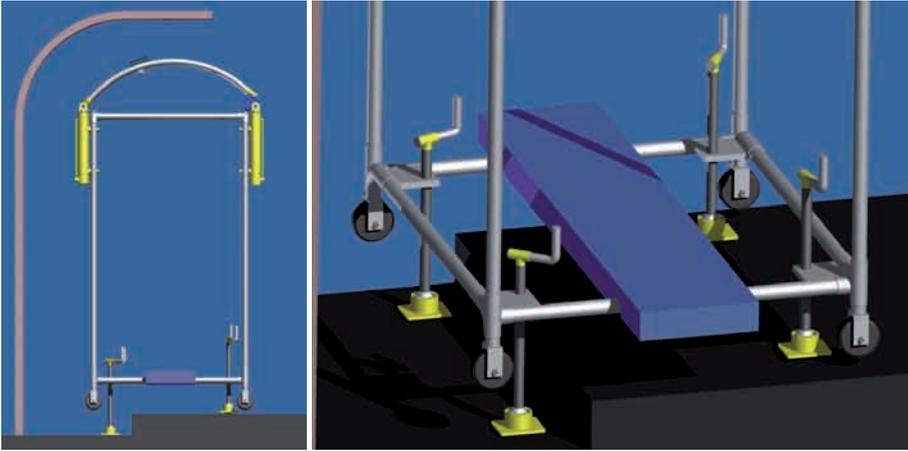


Fig.3.29 Solución de ajuste manual mediante manivela.

Tomando como referencia la soluciones anteriores, se ha diseñado un sistema de ruedas que integran el movimiento de desplazamiento y elevación. Para convertirlas en ruedas motrices se les ha acoplado un pequeño motor eléctrico (A), mientras que un pistón de longitud variable permite variar la longitud de su eje para salvar las irregularidades del terreno (B) [Fig.3.30]. Esta instalación podría hacerse en los cuatro puntos de apoyo de la estructura para hacerla más versátil en espacios complejos.

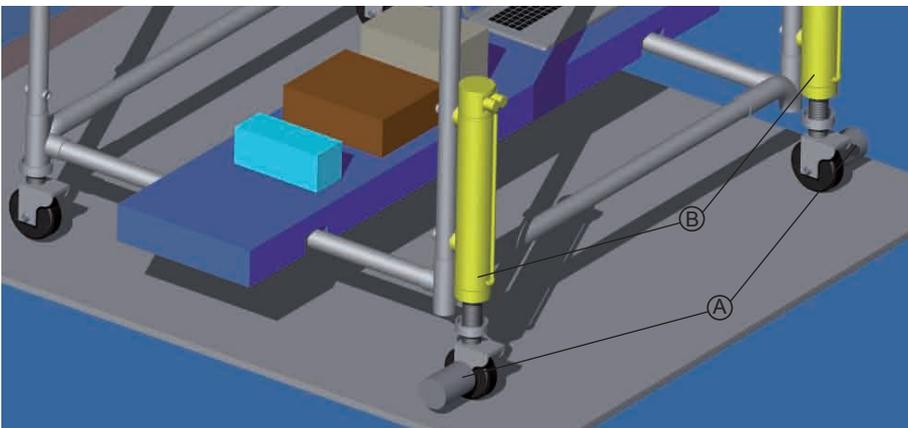


Fig.3.30 Mecanismo de desplazamiento y ajuste de la estructura.

Con esto se consigue que el robot pueda moverse autónomamente por el andamio, sin tener que detener el proceso de impresión. El resultado es una impresión continua incrementando su capacidad de producción.

3.3.4.2 Ajuste respecto a la superficie de impresión.

Además del ajuste del sistema robotizado a la superficie de contacto sobre la que descansa, se necesitan una serie de sistemas que permitan advertir y modificar la posición de la impresora respecto a la superficie de impresión. Para ello se han diseñado soluciones que puedan adaptar la impresora en el caso de superficies planas o curvas mediante la adicción de sensores de posición. Estos dispositivos tienen la función de detectar las irregularidades de la superficie y mandar la información a los diferentes actuadores para que corrijan la posición evitando el contacto de los inyectores con el muro.

En la solución para superficies rectas se han colocado cuatro sensores infrarrojos que aproximan la estructura al muro hasta alcanzar la distancia de separación ideal (A). Para mantener esta distancia durante el proceso de impresión, los sensores informan de la posición del conjunto a las ruedas motrices. Estas se encargan de ir corrigiéndola si fuera necesario, acercando o alejando todo el dispositivo robotizado de la superficie de impresión (B) [Fig.3.31].

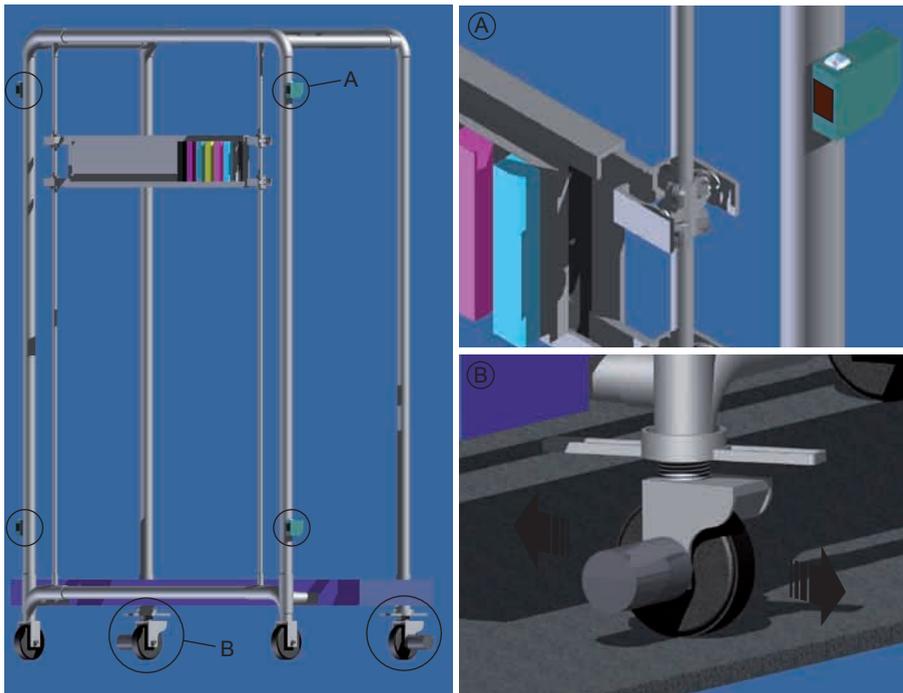


Fig.3.31 A: Sensores de referenciación, B: ruedas motrices para el ajuste del robot.

Los detectores infrarrojos también permiten controlar los cambios de plano y ajustar la distancia de la impresora cuando el muro tiene diferentes inclinaciones. En la siguiente ilustración se muestra el ajuste del sistema [Fig.3.32]. En una primera fase (zona A) controlada por el detector superior (d1) la estructura es ajustada gracias a la modificación de la longitud del eje de la rueda (r). Si durante el proceso de impresión se detecta un cambio de inclinación (zona B), el detector (d2) corregirá nuevamente la distancia ordenando a la rueda motriz que modifique altura y posición.

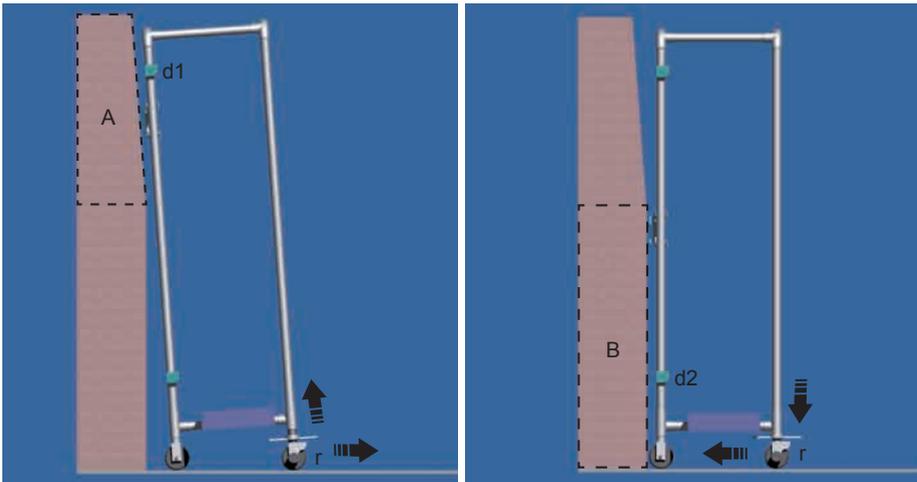


Fig.3.32 Mecanismo de adaptación del sistema robotizado a planos inclinados.

Para adaptar los cabezales de impresión a una superficie curva, se ha diseñado una guía con una curvatura similar a la de la superficie a reconstruir [Fig.3.33].

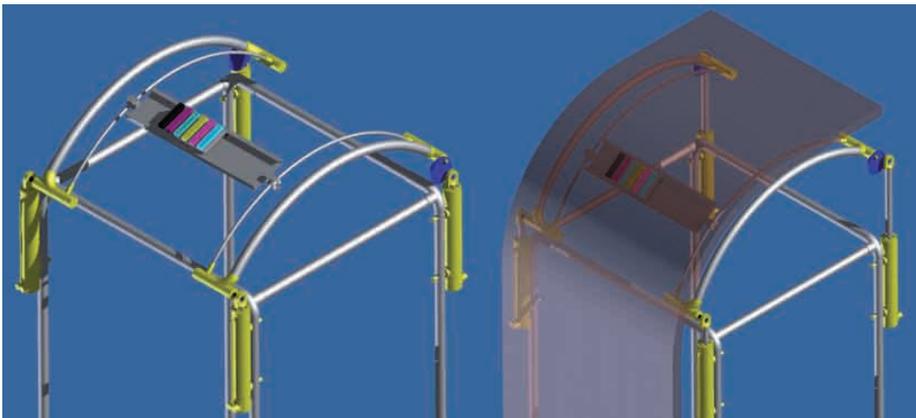


Fig.3.33 Estructura de la guía adaptable a la geometría de la bóveda.

Para modificar la posición de la guía curva donde está colocada la impresora, se utilizan los pistones eléctricos acercando o separando la estructura de la superficie de la bóveda. Para completar el ajuste de esta guía también entran en juego las ruedas motrices adaptables en altura y posición [Fig.3.34].

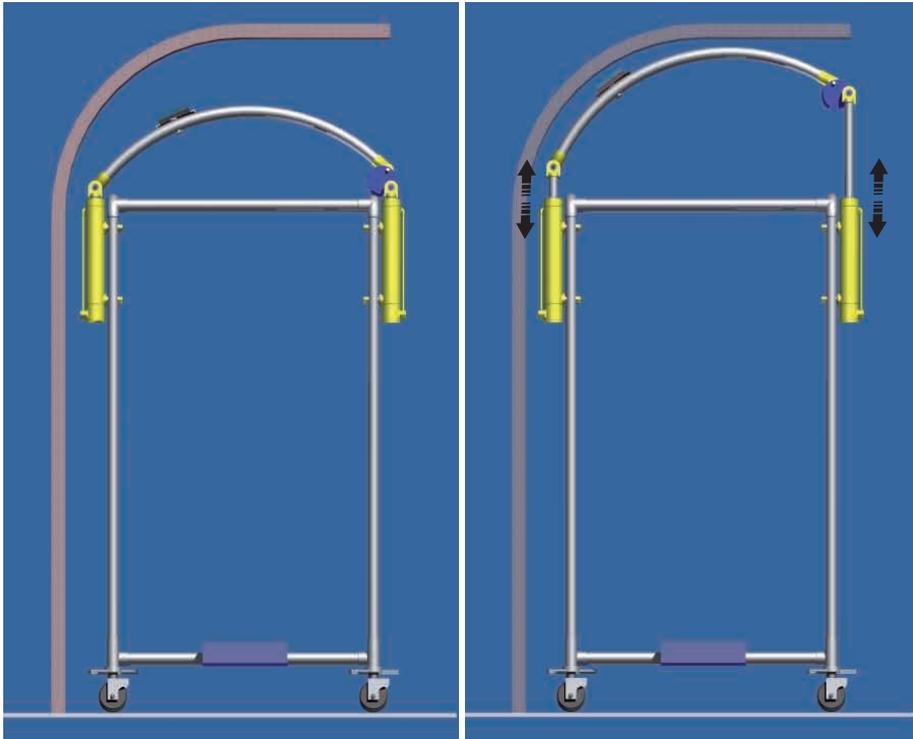


Fig.3.34 Actuadores lineales utilizados para adaptar el carro a la curvatura de la bóveda.

Este sistema dispone de un conjunto de detectores situados en la guía del carro de impresión. Sirven para que los pistones ajusten la distancia correcta a la que deben situarse los cabezales [Fig.3.35].

El funcionamiento es el siguiente:

Cada uno de los detectores tiene asignado un pistón, de esta forma el detector (d1) informa al pistón (p1) de cual debe ser la distancia correcta a la que tiene que estar, funcionando de igual forma el resto de detectores (d2, d3, d4) con sus correspondientes pistones (p2, p3, p4). Con esto se consigue mantener siempre la misma distancia de seguridad entre los cabezales de impresión y la superficie mural sin riesgo de que la pintura original sea rozada o los inyectores se dañen.

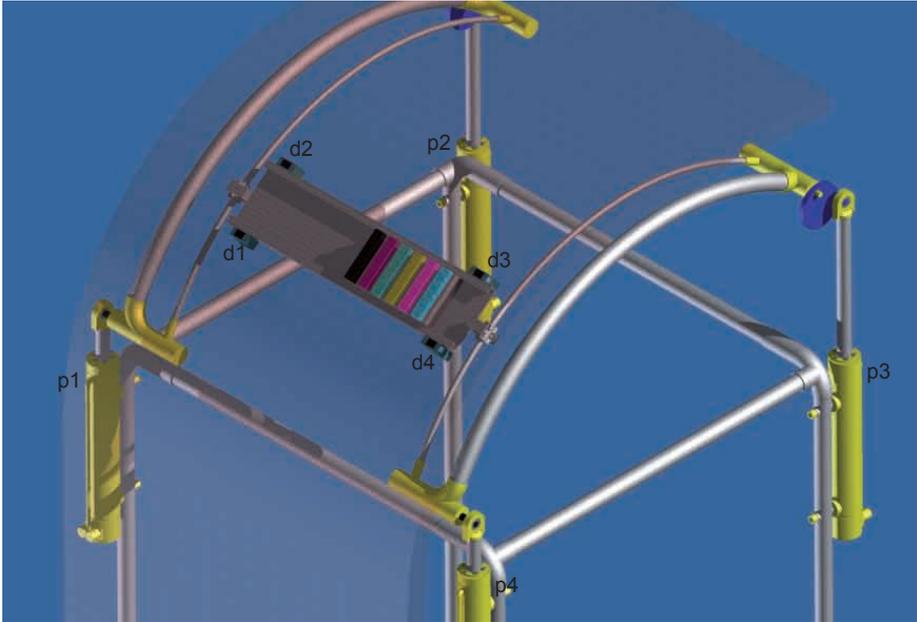


Fig.3.35 Detectores y actuadores encargados de corregir la distancia de los cabezales.

En la parte inferior de la estructura de aluminio se ha colocado una plataforma a modo de peso. Esto añade estabilidad al conjunto y evita que los movimientos laterales del carro de impresión puedan afectar a la precisión del sistema robotizado. Al mismo tiempo, la superficie del contrapeso ha sido utilizada como espacio para colocar el material que controle todo el sistema [Fig.3.36].

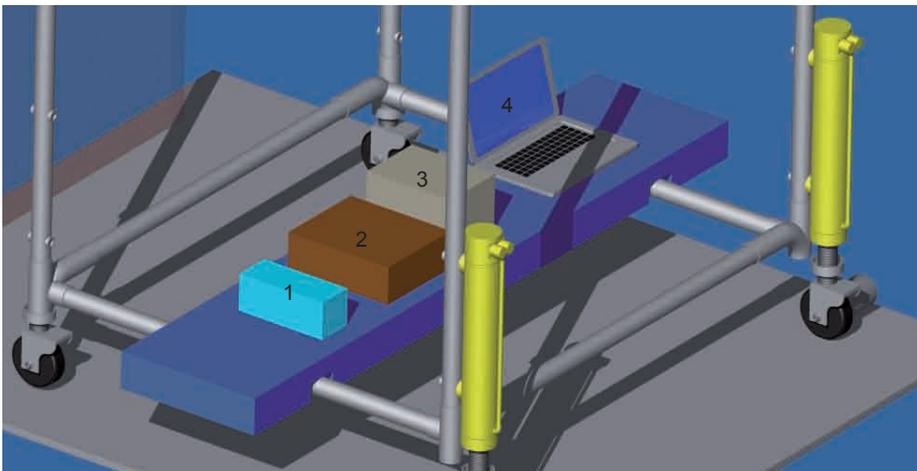


Fig.3.36 Elementos de control: 1 baterías, 2 sistema de potencia, 3 controlador, 4 ordenador.

3.3.5 Evaluación de los sistemas de impresión robotizados.

Para el modulado en 3D de los prototipos se han utilizado los *software de diseño CAD/CAM Autodesk Inventor*® y *SolidWorks*®. Con ellos se han diseñado y montado las diferentes partes que componen los robots. Durante este proceso se han realizado numerosos cambios en la esencia de cada prototipo hasta llegar a la solución más optimizada.

Las ventajas de la robotización propuesta tal y como se presenta, pueden resumirse en el diseño de un sistema de bajo coste y de funcionamiento flexible, ajustado a una aplicación específica que permite además su adaptación a diferentes situaciones y tareas de restauración.

Otra de las partes interesantes ha sido la simulación virtual del funcionamiento de cada dispositivo antes y durante el proceso de impresión. Para esta fase se ha utilizado el módulo *CosmosMotion*® que está integrado dentro del *software SolidWorks*®. Las gráficas obtenidas han servido para analizar la influencia de los diferentes parámetros físicos en toda la estructura, observando que el movimiento que realiza la impresora durante el proceso de impresión puede afectar a la estabilidad del conjunto.

3.3.5.1 Animación virtual.

Para la animación de las dos soluciones se ha utilizado el módulo *CosmosMotion*® que integra el *software SolidWorks*®.

Secuencia de animación del sistema robotizado sobre muro recto.

El tiempo total de la animación es de treinta segundos, de los cuales se utilizan los diez primeros para representar el desplazamiento que hace el sistema robotizado hasta la pared. En este desplazamiento intervienen las ruedas motrices traseras que se detienen cuando los sensores infrarrojos fijan la distancia a la que debe estar el carro de impresión [Fig.3.37].

Secuencia de animación del sistema robotizado sobre muro inclinado.

En esta ocasión el sistema realiza el mismo desplazamiento que en el caso anterior pero en el momento de llegar al muro, los detectores advierten la inclinación que posee el primer tramo de superficie y ajustan la posición de los cabezales mediante la modificación de la altura de las ruedas motrices posteriores. En la segunda parte del muro que vuelve a ser perpendicular al suelo, el sistema robotizado reajusta de nuevo la posición de los cabezales de impresión [Fig.3.38].

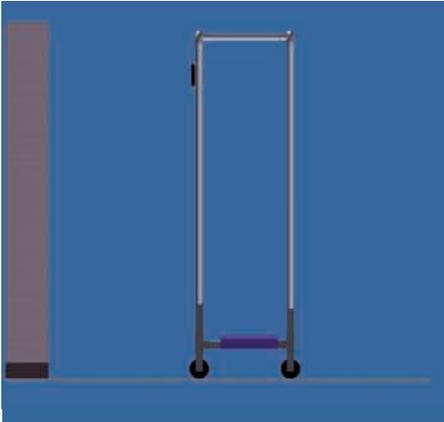
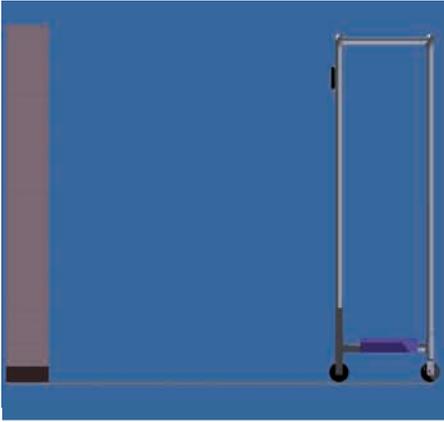


Fig.3.37 Secuencia de avance.

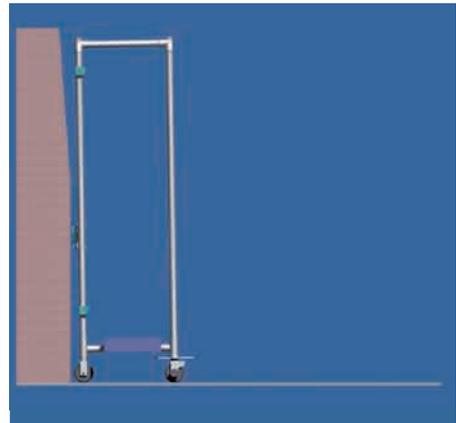
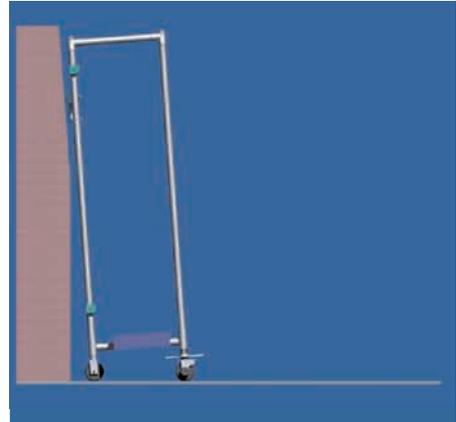
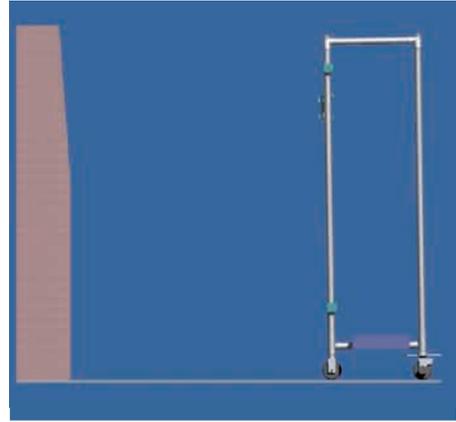


Fig.3.38 Secuencia de avance y adaptación.

Una vez situado el sistema en la posición y distancia correcta a la que debe estar respecto al muro comienza el proceso de impresión. En la siguiente secuencia de imágenes se muestra el descenso de la guía que porta el carro [Fig.3.39] y el movimiento lateral de los inyectores [Fig.3.40].

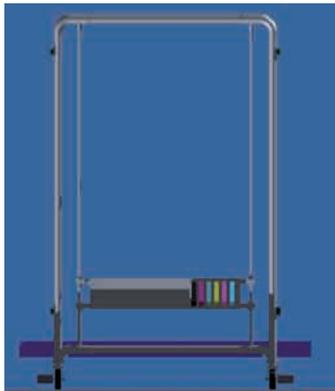
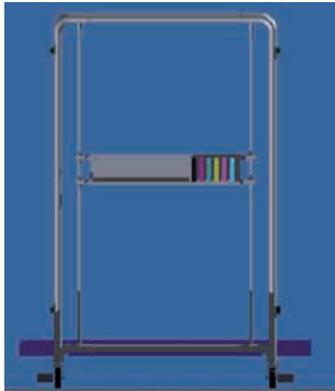


Fig.3.39 Secuencia de descenso.

Fig.3.40 Secuencia de vaivén.

Secuencia de animación del sistema robotizado sobre bóveda.

En este caso a diferencia de las otras dos soluciones, la adaptación a la superficie es más compleja. Para desplegar y adaptar los inyectores a la curvatura de la bóveda, se accionan pistones perimetrales que se detiene cuando se lo indican los cuatro sensores infrarrojos que llevan asociados. Estos detectores controlan y corrigen a través de los pistones la posición de los cabezales durante todo el proceso de impresión [Fig.3.41].

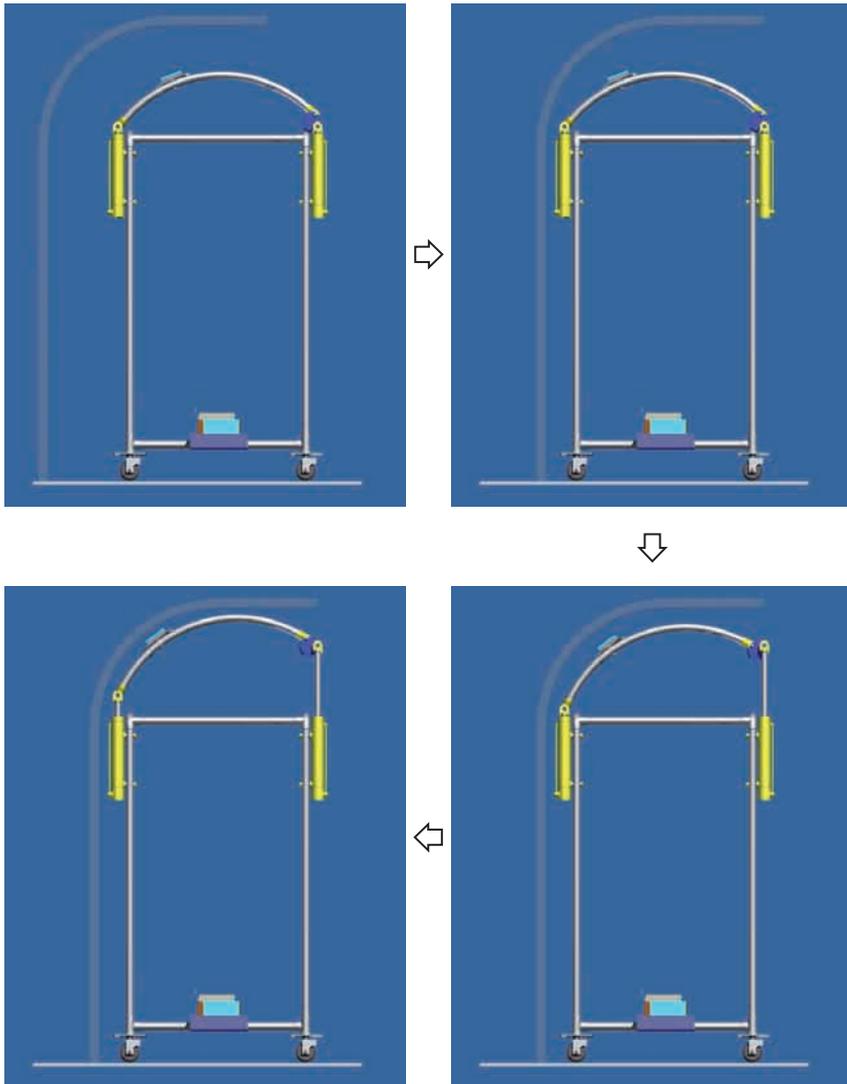


Fig.3.41 Secuencia de ajuste de los inyectores a la curvatura de la bóveda.

Una vez posicionado el robot en el lugar correcto, el proceso comienza con el avance progresivo de la impresora a lo largo de la guía [Fig.3.42]. El carro de impresión que porta los inyectores repite el movimiento lateral de vaivén para superponer la tinta con cada pasada [Fig.3.43].

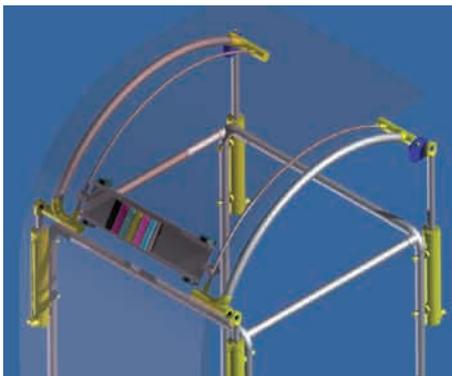


Fig.3.42 Secuencia de descenso.

Fig.3.43 Secuencia de vaivén.

3.3.5.2 Análisis del desplazamiento del sistema robotizado.

Para el estudio de las funciones del robot y del sistema de impresión, se ha utilizado el módulo *CosmosMotion*[®] de *SolidWorks*[®]. Con esta aplicación se han representado las restricciones de movimiento de los dos modelos diseñados [Fig.3.44].

El análisis de la operación simulada permite visualizar las repercusiones que tiene el movimiento del sistema de impresión sobre la estructura robotizada. Las gráficas estudiadas han sido las de posición, aceleración y velocidad. Los resultados se representan en función del tiempo y el espacio recorrido en las direcciones X, Y, Z.

La animación completa del robot tiene una duración de treinta segundos de los cuales el desplazamiento del sistema se divide en dos partes:

- De los 0" a los 10" el robot se mueve en la dirección del eje X. Es el tiempo que tarda el sistema robotizado en llegar hasta el muro y colocarse a la distancia correcta utilizando los sensores infrarrojos de aproximación.
- De los 10" a los 30" la impresora comienza a funcionar. Sus movimientos corresponden al carro de inyectores y se componen de avance en la dirección Z y de vaivén en la dirección Y.

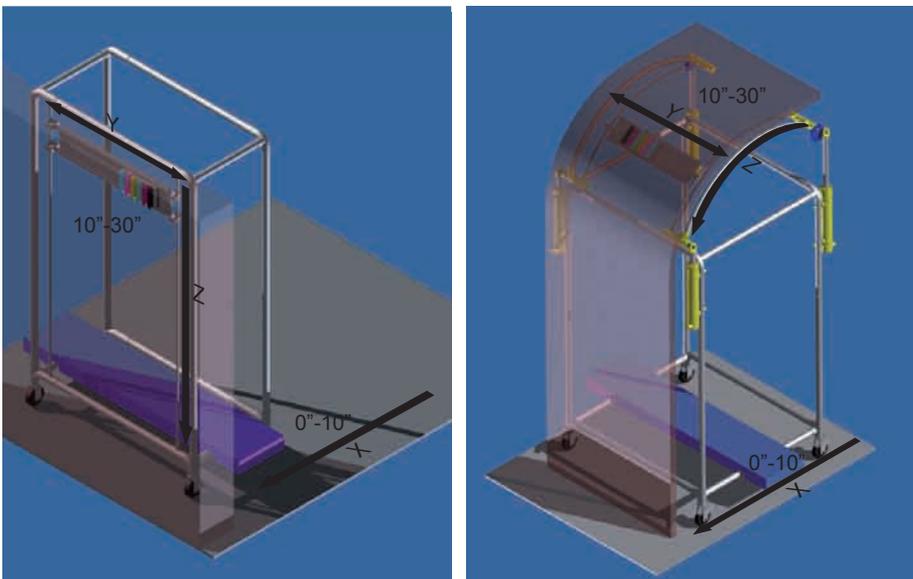


Fig.3.44 Componentes estudiadas del movimiento del robot.

Gráficas de la posición del sistema robotizado.

Gráfica A (suma de las tres direcciones de posición X, Y y Z):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10".

Durante este intervalo, el robot se desplaza sin el sistema de impresión activado. La variación de posición indica que se está colocando en la posición para comenzar a imprimir.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20".

Tras detenerse delante del muro, comienza el proceso de impresión con el movimiento del carro en los ejes Y y Z. En la gráfica el movimiento de la impresora se refleja en forma de picos que se repiten uniformemente. Estos picos corresponden al desplazamiento lateral del carro en el eje Y y al descenso de la guía que lo porta en la dirección Z.

Gráfica B (posición en X):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10".

En esta gráfica se representa el cambio de posición en la dirección X. Esta dirección corresponde sólo al desplazamiento del robot hasta llegar a la pared.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20".

Durante este periodo comienza el proceso de impresión. La posición en la dirección X no varía porque los movimientos de la impresora son en los ejes Y y Z.

Gráfica C (posición en Y):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10".

La línea recta se debe a que la impresora está detenida y sólo está desplazándose el sistema robotizado en la dirección X.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20".

A partir de la detención y correcta posición del robot, comienza a moverse el carro a lo largo del eje Y recorriendo la misma distancia tanto a la ida como a la vuelta en rangos de un segundo.

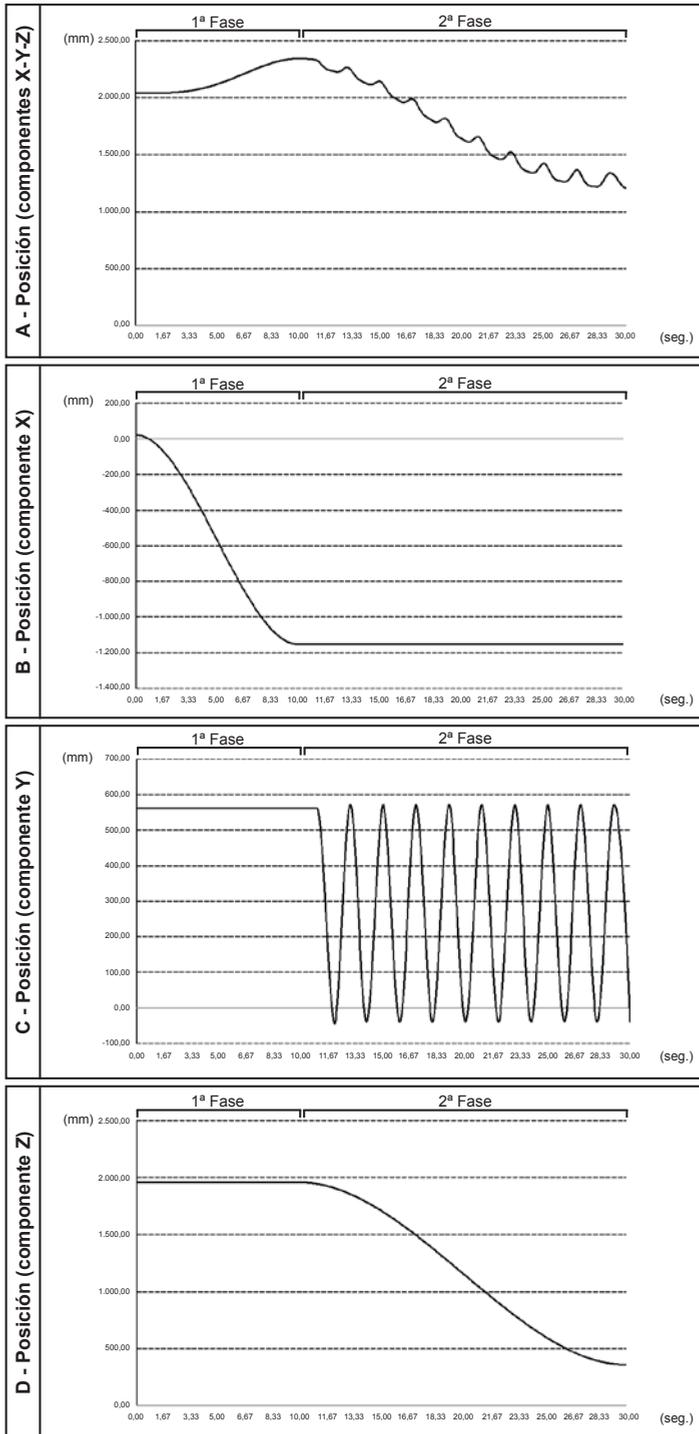
Gráfica D (posición en Z):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10".

La línea recta indica que sólo se mueve el robot y que la impresora no ha comenzado a imprimir.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20".

El descenso del vector se debe al cambio de posición que hace el carro desde que comienza a imprimir en la parte superior hasta que finaliza en la parte inferior.



Gráficas de velocidad del sistema robotizado.

Gráfica A (suma de las tres direcciones de velocidad X, Y y Z):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10".

Durante este intervalo de tiempo la impresora no está trabajando. La velocidad corresponde al desplazamiento del robot hasta la posición donde comenzará el proceso de impresión. La parábola indica que en un principio el robot está detenido y poco a poco alcanza velocidad para luego ir frenando lentamente hasta detenerse delante del muro.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20".

Los picos son consecuencia de la velocidad de desplazamiento del carro de inyectores.

Gráfica B (dirección de velocidad X):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10".

En este intervalo la velocidad en esta dirección corresponde al movimiento de la impresora hasta llegar al muro.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20".

Tras situarse en el punto exacto, el robot se detiene y deja de avanzar en la dirección X. Como consecuencia, la gráfica muestra una posición constante que corresponde al tiempo que tarda la impresora en imprimir la reintegración.

Gráfica C (dirección de velocidad Y):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10".

La dirección de coordenadas Y corresponde al desplazamiento lateral del carro de inyectores. La línea recta indica que está detenido y sólo está desplazándose el sistema robotizado en el eje X.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20".

Durante este periodo, el carro de impresión se desplaza lateralmente. Con los movimientos de vaivén, recorre la misma distancia tanto a la ida como a la vuelta en rangos de un segundo y con una velocidad VDH constante.

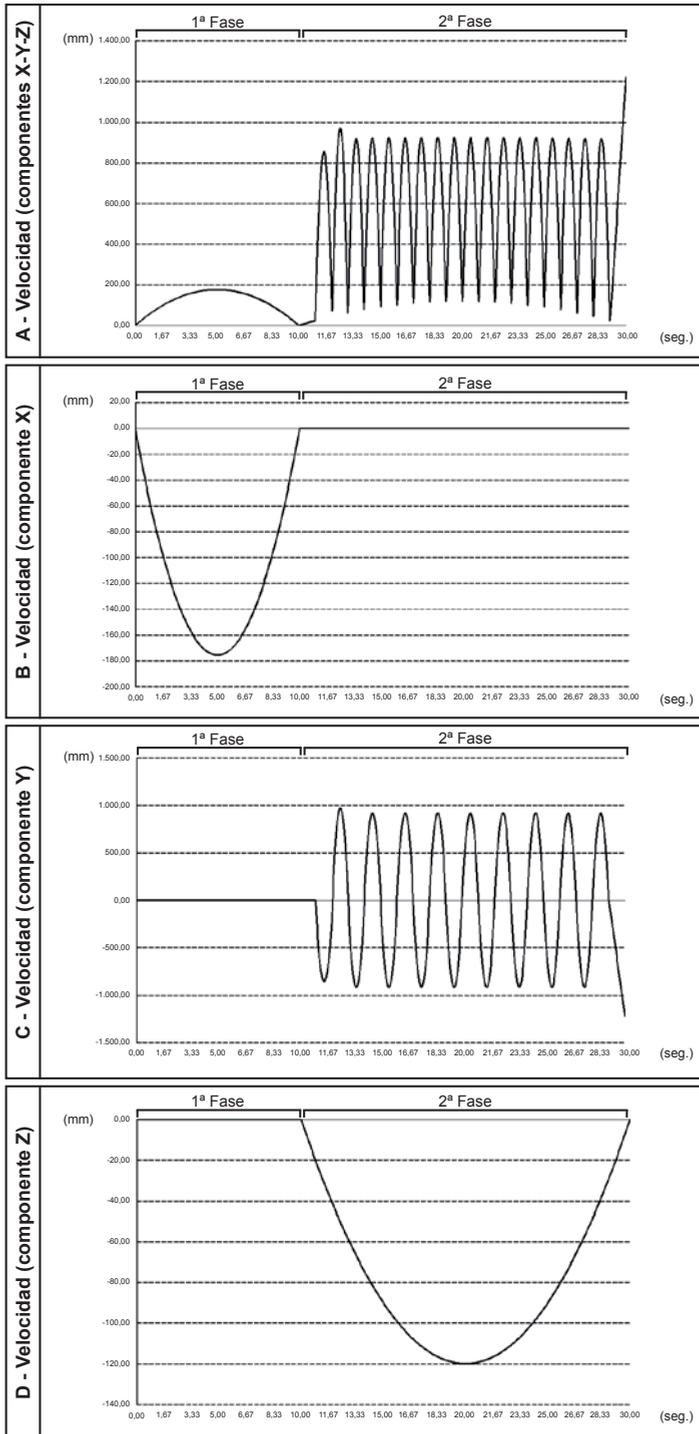
Gráfica D (dirección de velocidad Y):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10".

La línea recta indica que la impresora está detenida.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20".

Cuando comienza la impresión, la guía del carro comienza a descender con una VDV indicada por la parábola de este tramo.



Gráficas de la aceleración del sistema robotizado.

Gráfica A (suma de las tres direcciones de aceleración X, Y y Z):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10”.

La aceleración corresponde al arranque y frenado del robot. La aceleración es cero cuando queda situado delante de la zona a imprimir. En este punto y justo antes de empezar a imprimir, la posición es de reposo.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20”.

Los picos corresponden al desplazamiento del carro de inyectores a lo largo de la guía.

Gráfica B (dirección de aceleración X):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10”.

La línea ascendente indica la aceleración que necesita el robot para alcanzar la velocidad de desplazamiento. Cuando llega al destino se detiene y deja de avanzar en la dirección X.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20”.

Durante el proceso de impresión la aceleración en esta dirección es cero porque el robot ya no necesita desplazarse.

Gráfica C (dirección de aceleración Y):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10”.

La línea recta indica que durante el desplazamiento del robot la impresora está detenida.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20”.

Durante este periodo el carro de inyectores se desplaza lateralmente a lo largo de su guía, recorriendo de un lado a otro la misma distancia tanto a la ida como a la vuelta en intervalos de un segundo. Los picos indican la aceleración necesaria para “lanzarlo” nuevamente una vez terminada cada pasada. Los picos son iguales porque la aceleración para moverlo es siempre la misma.

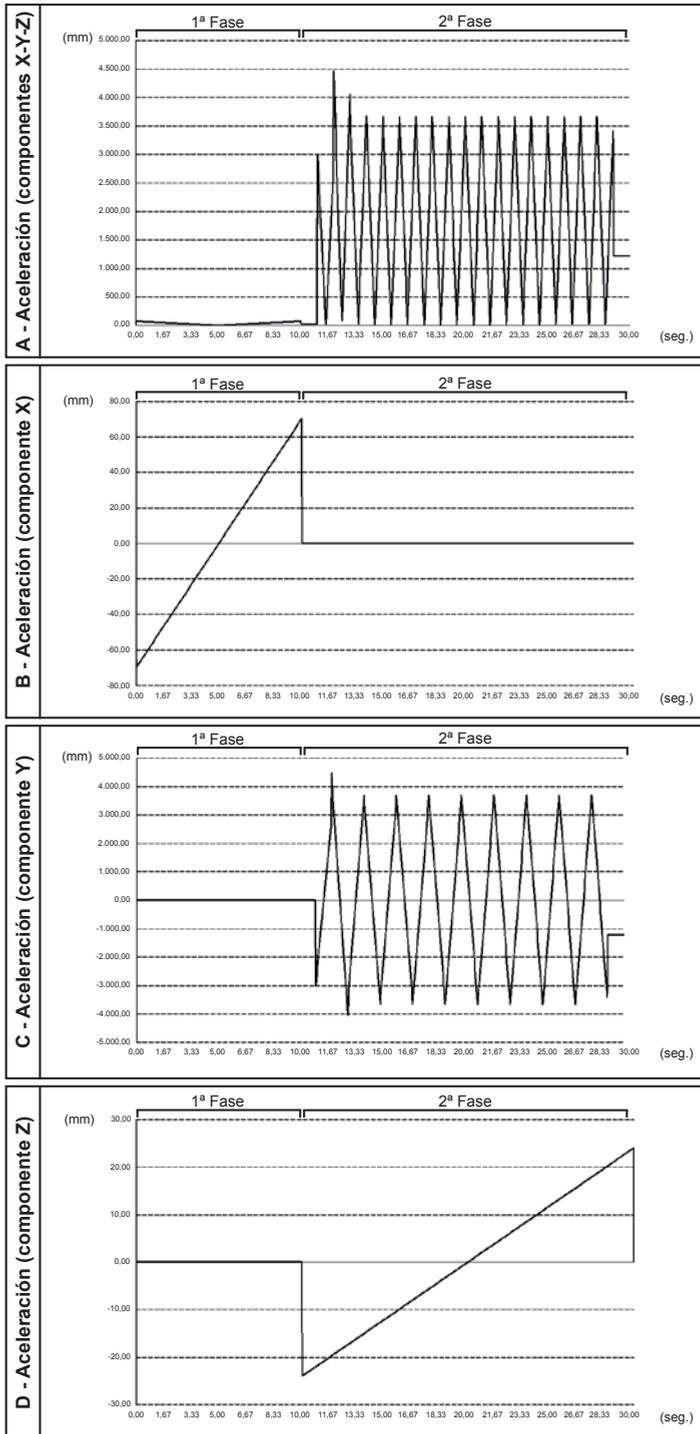
Gráfica D (dirección de aceleración Z):

1ª Fase. Desplazamiento de todo el robot, duración 10”.

La línea recta indica que durante el desplazamiento del robot la impresora está detenida.

2ª Fase. Proceso de impresión, duración 20”.

El aumento de la aceleración refleja el movimiento de avance de la impresora a lo largo de la guía de la estructura robotizada.



*4.- PRIMERAS EXPERIENCIAS CON
LA IMPRESIÓN DIRECTA INKJET
SOBRE SUPERFICIES MURALES*

Las pruebas de este capítulo han sido realizadas con el prototipo *flatbed* fabricado para esta tesis⁵⁹, comprobándose de primera mano los resultados de imprimir directamente sobre diferentes superficies murales.

A pesar de que las tintas *Dye* utilizadas por esta impresora no son las más indicadas para la reproducción de imágenes que requieran una cierta permanencia, con este prototipo hemos podido comprobar en qué grado se ven afectadas las **propiedades de impresión** de un dispositivo *inkjet* cuando se utilizan soportes murales en lugar de los *medias* específicos de impresión [Fig.4.1]⁶⁰.

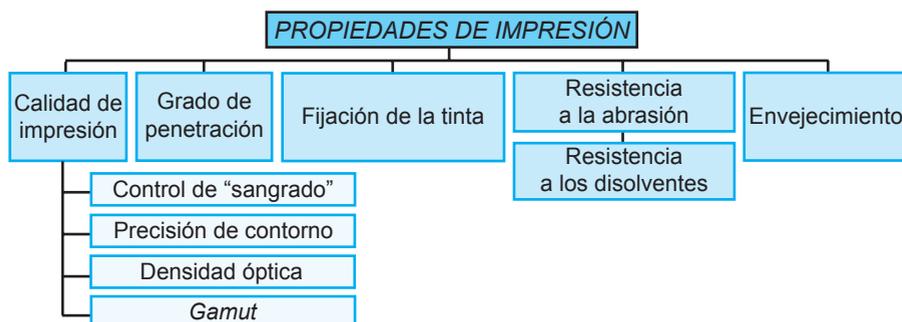


Fig.4.1 Esquema de las propiedades de impresión estudiadas.

Gracias a este prototipo se ha comprobado la repercusión que tiene en las propiedades de impresión, modificar algunas de las características técnicas de la impresora fijadas por el fabricante. Para ello se ha jugado con la distancia entre el cabezal y el soporte, evitando alterar la velocidad de desplazamiento vertical (VDV) y horizontal de los inyectores (VDH).

El capítulo se articula en tres puntos en los que se revisará:

- **4.1 DIGITALIZACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE ORIGINALES** [Pag.157].
Apartado en el que se destaca la importancia de la gestión del color en los procesos de impresión.
- **4.2 ELABORACIÓN E IMPRESIÓN DE LAS PROBETAS** [Pag.173].
Apartado donde se describe la confección e impresión de las probetas.
- **4.3 PRUEBAS Y ESTUDIO DE LAS IMPRESIONES REALIZADAS** [Pag.188].
Apartado donde se comprueba el resultado de imprimir sobre superficies murales.

⁵⁹ Ir a la apartado 2.2 del capítulo 2 donde se describe la fabricación de este prototipo, [Pag.103].

⁶⁰ Esquema basado en información extraída de: INKTEC Corporation. [Sitio web]. [Consulta: 8 de Abril de 2012]. Disponible en: <http://www.inktec.com/english/product_info/inkjet.asp>, ruta: products, *inkjet inks*.

Para las pruebas se han utilizado tres tipos de probetas:

- *Medias* específicos de impresora.
- Selección de superficies murales.
- Superficies murales con procedimientos de retoque basados en técnicas pictóricas tradicionales.

Tanto los *medias* como la selección de superficies murales han sido impresas con el el prototipo *flatbed* fabricado a partir de una impresora HP DeskJet 990Cse de tintas *Dye* [Fig.4.2].

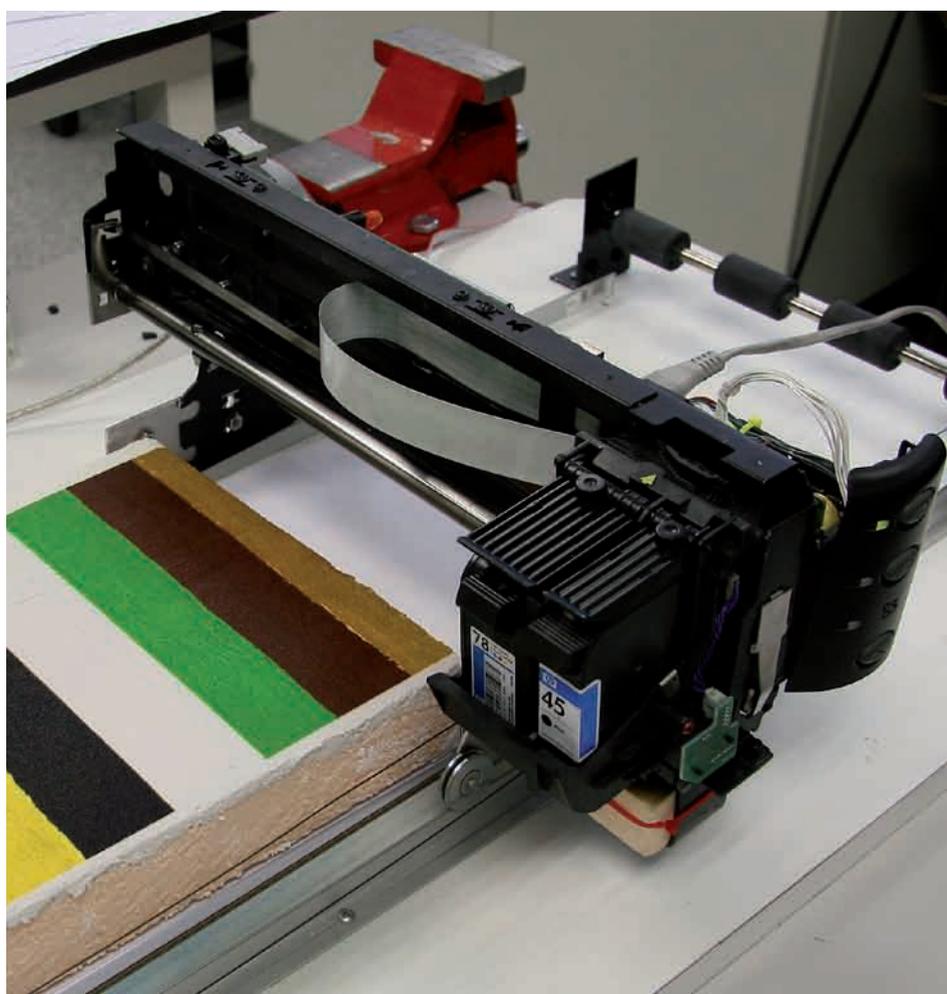


Fig.4.2 Prototipo flatbed tras la impresión de una de las superficies murales.

Es importante tener en cuenta las siguientes abreviaturas porque serán utilizadas a lo largo de todo el apartado 4.3.

Medias específicos de impresora.

Para tener referencias de las propiedades de impresión del sistema, se ha impreso sobre los siguientes *medias* fabricados por *HP* específicamente para este tipo de tintas:

- MF** - *Media* Fotográfico Brillante *HP* de secado instantáneo.
- MR** - *Media* Recubierto Mate.
- MC** - *Media* Canvas Mate Universal (tipo lienzo).

Selección de superficies murales.

Estos han sido los morteros escogidos⁶¹ para estudiar el grado de modificación de las propiedades de impresión cuando se imprime sobre superficies murales:

- A** - (1 Parte de Cal Grasa x 3 de Arena + 0,3 de Maltamix).
- B** - (1 Parte de Cal Grasa x 2 de Arena).
- C** - (Yeso).
- D** - (1 Parte de Yeso x 0,5 de Arena).
- E** - (1 Parte de Cal Grasa + 1 de Cal Hidráulica x 7 de Arena).
- F** - (1 Parte de Cal Hidráulica x 8 de Arena).

Superficies murales con procedimientos de retoque.

Para comparar las diferencias entre imprimir o retocar manualmente una superficie mural, se han realizado sobre el mortero tipo **B** las siguientes técnicas pictóricas:

- T.FRE** - Técnica Fresco
- T.ACR** - Técnica Acrílica
- T.ACU** - Técnica Acuarela
- T.GOU** - Técnica Gouache

⁶¹ Estas son algunas de las dosificaciones más comunes utilizadas para la elaboración de morteros de reposición matérica en restauración de pintura mural.

Las tintas de base agua son ideales para la reconstrucción de faltantes en pinturas murales, ya que garantizan la conservación de la naturaleza porosa y el aspecto mate que presentan este tipo de superficies. Esto se debe a que en las tintas *Dye* y Pigmentadas de base agua, el componente principal del vehículo es agua, que en muchos casos llega a representar hasta el 80% de la composición total⁶²

Teniendo presente la composición de este tipo de tintas, se puede afirmar que lo único que diferencia a un fresco manual de uno impreso es la forma en la que se aplica el color. En el procedimiento manual es el pincel del artista, mientras que en el mecánico es el cabezal de inyección.

Para comprobar si realmente la tinta impresa se beneficia de los procesos químicos de carbonatación o fraguado, se han impreso cada una de las superficies murales indicadas anteriormente en dos versiones, una al fresco y otra al seco.

Según esto, las referencias utilizadas para diferenciar unas de otras son las siguientes:

Superficies murales al fresco.
A1 B1 C1 D1 E1 F1

Superficies murales al seco.
A2 B2 C2 D2 E2 F2

⁶² Ir al Anexo III para comprobar en las fichas técnicas del fabricante, la composición de este tipo de tintas [Pag.335].

4.1 DIGITALIZACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE ORIGINALES.

En la reintegración manual, el restaurador es el encargado de procesar, interpretar y reproducir formas y colores. En este proceso de percepción visual, la luz reflejada por el objeto estimula las células receptoras de la retina, transmitiendo la información al cerebro a través de impulsos nerviosos. A partir de este momento, reproducir lo observado a través de una paleta de colores dependerá de la habilidad de cada individuo [Fig.4.3]. Sobra decir que este mecanismo es completamente subjetivo y que por tanto los resultados son impredecibles (Bruce, 2005: 204).

Por otra parte, en la reconstrucción digital, los receptores visuales son sustituidos por periféricos de entrada como cámaras digitales o escáneres, y las impresoras son las encargadas de dar vida a la imagen [Fig.4.4]. A diferencia de los procesos manuales, en estos casos los resultados son completamente objetivos y fieles a las referencias iniciales. La única pega es que para conseguir que los colores de dicha reproducción se correspondan a los originales, es inevitable recurrir a la llamada *Administración del color* (CMS-Color Management System). Es decir, se necesita que el color sea estable durante todo el proceso de digitalización, tratamiento, impresión e integración final a los que se somete el archivo inicial, para preservar la “realidad cromática” de la obra a imitar (Bae, 2007: 86).

Para realizar una correcta *Administración del color* es necesario imprimir una serie de patrones directamente sobre el soporte final. En este caso, como el objetivo es imprimir sobre superficies murales, la única forma de “perfilar” estos nuevos soportes es utilizando la impresión directa.

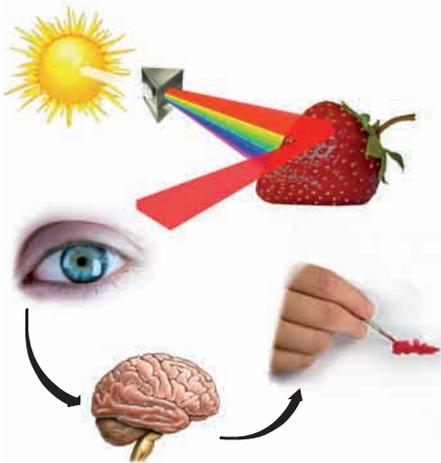


Fig.4.3 Proceso de reconstrucción manual.



Fig.4.4 Proceso de reconstrucción digital.

4.1.1 La administración del color (CMS).

El único lenguaje que entienden los ordenadores es el de los números. Para estos dispositivos el color no es más que una traducción matemática aproximada de los estímulos que nuestro sistema visual es capaz de percibir.

Los medios de los que disponemos para captar estos estímulos y traducirlos al lenguaje máquina son los periféricos de entrada. Estos dispositivos transforman la luz en códigos numéricos que abarcan el espectro visible mediante la combinación del rojo, verde y azul, (*RGB* - colores primarios luz "aditivos"). Los monitores, cámaras digitales y escáneres trabajan de esta forma.

Las impresoras adaptan los códigos de entrada a su propio lenguaje para volver a convertirlos en algo tangible visualmente mediante la combinación de sus tintas⁶³. Normalmente estos dispositivos imprimen en cuatricromía *CMYK* sirviéndose del soporte para obtener el blanco, pero con la llegada de la fotografía digital, la tendencia ha sido añadir cada vez más colores. Así aparecieron las *CMYKLcLm*, y en la actualidad a las exacromías se suman impresoras de hasta ocho y doce colores. Estas impresoras se denominan de calidad fotográfica porque consiguen reproducir un mayor número de colores, ampliando el *gamut* que ofrecen las llamadas impresoras de producción.

El problema está en como traducir el lenguaje de entrada (*RGB*) al de salida (*CMYK*) para que el color reproducido por unos y otros sea el mismo. Estos idiomas más que una descripción, son instrucciones de control que permiten reproducir sensaciones de color a los dispositivos que los utilizan. Por sí solos son ambiguos y producirán diferentes resultados en función del periférico que los reproduzca. Un ejemplo claro de este problema está presente en una tienda donde se exponen al mismo tiempo televisores de marcas diferentes. Todos reciben la misma señal pero la reproducen con resultados de color claramente distintos.

A nivel usuario estas diferencias de color no son un problema, pero a nivel profesional cuando se busca una correspondencia exacta entre el objeto original y su reproducción digital, se hace inevitable recurrir a la *CMS*.

⁶³ Las tintas pertenecen a los colores denominados sustractivos primarios o "pigmentos" y absorben la luz de los colores aditivos primarios *RGB*. Estos colores son el magenta (que absorbe el verde), el amarillo (que absorbe el azul) y el cian (que absorbe el rojo) (Pople, 1999: 165).

Para dar significado a estas instrucciones de control, la administración del color se sirve de los espacios de color basados en la percepción *CIE Lab* y *CIE XYZ*. Estos espacios son establecidos por la *CIE (Commission Internationale de l'Eclairage)* como estándares para describir el color en el mundo de la colorimetría digital.

Los sistemas de *administración del color* realizan dos tareas (Fraser, Murphy y Bunting, 2003: 97):

- Asignan un significado de color específico a los valores *RGB* y *CMYK* dentro de los estándares *CIE* mediante perfiles específicos para cada dispositivo.
- Modifican los valores *RGB* y *CMYK* que enviamos a los diferentes dispositivos para que todos reproduzcan los mismos colores.

En definitiva, lo que se busca con la *administración del color* es que todos los periféricos (cámaras, monitores e impresoras) reproduzcan el mismo color, coincidiendo a su vez con el del original.

Aunque esto parezca algo obvio, lo habitual es que los colores de entrada no se correspondan ni con los del original ni con los de salida y que además, el monitor nos muestre una tercera realidad. Así, nos podemos encontrar que un mismo archivo pueda tener tantas versiones como impresoras lo hayan reproducido, o que una impresora lo reproduzca en tantas versiones como periféricos de entrada lo hayan captado (Fraser, Murphy y Bunting, 2003: 98) [Fig.4.5].

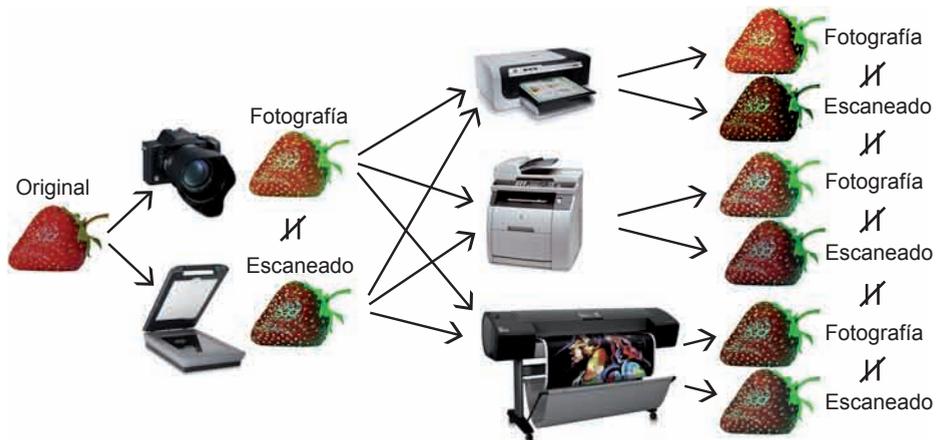


Fig.4.5 Ejemplo de lo que sucede en una reproducción sin administración del color.

Cuando se trabaja sin una *administración del color*, encontrar dónde está el desajuste y corregirlo es muy difícil. Si además trabajamos con un monitor que no muestre lo que realmente captan los dispositivos de entrada ni lo que reproducirán los de salida, la cosa se complica aun más. Por eso, la solución es recurrir a la *administración del color*. Este sistema introduce una interpretación intermedia de los colores denominada *PCS (Profile Connection Space)*, que sirve como centro de las conversiones necesarias para que se correspondan los colores de la salida con los de la entrada (Fraser, Murphy y Bunting, 2003: 100) [Fig.4.6].

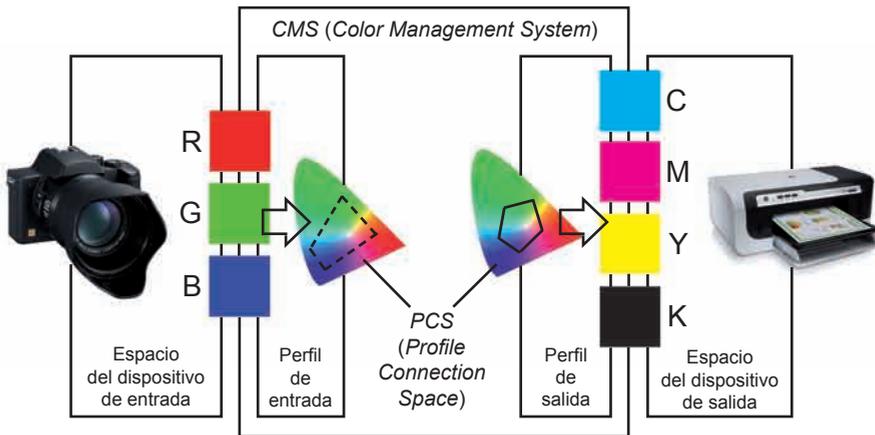


Fig.4.6 Esquema general del funcionamiento de la administración del color.

Cuando aplicamos criterios de gestión del color, relacionamos la forma de entender el color de cada dispositivo con el *PCS* (espacio de color independiente). De esta forma podemos convertir los colores de *RGB* a *CMYK* de manera fiel, predecible y sin sorpresas [Fig.4.7].

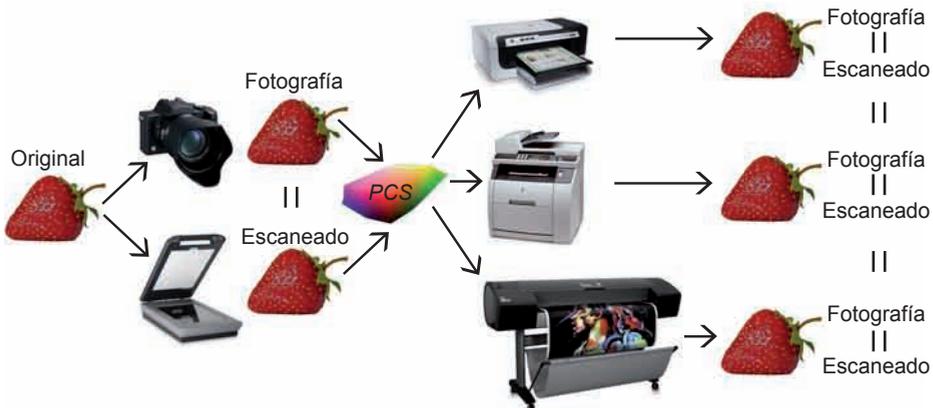


Fig.4.7 Ejemplo de lo que sucede en una reproducción con administración del color.

El principal problema del proceso de ajuste entre espacios de color es que no todos los dispositivos abarcan el mismo espectro. Esto sucede porque el espectro que cubre un dispositivo de entrada (como una cámara), es mayor que el que es capaz de reproducir físicamente una impresora con sus tintas. Este paso de un espacio de color a otro tiene como consecuencia la reducción de las gamas [Fig.4.8].

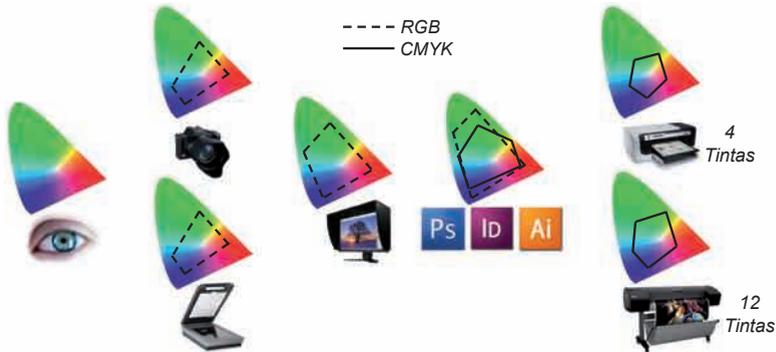


Fig.4.8 Área del espectro que abarcan los diferentes dispositivos.

Los siguientes espectros corresponden a perfiles de diferentes periféricos [Fig.4.9 a Fig.4.12]. Los perfiles de color permiten ajustar los colores desde la entrada a la salida mediante tablas de correspondencias.

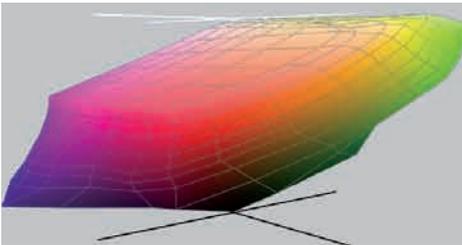


Fig.4.9 Perfil de un escáner.

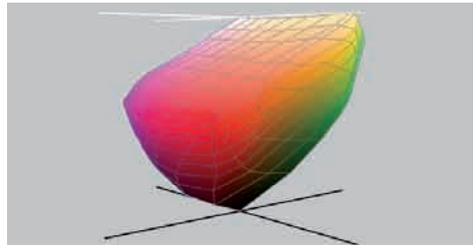


Fig.4.10 Perfil de una cámara.

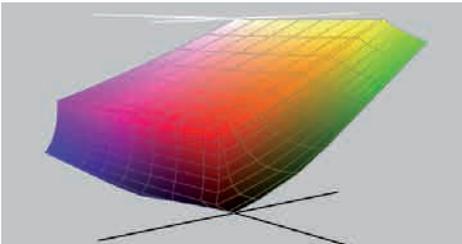


Fig.4.11 Perfil de un monitor.

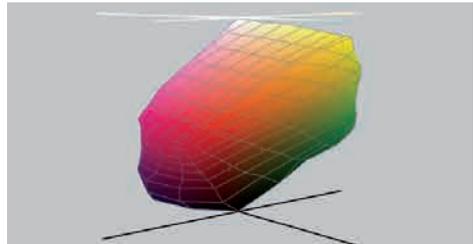


Fig.4.12 Perfil de una impresora.

Para resolver el problema de ajuste de unos espacios a otros, la CMS utiliza los llamados propósitos de interpretación que permiten “llevar” los colores de un espacio más amplio a otro más pequeño.

Conseguir un flujo de trabajo de este tipo no es sencillo. Para obtener resultados profesionales es imprescindible recurrir a los *software* y *hardware* específicos.

4.1.1.1 Hardware para la administración del color.

Para medir la componente de color que emite o refleja un objeto en forma de luz se utilizan los llamados espectrofotómetros. Estos sistemas transforman en información numérica la emisión de una fuente luminosa o un monitor, pero además, permiten leer el color reflejado por una pintura o una impresión. La información digitalizada por estos dispositivos es utilizada por los *software* para la caracterización de las fuentes de luz, la calibración de monitores o la perfilación de los periféricos de entrada y salida. Entre los espectrofotómetros de emisión/reflexión más conocidos en el mundo de la *administración del color*, el *Spectrolino* y el *Eye One Pro* de *GretagMacbeth (X-Rite)* son de los más utilizados [Fig.4.13 a Fig.4.15].



Fig.4.13 Perfilación del periférico de entrada.



Fig.4.14 Calibración del monitor.



Fig.4.15 Perfilación del periférico de salida.

4.1.1.2 Software para la administración del color.

Existen infinidad de programas para obtener un flujo de trabajo de este tipo, pero en cualquier caso siempre es necesario realizar los siguientes pasos:

- Calibrar y caracterizar el monitor (Fraser, Murphy y Bunting, 2003: 141).
- Caracterización de los dispositivos de entrada (Fraser, Murphy y Bunting, 2003: 161).
- Caracterización de los dispositivos de salida (Fraser, Murphy y Bunting, 2003: 173).

4.1.1.2.1 Calibración del monitor.

Antes de empezar a generar perfiles que definan los espacios de color de nuestros periféricos, se ha de calibrar el monitor. Este dispositivo es la única referencia virtual que nos permite saber si los colores que vemos se corresponden a los del objeto digitalizado y a los que captan y reproducen nuestros dispositivos. Aunque sistemas operativos como el *Mac OS X* nos brindan la posibilidad de calibrarlo [Fig.4.16], los *software* específicos de *administración del color* son más fiables y exactos. Entre los *software* utilizados, el *Eye-One Match* es uno de los más intuitivos [Fig.4.17].

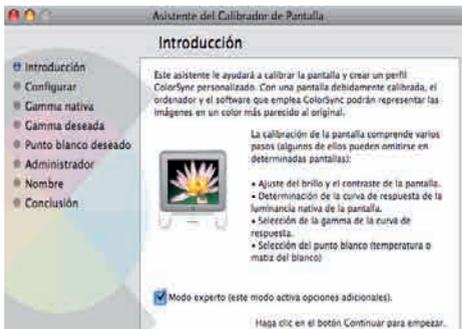


Fig.4.16 Asistente de monitor Mac OS X.



Fig.4.17 Asistente de monitor EyeOne Match.

El siguiente paso es la caracterización de todos los periféricos de entrada y salida que vayan a intervenir en el proceso de digitalización y reproducción.

A continuación se describe el flujo de trabajo del prototipo *flatbed* fabricado específicamente para la impresión directa de superficies murales. La ventaja del procedimiento utilizado es que permite perfilar cualquier tipo de periférico de forma independiente con la ayuda de diferentes programas específicos.

4.1.1.2.2 Caracterización de los periféricos de entrada.

El escáner y la cámara de fotos son los periféricos de entrada que utilizaremos para digitalizar los restos de pintura original o referencias históricas como fotografías o negativos. Estas referencias digitalizadas servirán como base para la reconstrucción de los faltantes que luego imprimiremos directamente sobre el mortero.

En este proceso lo habitual es utilizar diferentes herramientas según el dispositivo a perfilar. Perfilar un escáner es relativamente sencillo porque la luz utilizada es siempre la misma⁶⁴, pero una cámara depende de las condiciones de iluminación bajo las que se exponga el objeto. En un estudio estas condiciones pueden ser más o menos controladas, pero si la referencia a fotografiar es una pintura mural de grandes dimensiones, la cosa se complica al no poder cubrir de una sola vez toda la superficie. Además de las características de la luz, también intervienen otros parámetros inherentes a la propia cámara como son la sensibilidad, la velocidad de obturación y la apertura de diafragma. Todo esto hace inevitable que cada fotografía necesite su propia corrección.

Para el fotografiado se ha utilizado [Fig.4.18]:

- Pintura al óleo pintada sobre lienzo.
- Cámara digital *Canon EOS 30D*.
- Mesa de reproducción *Kaiser Pro*[®] con brazo para la fijación de la cámara y con cuatro iluminantes orientables.

Para perfilar la cámara de fotos se ha utilizado [Fig.4.19]:

- Módulo que integra *Eye-One Match* para el perfilado de cámaras fotográficas.
- *Target ColorChecker*[®] *Digital SG* compatible con el módulo *EyeOne Match* foto⁶⁵.

Al terminar el proceso, el *software* compara el aspecto que muestran los colores de la paleta *ColorChecker*[®] fotografiada junto al original, con los datos del archivo original de dicha referencia. El resultado es un perfil *.icc* que indica las equivalencias entre los colores de la foto y el aspecto que realmente deberían de tener [Fig.4.20 y Fig.4.21].

⁶⁴ Esto no es del todo cierto, ya que con el paso del tiempo la intensidad de la luz puede cambiar, por eso es recomendable actualizar el perfil del escáner cada cierto tiempo.

⁶⁵ Más información en: X-RITE. [Sitio web]. [Consulta 10 de Julio de 2012]. Disponible en: <http://www.xrite.com/>



Fig.4.18 Proceso de fotografiado.



Fig.4.19 Asistente de cámara EyeOne Match.



Fig.4.20 Fotografía sin perfil.



Fig.4.21 Fotografía con perfil.

4.1.1.2.3 Caracterización de los periféricos de salida.

Las impresoras están diseñadas para imprimir sobre *medias* fabricados específicamente para sus tintas. Estas superficies presentan las condiciones ideales para la recepción de la tinta, por eso generar perfiles para este tipo de soportes no supone un problema. No obstante, aunque las superficies murales no han sido pensadas para ser impresas, los resultados obtenidos han demostrado que es completamente viable perfilarlas, consiguiendo que los colores reproducidos sobre ellas se mantengan fieles al original fotografiado.

Los inyectores de estos dispositivos están colocados a la distancia justa para que cada gota de tinta tenga la posición y diámetro que asegure los mejores resultados de calidad y color. En este caso, como la finalidad de este prototipo es poder imprimir sobre superficies murales texturizadas, se han realizado pruebas separando los cabezales hasta comprobar el límite donde comienza la dispersión del flujo de inyección.

Para la perfilación de un soporte es muy importante respetar al máximo la configuración de velocidad de desplazamiento vertical (VDV) [Fig.4.22], horizontal (VDH) y la distancia de los cabezales [Fig.4.23]. Si cualquiera de estos parámetros se modifican lo suficiente, el resultado es un desajuste en la superposición de las gotas y una modificación del color. Un perfil de color generado a partir de un *target*⁶⁶ impreso en estas condiciones, estará corrigiendo desviaciones de color que realmente no dependen ni del cabezal ni del soporte.

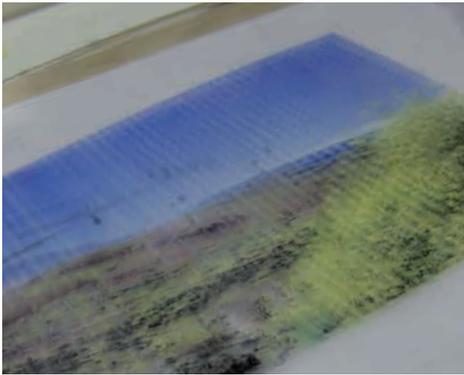


Fig.4.22 Banding por desajuste de la VDV.



Fig.4.23 Difusión por separación excesiva.

Para determinar la separación máxima entre los cabezales del prototipo y el soporte, se imprimió a diferentes distancias, comprobando que a 8mm comienzan a producirse la difusión de la tinta [Fig.4.24 y Fig.4.25].



Fig.4.24 Cabezales a 8mm de distancia.

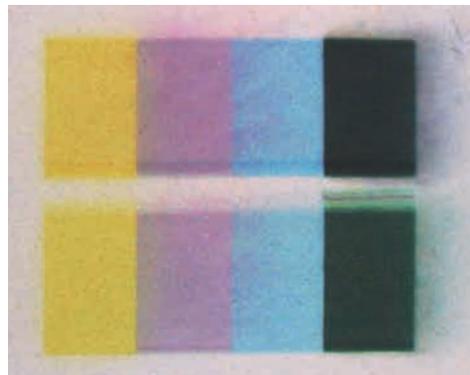


Fig.4.25 Difusión producida a 8mm.

Tomando como referencia las distorsiones producidas a 8mm, se fijó en 5mm la separación límite para el “perfilado” de la superficie mural.

⁶⁶ Los target son referencias con parches de color que gracias a un archivo asociado de referencia .txt, permiten perfilar los dispositivos de entrada y salida.

Para obtener con este prototipo los perfiles de color de la superficie mural [Fig.4.28] se ha utilizado:

- *ProfileMaker 4.1 Professional* de *GretagMacbeth*.
(software para obtención de perfiles icc).
- *Target i1 RGB 1.5* de 288 parches [Fig.4.26].
- Espectrofotómetro *Eye-One* [Fig.4.27].



Fig.4.26 Prototipo flatbed durante el proceso de impresión del target.



Fig.4.27 Proceso de medición de los parches impresos con el espectrofotómetro.

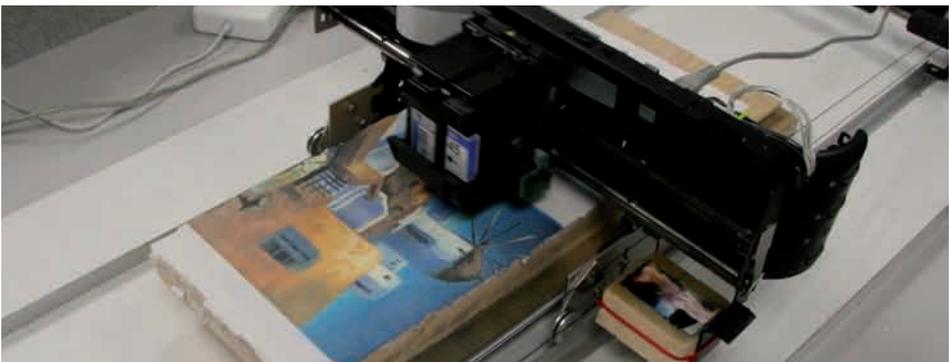


Fig.4.28 Impresión del original digitalizado con perfil de color generado.

Para comprobar el efecto de imprimir con los cabezales a más o menos distancia de la superficie, se crearon dos perfiles. El primero para una separación de 5mm y el segundo para una de 2mm (aproximada a la establecida de fábrica) [Fig.4.29 y Fig.4.30].

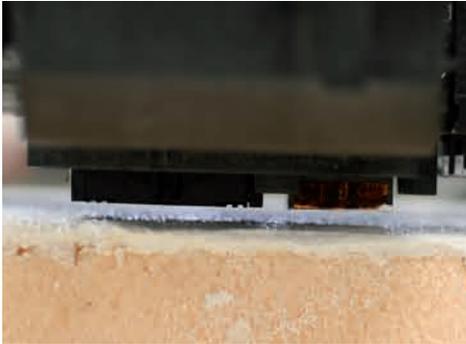


Fig.4.29 Cabezales a 5mm de distancia.

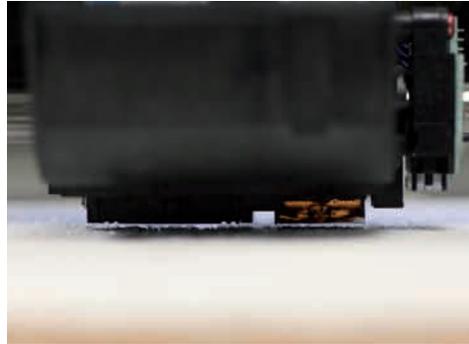


Fig.4.30 Cabezales a 2mm de distancia.

Como se muestran en las siguientes fotografías, el target impreso a 5mm presenta unos colores apagados y agrisados [Fig.4.31 y Fig.4.32], mientras que a 2mm la intensidad de los colores es mucho mayor [Fig.4.33 y Fig.4.34].

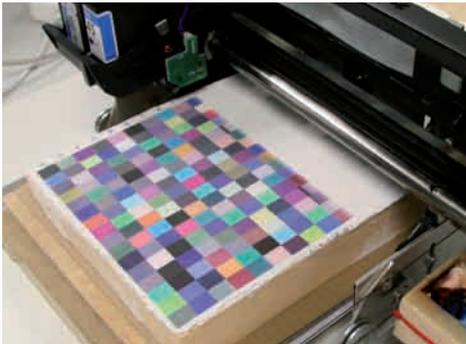


Fig.4.31 Target impreso a 5mm de distancia.



Fig.4.32 Resultado de perfil a 5mm .



Fig.4.33 Target impreso a 2mm de distancia.



Fig.4.34 Resultado de perfil a 2mm.

La diferencia entre los resultados conseguidos se ve con mayor claridad en la siguiente fotografía [Fig.4.35].



Fig.4.35 De izquierda a derecha: Impresión a 5mm, a 2mm y pintura original.

A pesar de haber conseguido un perfil que reproduce fielmente los colores del original sobre una superficie mural, se observa una clara reducción del espectro capaz de cubrir la misma impresora sobre otros *medias* específicos. Estos *medias* presentan tratamientos que permiten la correcta fijación de las gotas, evitando su sangrado y penetración excesiva. Gracias a la mayor definición de las gotas de tinta sobre estos soportes, el resultado es una gama cromática más amplia con colores más vivos [Fig.4.36 a Fig.4.39]. Esta reducción de gama cromática al imprimir sobre un mortero es normal y se debe a sus características de absorción y difusión superficial. A pesar de todo los resultados son muy buenos.

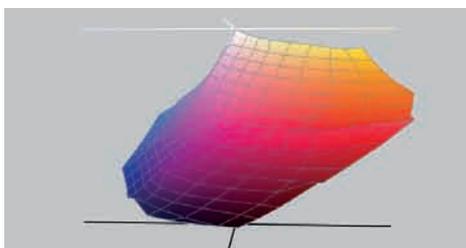


Fig.4.36 Perfil de un media HP Glossy.

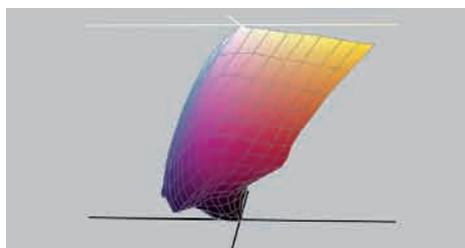


Fig.4.37 Perfil de un media HP Canvas.

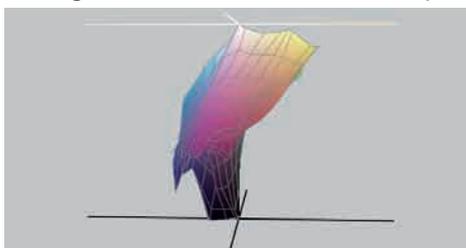


Fig.4.38 Perfil de mortero de cal y arena.

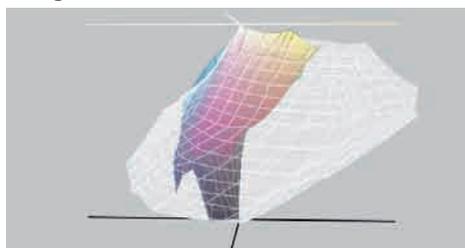


Fig.4.39 Perfil HP Glossy vs perfil mortero.

En la siguiente secuencia de imágenes se muestra la pintura original y el resultado de las reproducciones digitalizadas impresas sobre un mortero de cal y arena texturizado y sobre el mismo mortero liso.



4.1.1.3 Software específico para la administración del color.

Para la implantación de un flujo de trabajo que administre correctamente el color lo habitual es utilizar el procedimiento anterior. La ventaja de estos sistemas es que nos ofrecen una gran versatilidad al poder caracterizar cualquier tipo de periférico. Como ya se ha visto, la caracterización de los dispositivos que intervengan en este flujo se hace de forma independiente, pudiendo incluso recurrir a diferentes *software*. Si además el tamaño de la obra a digitalizar permite realizar una única captura en condiciones de iluminación controladas, el éxito de este proceso esta más que asegurado.

El problema viene cuando hemos de fotografiar grandes ciclos pictóricos murales o lienzos de grandes dimensiones. En estos casos sus proporciones obligan a realizar varias capturas, resultando un mosaico compuesto por archivos de imágenes diferentes. Cuando se trabaja de esta forma es muy difícil obtener un único archivo homogéneo en iluminación y color. Además por sus dimensiones, es inevitable el uso de algún *software* de impresión independiente que pueda gestionarlos. Estos *software* se denominan *RIP* de impresión y permiten imprimir archivos con metros de longitud.

Para simplificar este proceso *HP* ha desarrollado en colaboración con *Nikon* el *software HP Artist®* integrado dentro del *RIP* de impresión *StudioPrint®* de *Ergosoft*. Este módulo simplifica los métodos “tradicionales” de reproducción, resumiendo todo el proceso de administración del color en un circuito cerrado que integra todos los pasos de principio a fin (Dicarlo, 2004: 383). Algunos de los periféricos que soporta son la cámara *Nikon D3x* [Fig.4.40] y la impresora de gran formato *HP DesignJet Z3200* [Fig.4.41].



Fig.4.40 Cámara Nikon D3x.



Fig.4.41 Impresora HP DesignJet Z3200.

Los pasos necesarios para el proceso serían los siguientes:

- Fotografiado por duplicado del original y del blanco patrón con el mismo encuadre e iluminación [Fig.4.42 y Fig.4.43].
- Lectura con el espectrofotómetro *Eye-One* de los iluminantes, del blanco patrón utilizado durante las capturas y de la paleta de colores que presente la obra original. Estas tres referencias se introducirán en el *software* en forma de archivos *.txt* que aportarán los valores colorimétricos en *CIE XYZ*, *CIE Lab* y *Espectral*.



Fig.4.42 Fotografiado del original.



Fig.4.43 Fotografiado del blanco patrón.

Cuando arrancamos el módulo *HP Artist*® nos aparece un cuadro de dialogo bastante intuitivo [Fig.4.44]. Basta con indicarle el tipo de cámara, la ubicación de las capturas y de los archivos *.txt* (con las referencias colorimétricas), para que nos genere un archivo *.tiff* de la imagen corregida. Esta nueva imagen estará lista para ser impresa desde el *RIP*. Por último, señalar que este programa sólo reconoce las fotografías que genera la cámara *Nikon D3x* y cuya extensión es *.nef* (*Nikon Electronic Format*).

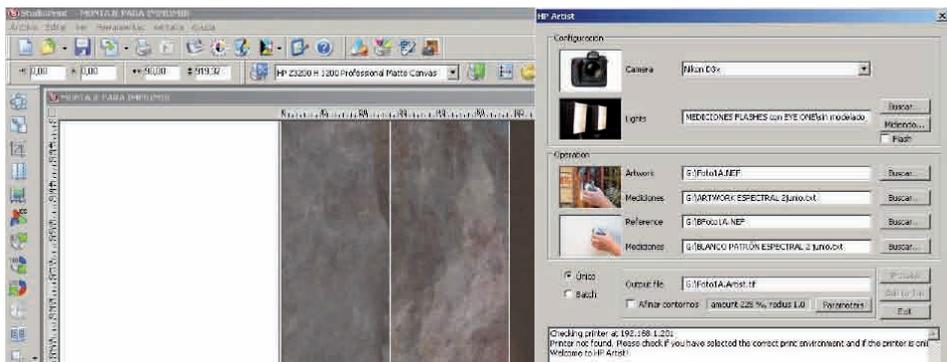


Fig.4.44 RIP StudioPrint con módulo *HP Artist* arrancado.

4.2 ELABORACIÓN E IMPRESIÓN DE LAS PROBETAS

4.2.1 Configuración de las probetas murales.

Soporte:

Se ha escogido plancha de poliestireno extrusionado por su ligereza y rigidez. Este material ha facilitado la manipulación durante los procesos previos de impresión y los diferentes trabajos posteriores como el fotografiado o la extracción de muestras.

Sus dimensiones se han fijado teniendo en cuenta que el ancho máximo del prototipo de impresión corresponde a un folio A4. El formato escogido para la base de poliestireno ha sido de:

[300 x 210 x 40 mm (largo, ancho y espesor respectivamente)]

1ª Capa, el enfoscado (arizzo), grosor de 3mm:

Se ha realizado un rallado de la superficie lisa del poliestireno para facilitar el agarre de esta primera capa, cuyas proporciones han sido de:

[3 Partes de arena x 1 Parte de cal grasa]

El secado de esta capa ha sido de 30 días. Lo que se consigue con esto es que su carbonatación sea completa y que sus propiedades de absorción garanticen el agarre de la siguiente capa. El porcentaje y la granulometría⁶⁷ de la arena utilizada, también ha favorecido la fijación entre ambas capas.

2ª Capa, el enlucido (intonaco), grosor medio de 2mm:

Existen infinidad de variaciones posibles para la composición de esta capa. Todo dependerá de la naturaleza de la obra real y de las resistencias mecánicas que se quieran obtener. En este caso, la selección del árido se ha hecho teniendo en cuenta el tono ya que nos interesaba una superficie más bien blanca.

⁶⁷ El diámetro de la granulometría del árido utilizado en el *enfoscado* ha sido de 1-2 mm. Esto ha permitido obtener una superficie muy rugosa [Fig.4.45].

Composición de los diferentes enlucidos aplicados:

Composición mortero A

- 3 Partes de *grasello de cal* + 1 Parte de *Maltamix*⁶⁸
- 6 Partes de *cuarcita gruesa* + 3 Partes de *cuarcita super ventilada*

Este mortero se ha escogido por lo buenos resultados obtenidos en el proyecto de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia, para la transferencia de tintas de base agua mediante *Papelgel*[®].

Si se analiza la proporción del árido respecto a la cal, se puede decir que se trata de un enlucido bastante magro ya que normalmente las proporciones suelen estar más igualadas, pero en este caso, la adición del mortero comercial *Maltamix*[®], sirve para otorgarle cierta plasticidad y unas mejores propiedades ligantes, haciéndolo un poco más graso. El uso de cuarcita super ventilada está dirigido a rellenar los espacios que quedan entre los granos de la cuarcita más gruesa. Con esto se consigue homogeneizar la granulometría y hacerlo más compacto. La resina acrílica que lleva hace que el mortero sea un poco menos permeable⁶⁹ que uno tradicional de cal y arena, pero por otro lado regula y uniformiza la absorción.

Composición mortero B

- 1 Parte de *grasello de cal*
- 2 Partes de *cuarcita gruesa*

Para este mortero se ha elegido una proporción de cal y arena intermedia, obteniéndose una mezcla ni muy magra ni muy grasa. Las variaciones posibles para un *intonaco* de estas características, irían desde una dosificación magra de 3/1 hasta una grasa de 1/1 (partes de arena por cal respectivamente). A pesar de que la proporción de árido respecto a la cal es menor que en el tipo A, la diferencia de absorción que se muestra en la gráfica [Fig.4.] de la página x, indica que la incorporación de un aditivo, junto con la combinación de áridos de diferentes granulometrías, influyen notablemente en el índice de absorción de un mortero.

⁶⁸ Ir al Anexo III para consultar la ficha técnica del producto [Pag.350].

⁶⁹ Ver la gráfica donde se muestra la diferencia de absorción entre los morteros impresos [Pag.249].

Composición mortero C

- Yeso⁷⁰

En este caso la elección es un yeso profesional con un bajo contenido en sales denominado “escayola cerámica”. Este revoque se ha escogido para comprobar el resultado de imprimir con tinta de base agua sobre un material tan absorbente como un yeso estándar. Su porosidad es muy alta y su dureza muy baja si se compara con otros yesos como el tipo arquero. No obstante, las propiedades mecánicas de este yeso, son más adecuadas para convivir junto a un revoque histórico ya que uno de mayor dureza, puede “fatigar” los materiales originales adyacentes.

Composición mortero D

- 1 parte de yeso
- 0,5 parte de *cuarcita gruesa*

Para incluir una variación en las propiedades del yeso utilizado en el revoque C se le ha añadido una pequeña proporción de *cuarcita gruesa*, modificando sus propiedades mecánicas y sus propiedades de absorción.

Composición mortero E

- 1 parte de *grasello de cal* + 1 Parte de *cal hidráulica crucialys*⁷¹
- 7 partes de *cuarcita gruesa*

Este mortero combina las propiedades de una cal aérea con las de una hidráulica, para facilitar el proceso de carbonatación en presencia de agua. El resultado ha sido un mortero magro con unas propiedades muy absorbentes y una resistencia muy inferior a la de los morteros A y B. En este caso, la dosificación del árido respecto a la cal es de 3/1 para el *grasello de cal* (cal aérea) y de 4/1 para la *cal hidráulica crucialys*[®] (partes de arena por cal respectivamente).

Composición mortero F

- 1 Parte de *cal hidráulica crucialys*[®]
- 8 Partes de *cuarcita gruesa*

En este caso la eliminación de la cal aérea ha aumentado las propiedades magras del mortero, haciéndose patente esta característica en la absorción y la dureza. El resultado es un revoque que se disgrega muy fácilmente.

⁷⁰ Ir al Anexo III para ver las propiedades de este yeso [Pag.351].

⁷¹ Ir al Anexo III para ver la ficha técnica de esta cal [Pag.349].

4.2.1.1 Preparación de las probetas murales.

Tras dejar secar la primera capa de enfoscado durante 30 días se tendieron los enlucidos con una llana flexible [Fig.4.45]. Para terminar se alisó la superficie con una llana semirígida [Fig.4.46].



Fig.4.45 Aplicación del enlucido.



Fig.4.46 Alisado con llana semirígida.

Justo antes de imprimir se pasó una esponja ligeramente humedecida por la superficie. Esto se hizo para regularizar y compactar aun más el acabado dejado por la llana [Fig.4.47].

Finalmente se dividió la superficie en dos zonas, una texturizada y otra lisa. La zona rugosa se texturizó con una brocha para comprobar el efecto de imprimir sobre una impronta similar a la que puede dejar marca el artista cuando aplica el enlucido o realiza retoques con posterioridad mediante empastes de cal [Fig.4.48].



Fig.4.47 Regularización final.



Fig.4.48 Texturizado de la superficie.

4.2.1.2 Procedimiento de impresión de las probetas murales.

Para la impresión de los morteros se utilizó el prototipo *flatbed* fabricado para esta tesis. La impresora utilizada monta de fábrica dos cartuchos de tinta, de los cuales; uno corresponde al Negro (K) y el otro integra la tricromía Magenta (M), Amarillo (Y) y Cian (C). En total forman la cuatricromía (CMYK). Las tintas *Dye* de base agua utilizadas han sido las originales de la marca *HP* cuyas referencias son:

- Cartucho negro: 45 51645AE
- Cartucho tricolor: 78 C6578AE

El porcentaje de agua de estas tintas es del 80% en el negro y de un 60% en los colores. Su pH en torno a 8,4 se acerca bastante al de la cal, por lo que no se corre el riesgo de que se alteren los colores o sus propiedades⁷².

Se han reproducido ocho franjas de diferentes colores, dejando una sin imprimir para la toma de datos colorimétricos y de brillo de la superficie mural original. Las franjas se han impreso de forma que cada una contenga media superficie rugosa y la otra lisa [Fig.4.49].



Fig.4.49 Franjas de colores impresas sobre uno de los morteros.

⁷² Ir al Anexo III donde se incluyen las tablas de composición química de estas tintas [Pag.335].

Además, justo antes de comenzar a imprimir, se aplicó sobre cada tipo de acabado superficial un regulador de absorción del tipo *Bonding Agent*⁷³. Se colocó una reserva para conservar de cada tipo de acabo una parte sin este producto [Fig.4.50].



Fig.4.50 Aplicación del *Bonding Agent* instantes antes de imprimir, reservando los laterales.

La aplicación de este producto sobre la superficie mural, busca obtener el efecto de regularización y fijación que consiguen los fabricantes de *medias* al utilizarlo sobre papeles que carecen de estucados o *coatings*. El objetivo que persiguen al aplicar estos productos sobre el papel es regularizar la absorción de sus fibras y conseguir que la formación de la gota de tinta sea correcta, evitando efectos de “sangrado” por difusión capilar⁷⁴.

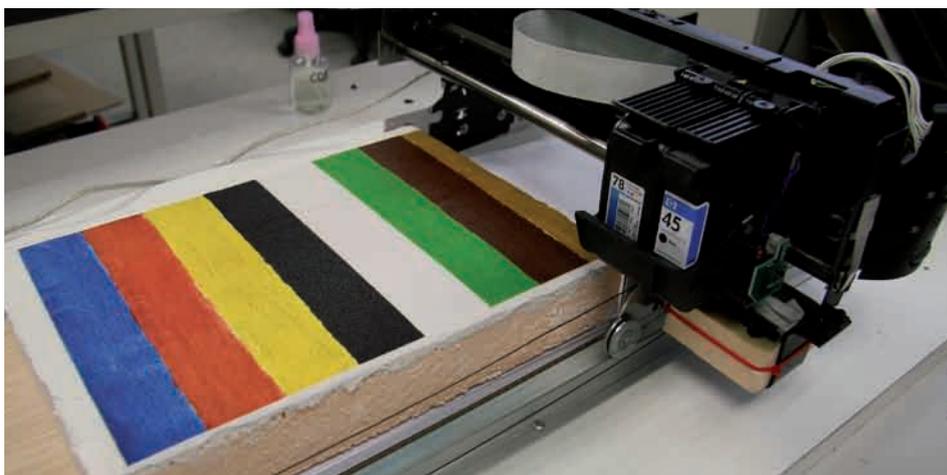
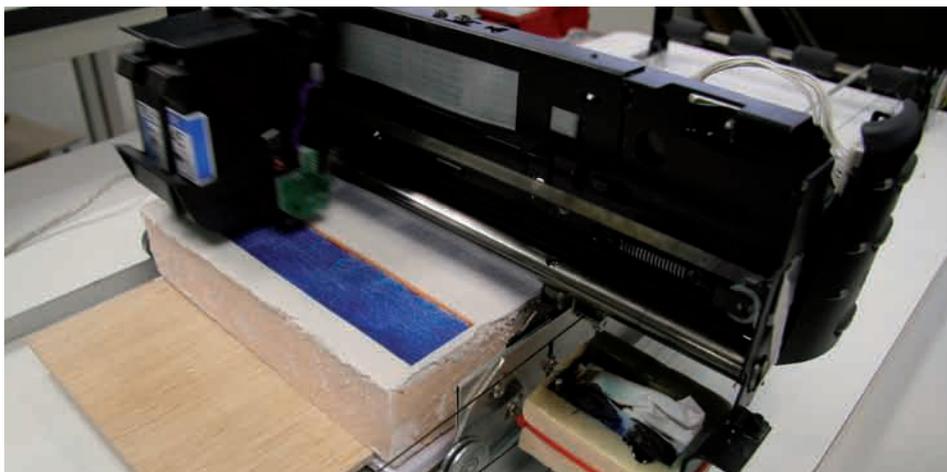
Este producto no modifica las propiedades de permeabilidad del mortero ya que el agua representa el 60% de su composición y el resto, son componentes similares a los que presentan las tintas de base agua⁷⁵.

En la siguiente secuencia de imágenes se muestra la impresión de uno de los morteros con el prototipo *flatbed* fabricado.

⁷³ El *Bonding* utilizado es el mismo que usa la impresora *HP CM8060 color MFP* de *Hewlett-Packard* cuya referencia de cartucho es C8754A. Se trata de una solución acuosa utilizada por modelos de impresoras *ink jet* de producción que imprimen sobre papeles si estucado o *coating*. El *HP Bonding Agent* es una tecnología exclusiva de líquido incoloro que se aplica sólo en los lugares precisos donde la tinta se va a imprimir. Mejora la densidad óptica y la adherencia del pigmento en el papel, proporcionando una mayor durabilidad y calidad de la impresión.

⁷⁴ Ver el punto 1.4.1 sobre *Tintas Líquidas* [Pag.91].

⁷⁵ Ir al Anexo III para ver las propiedades y la composición del *Bonding Agent* utilizado [Pag.345].



4.2.2. Clasificación de las probetas según la metodología de reconstrucción.

4.2.2.1 Morteros impresos.

Como ya se ha indicado se seleccionaron seis tipos de revocos, imprimiéndolos cada variante en dos versiones:

- Al fresco:

A1, B1, C1, D1, E1 y F1.

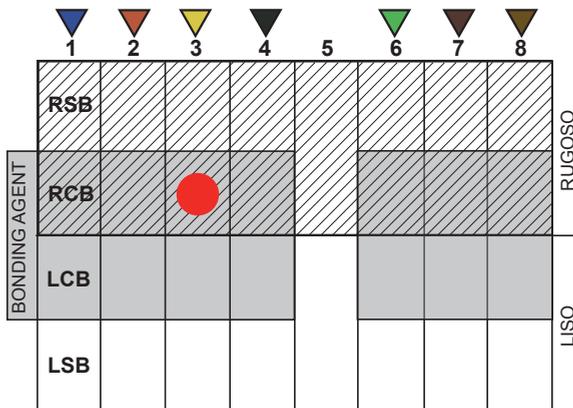
Estos morteros fueron impresos poco después de su aplicación, evitando, en el caso de las cales, la formación de la fina película de carbonato cálcico que se produce sobre la superficie, y en el de los yesos, su completo fraguado.

- Al seco:

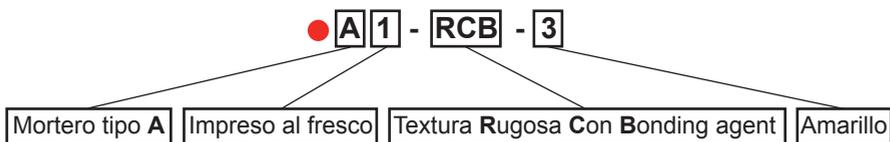
A2, B2, C2, D2, E2 y F2.

En este caso se esperaron 7 días antes de imprimirlos (Berasategui y Gibert, 1999: 63).

En la siguiente ilustración, se muestra la nomenclatura utilizada para referirse a cada zona de las probetas. Con ella se indica el color y el tipo de tratamiento superficial.



Para referirnos al área indicada por el punto rojo (suponiendo que fuera un mortero del tipo A impreso al fresco):



4.2.2.2 Medias específicos impresos.

Los tres *medias* escogidos, pertenecen a las “familias” de soportes más utilizados. Estos *medias* han sido fabricados exclusivamente por HP. Para sacarles el máximo partido han de ser utilizados en sus impresoras y con sus tintas.

Los soportes utilizados son del tipo:

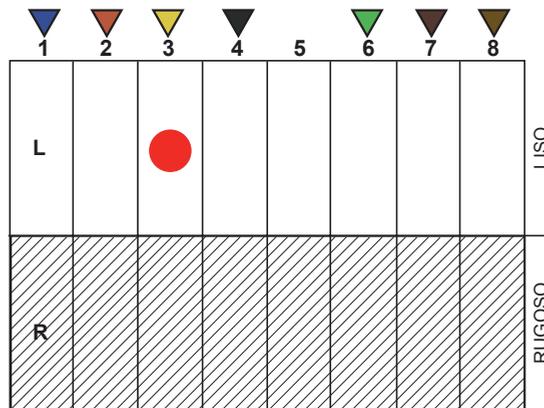
- Recubierto. (**MR**)
- Fotográfico. (**MF**)
- Canvas. (**MC**)

4.2.2.3 Procedimientos de retoque basados en técnicas pictóricas tradicionales.

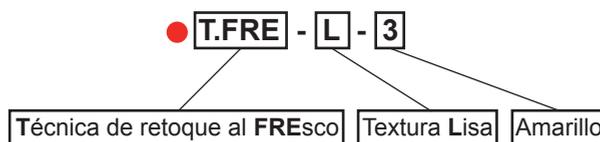
Se han aplicado manualmente cuatro técnicas de retoque:

- Fresco (**T.FRE**)
- Gouache (**T.GOU**)
- Acuarela (**T.ACU**)
- Acrílico (**T.ACR**)

En la siguiente ilustración se muestra como se ha dividido la superficie de la probeta.



Para referirnos al área indicada por el punto rojo (suponiendo que fuera un mortero pintado con el procedimiento de retoque al fresco):



4.2.3 Características técnicas de las superficies utilizadas⁷⁶.

4.2.3.1 Morteros.

En las siguientes tablas se indican las características técnicas que hemos escogido para poder comparar estas superficies entre sí. La obtención de estos datos se ha hecho partiendo de instrumentación específica basada en estándares normalizados.

Conviene aclarar que los datos colorimétricos y los valores de brillo corresponden a la zona del mortero sin imprimir, mientras que la absorción y la difusión son la media de todas las mediciones tomadas en cada tipo de mortero.

Respecto a los valores de absorción (porosidad), se consideran morteros buenos pero porosos, aquellos que tienen una porosidad entre el 20-25%⁷⁷ (Alejandre 2002: 66).

⁷⁶ Los valores que se presentan en estas tablas pueden ser consultados en el Anexo II [Pag.318].

⁷⁷ Esta porosidad se traduce en permeabilidad entre alta y muy alta cuando sus valores van de 2'5 a 3'0 (valores de penetración en cm³ en 10 minutos) (Alejandre 2002: 68).

Mortero A	
Se trata de un mortero cuya composición ha sido específicamente pensada para una correcta transferencia de tintas <i>inkjet</i> mediante <i>PapelGel</i> [®] en el proyecto de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia.	
Su resistencia es muy parecida a la de un mortero convencional de cal y arena, pero la adicción de una baja proporción de mortero comercial <i>Maltamix</i> [®] , facilita su aplicación y mejora la regularidad de la absorción.	
Datos técnicos	
Composición	3 partes de <i>grasello de cal</i> + 1 parte de <i>Maltamix</i> [®] 6 partes de <i>cuarcita gruesa</i> + 3 partes de <i>cuarcita super ventilada</i>
Blancura (L*a*b*)	L* 93,22 a* 1,84 b* 0,82
Brillo 20° 60° 85°	20° 1,1 60° 1,96 85° 0,28
Absorción (Wa)	A1 0,0752 Wa A2 0,0590 Wa
Difusión (∅ en cm)	A1 6,125 cm A2 6,100 cm
Espesor (mm)	En torno a 5 mm
Mortero B	
Se trata de un mortero tradicional de cal y arena como el que se utiliza para la realización de pintura al fresco.	
Su resistencia es la propia de un mortero convencional de cal y arena.	
Datos técnicos	
Composición	1 parte de <i>grasello de cal</i> + 2 partes de <i>cuarcita gruesa</i>
Blancura (L*a*b*)	L* 95,14 a* -0,26 b* 0,88
Brillo 20° 60° 85°	20° 1,18 60° 2,28 85° 0,4
Absorción (Wa)	TFRE 0,1109 Wa B1 0,1159 Wa B2 0,0422 Wa
Difusión (∅ en cm)	B1 6,500 cm B2 5,800 cm
Espesor (mm)	En torno a 5 mm
Revoque C	
Se trata de un revoque de yeso fino tradicional.	
Su dureza es blanda/media.	
Datos técnicos	
Composición	Yeso (<i>sulfato cálcico</i>)
Blancura (L*a*b*)	L* 94,68 a* 0,6 b* 2,92
Brillo 20° 60° 85°	20° 1,22 60° 3,4 85° 3,66
Absorción (Wa)	C1 0,1918 Wa C2 0,1159 Wa
Difusión (∅ en cm)	C1 7,600 cm C2 6,675 cm
Espesor (mm)	En torno a 5 mm

Revoque D	
Se trata de un revoque de yeso fino tradicional con una pequeña proporción de árido.	
Su dureza es blanda/media.	
Datos técnicos	
Composición	Yeso (<i>sulfato cálcico</i>) + 0,5 partes de <i>cuarcita gruesa</i>
Blancura (L*a*b*)	L* 92,62 a* 0,64 b* 3,84
Brillo 20° 60° 85°	20° 1,1 60° 3,2 85° 1,62
Absorción (Wa)	D1 0,1565 Wa D2 0,1209 Wa
Difusión (∅ en cm)	D1 7,625 cm D2 7,000 cm
Espesor (mm)	En torno a 5 mm

Mortero E	
Se trata de un mortero que combina las propiedades de dureza de la cal área con las de una cal hidráulica tipo <i>CrualyS</i> [®] que favorece la carbonatación en presencia de agua.	
Su dureza es mucho menor que el resto de morteros (A y B) y revoques (C y D) por su alto contenido de árido respecto al aglomerante.	
Datos técnicos	
Composición	1 parte de <i>grasello de cal</i> + 1 parte de <i>cal hidráulica CrualyS</i> [®] 7 partes de <i>cuarcita gruesa</i>
Blancura (L*a*b*)	L* 90,04 a* 0,2 b* 2,26
Brillo 20° 60° 85°	20° 1,1 60° 2,06 85° 0,2
Absorción (Wa)	E1 0,1616 Wa E2 0,08 Wa
Difusión (∅ en cm)	E1 7,400 cm E2 6,575 cm
Espesor (mm)	En torno a 5 mm

Mortero F	
Se trata de un mortero con propiedades puramente hidráulicas al componerse únicamente de cal hidráulica tipo <i>CrualyS</i> [®] .	
Este mortero es el que ofrece menor resistencia a la abrasión de todos los testados.	
Datos técnicos	
Composición	1 parte de <i>cal hidráulica CrualyS</i> [®] 8 partes de <i>cuarcita gruesa</i>
Blancura (L*a*b*)	L* 91,84 a* -0,08 b* 2,22
Brillo 20° 60° 85°	20° 1,1 60° 1,72 85° 0,12
Absorción (Wa)	F1 0,1857 Wa F2 0,1446 Wa
Difusión (∅ en cm)	E1 8,550 cm E2 7,550 cm
Espesor (mm)	En torno a 5 mm

4.2.3.2 Medias específicos de impresión.

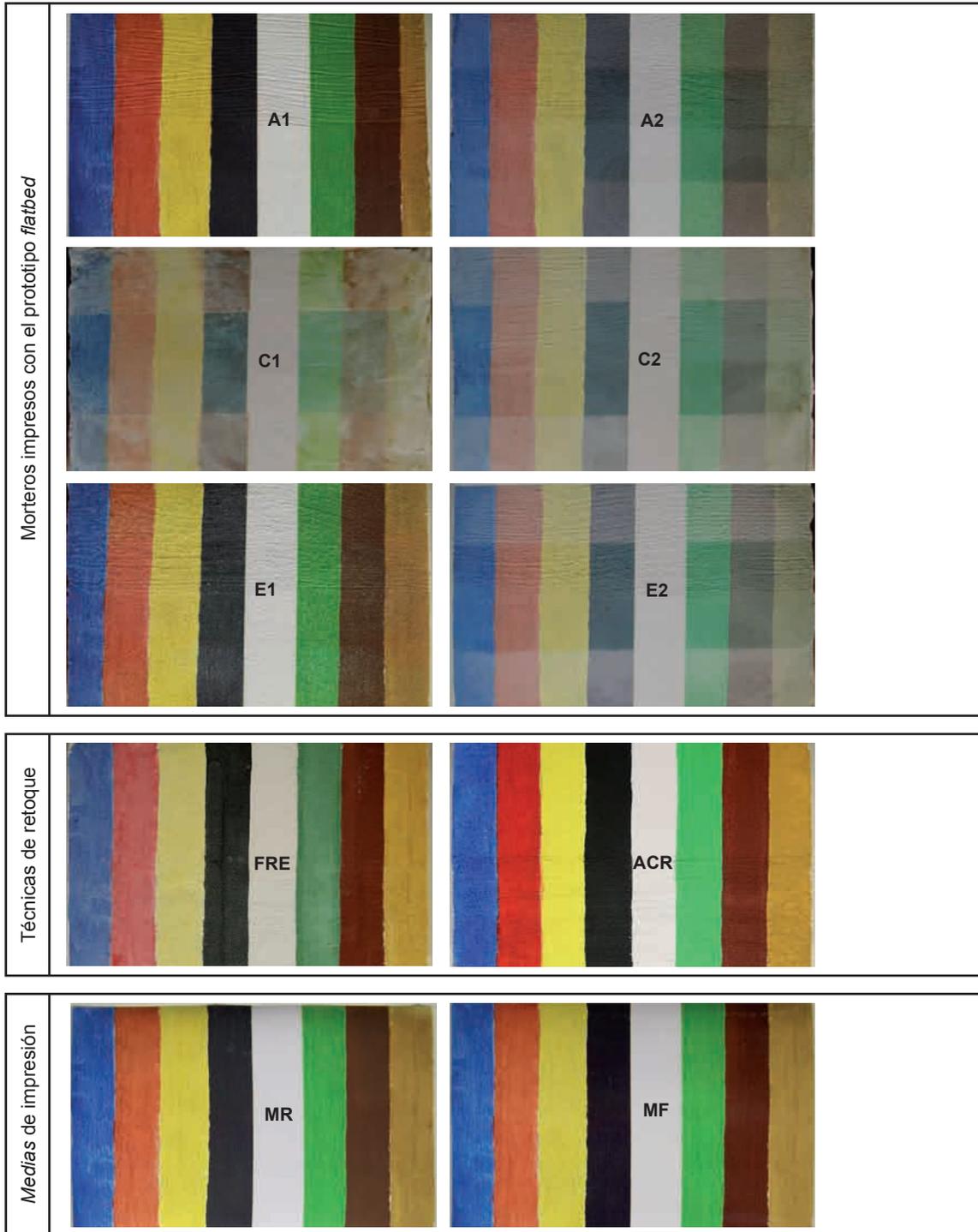
Las siguientes tablas muestran las características técnicas de los tres *medias* de impresión más habituales en la reproducción de imágenes con impresoras *inkjet*. La selección de características técnicas se ha hecho atendiendo a nuestras necesidades analíticas y porque además son las que aparecen normalmente en muestrarios como los que distribuye la propia marca que los comercializa⁷⁸.

<i>Media HP - Papel recubierto de gramaje extra</i> <i>ref. del fabricante C6569 C - ref. en la tesis MR</i>			
Papel de gramaje extra de acabado mate y con preparación superficial porosa adecuada a la recepción de tinta de base acuosa.			
Datos técnicos			
Blancura (L*a*b*)	L* 93,08	a* 1,06	b* -7,54
Brillo 20° 60° 85°	20° 1,1	60° 2,28	85° 1,74
Gramaje (g/m ²)	130		
Grosor (µm)	162,56		

<i>Media HP - Papel fotográfico brillante de secado instantáneo</i> <i>ref. del fabricante Q6576 A - ref. en la tesis MF</i>			
Papel de acabado satinado con preparación superficial porosa adecuada a la recepción de tinta de base acuosa.			
Datos técnicos			
Blancura (L*a*b*)	L* 93,94	a* -0,28	b* -4,58
Brillo 20° 60° 85°	20° 15,78	60° 40,18	85° 79,68
Gramaje (g/m ²)	190 g		
Grosor (µm)	188		

<i>Media HP - Canvas universal mate</i> <i>ref. del fabricante Q8714 A - ref. en la tesis MC</i>			
Tela con estucado muy poroso de acabado mate para tintas de base acuosa.			
Datos técnicos			
Blancura (L*a*b*)	L* 95,76	a* 0,96	b* 4,72
Brillo 20° 60° 85°	20° 1,1	60° 2,1	85° 1,62
Gramaje (g/m ²)	350 g		
Grosor (µm)	457		

⁷⁸ Información "tipo" del fabricante extraída de: *HP Large format printing material swatchbook (The complete media portfolio for the graphics and technical markets)*, Ed. EMEA, 2006/2007.





4.3 PRUEBAS Y ESTUDIO DE LAS IMPRESIONES REALIZADAS.

La calidad de una impresión no sólo depende de las características técnicas de la impresora y de las propiedades físicas de sus tintas, el soporte también juega un papel fundamental [Fig.4.51].

Las pruebas realizadas en este capítulo están enfocadas a:

- Valorar el grado de modificación que sufren las propiedades de impresión de un dispositivo *inkjet*, cuando los *medias* específicos recomendados por el fabricante son sustituidos por superficies murales.
- A su vez, se comparan las diferencias entre un mortero impreso al fresco o al seco, con las técnicas pictóricas de retoque utilizadas tradicionalmente en pintura mural.

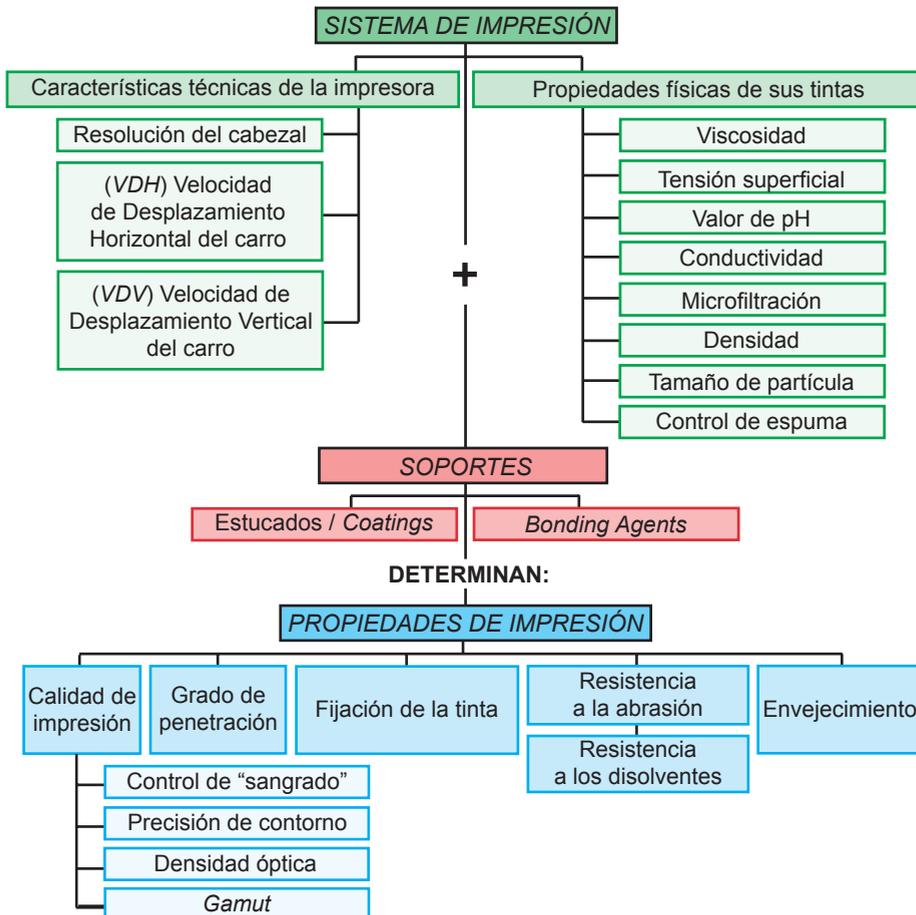
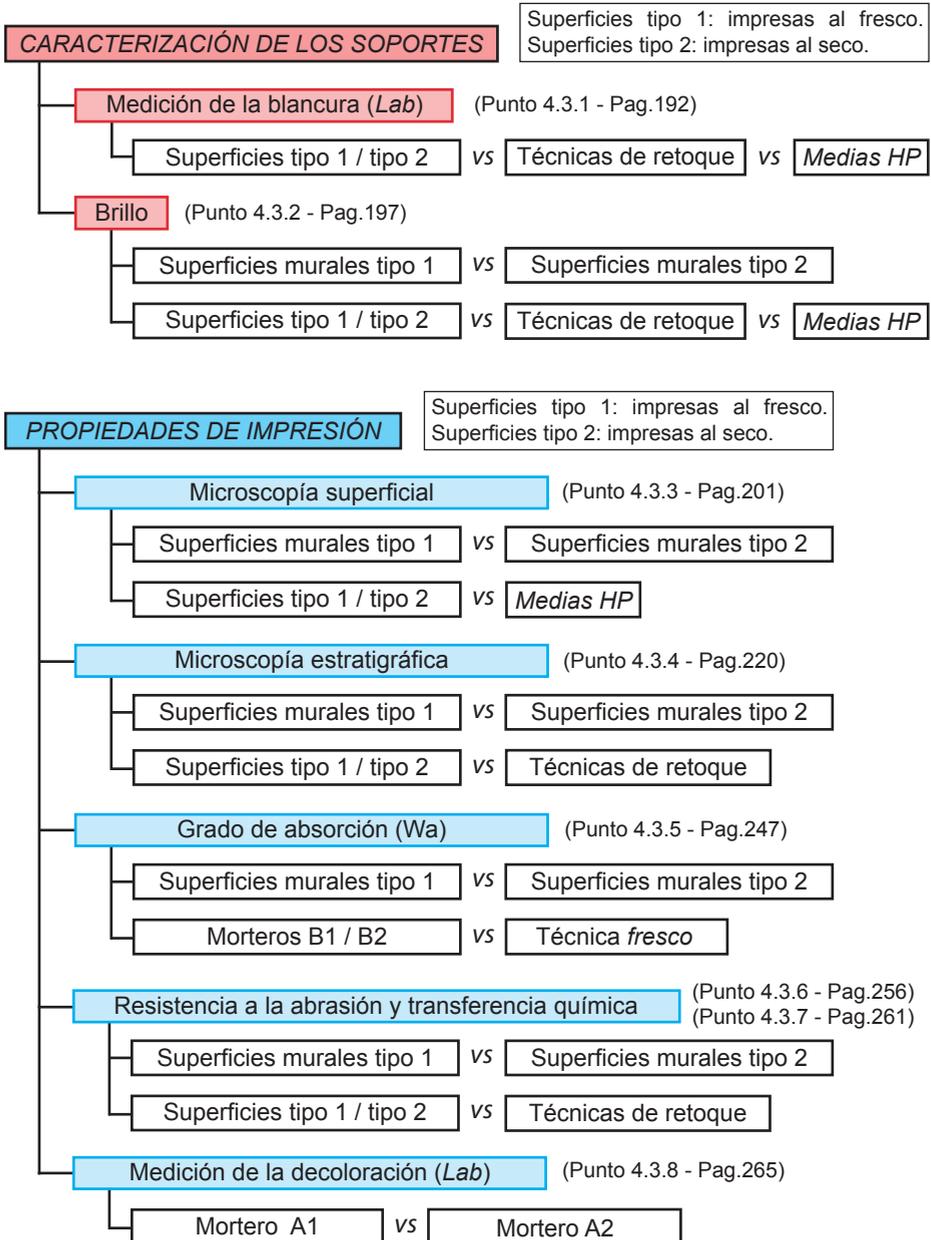


Fig.4.51 Esquema de los factores que determinan las propiedades de impresión

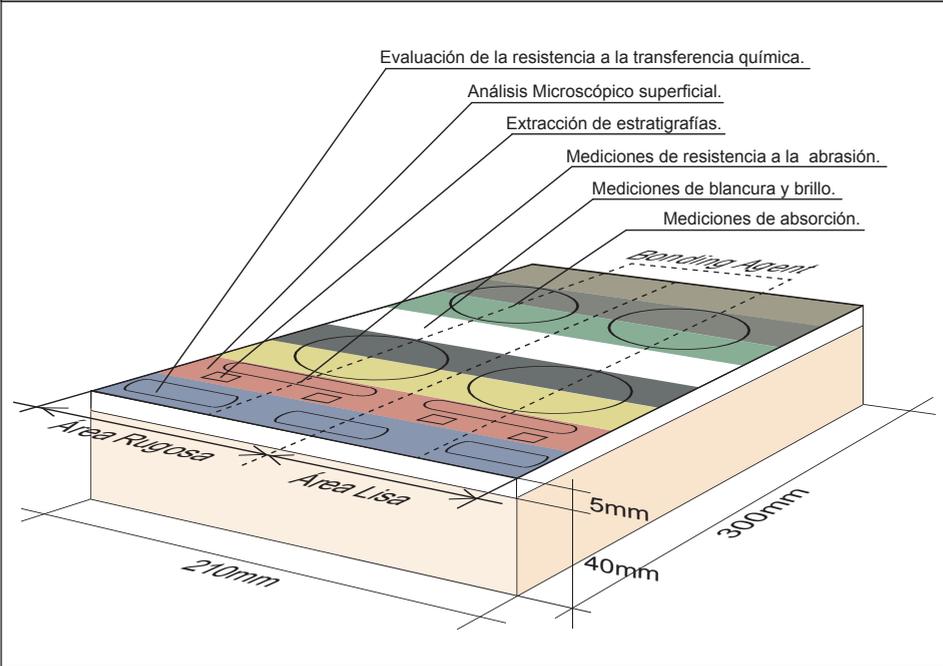
Las pruebas tienen dos fines:

- Caracterizar los soportes.
- Evaluar las propiedades de impresión en función de distintos parámetros físicos.

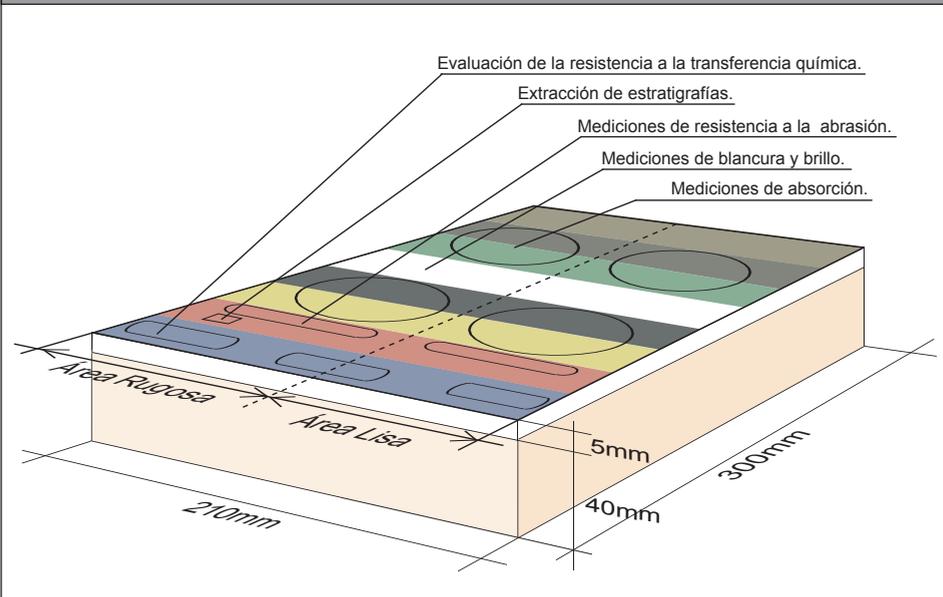


A continuación se muestra la cartografía de la toma de datos que se ha hecho en cada tipo de superficie:

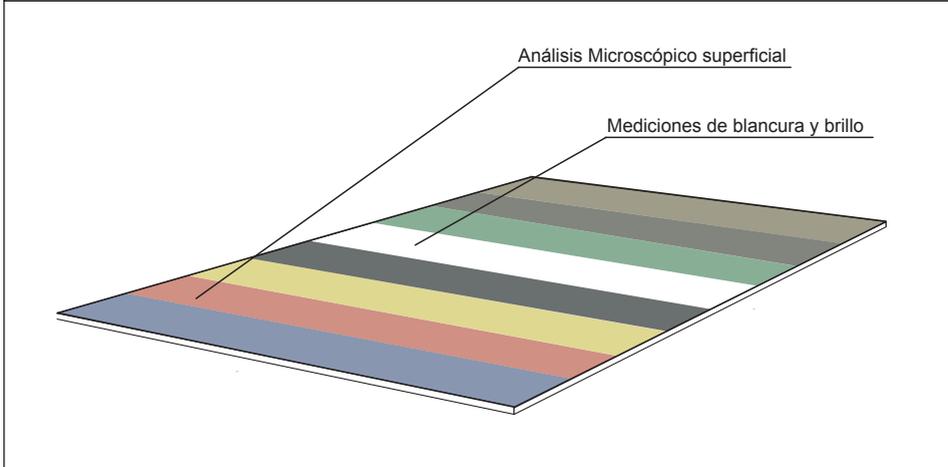
Probetas murales impresas:



Probetas murales pintadas manualmente con técnicas de retoque:



Medias específicos de impresión:



4.3.1 Caracterización de los soportes impresos: la blancura.

Según la transparencia de los colores aplicados, el tono del soporte puede influir en mayor o menor medida en el resultado final de una impresión. En este caso la tinta de impresora tiene una transparencia similar a técnicas como la acuarela, por lo que es importante tener en cuenta el color de la base sobre la que se va a imprimir para evitar variaciones en los colores de la reconstrucción.

Objetivos:

Aunque los revoques y *medias* de impresión escogidos poseen a simple vista un blanco “neutro” similar, se han realizado tomas colorimétricas para determinar con exactitud:

- La “blancura” real de las superficies murales y los *medias*, comparándolas según los valores *CIELab*⁷⁹.

Procedimiento:

Las mediciones se han hecho con un *espectrofotómetro i1* tomando datos de la superficie lisa de los diferentes morteros y *medias* [Fig.4.52]. Se ha escogido la parte lisa en los morteros, para evitar que las sombras generadas por las crestas de la zona texturizada influyan en el haz de luz del espectrofotómetro.



Fig.4.52 Medición del blanco de una de las superficies con el espectrofotómetro i1.

⁷⁹ En 1976 la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) mejoró los estándares de representación *CIEYxy* de 1931, llegando al sistema tridimensional *CIELab* utilizado actualmente para describir los colores percibidos por el ojo humano. El modelo cromático tridimensional *CIELab* es el espacio estándar utilizado actualmente por los espectrofotómetros donde L^* corresponde a la coordenada de claridad, a^* a la coordenada rojo/verde y b^* a la coordenada amarillo/azul.

Información extraída de la norma española UNE-EN 15886: enero 2011. *Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Medición del color de superficies.*

Revisión de los datos obtenidos:

Antes de estudiar los datos obtenidos, conviene repasar lo que representan cada uno de los parámetros en *CIE Lab* [Fig.4.53]:

- (**L***) luminosidad de 0 a 100.
(0 = Negro y 100 = Blanco)
- (**a***) posición entre verde y magenta.
(valores negativos indican verde / valores positivos indican magenta)
- (**b***) posición entre amarillo y azul.
(valores negativos indican azul / valores positivos indican amarillo)

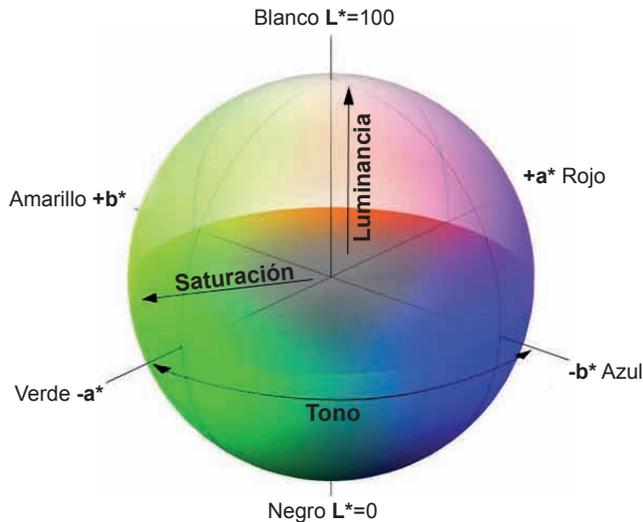


Fig.4.53 Estándar tridimensional CIE Lab utilizado en la actualidad⁸⁰.

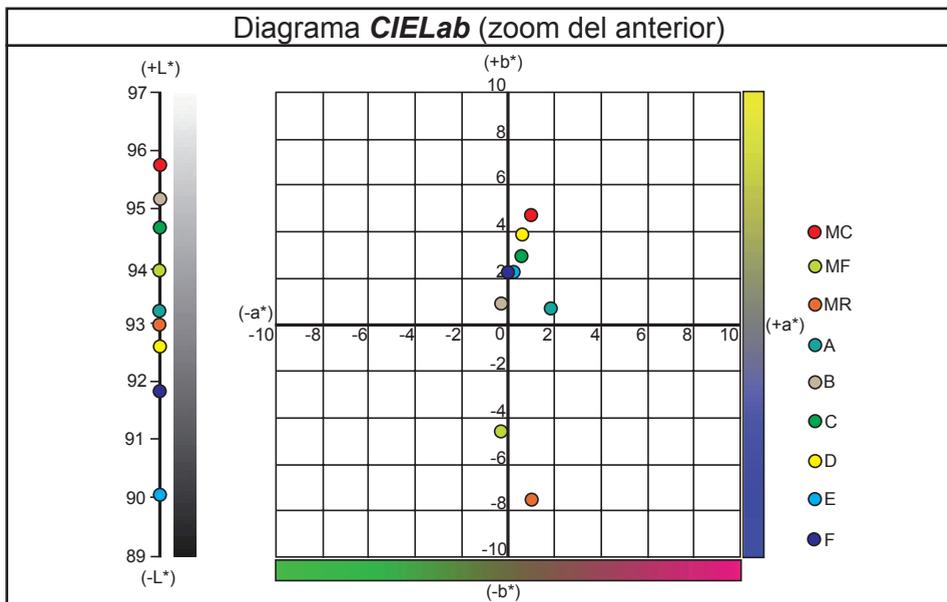
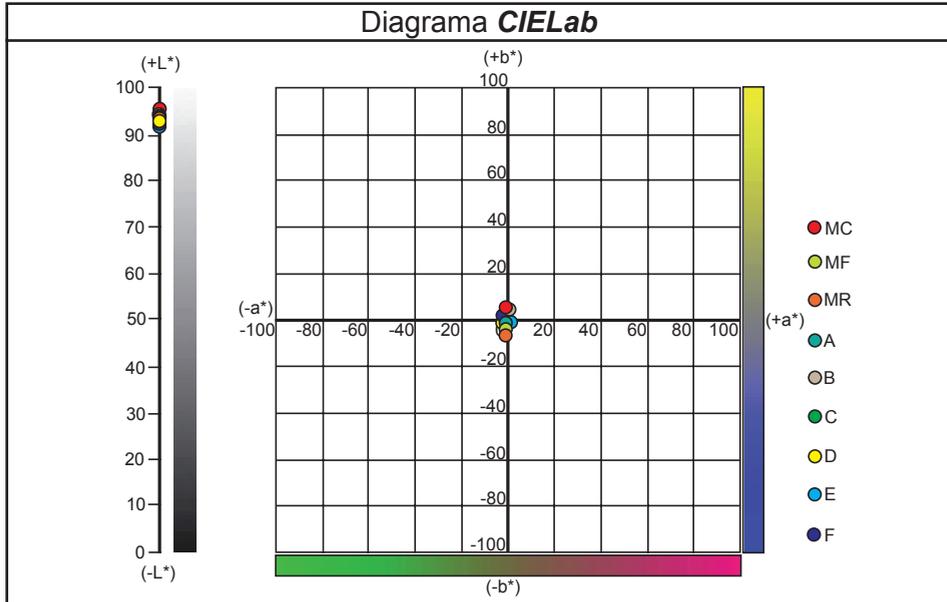
Cuanto más elevado sea el valor en positivo o negativo de a^* o b^* , más saturado será el color. Por lo contrario, cuanto más se acerquen a cero los dos parámetros, más neutro o próximo a la escala de grises estará. Cuando a^* y b^* son igual a cero, indican que no hay ninguna componente de color que “ensucie” el blanco.

Según lo anterior, un blanco neutro tendría los siguientes valores:

$$L^* = 100 \quad a^* = 0 \quad b^* = 0$$

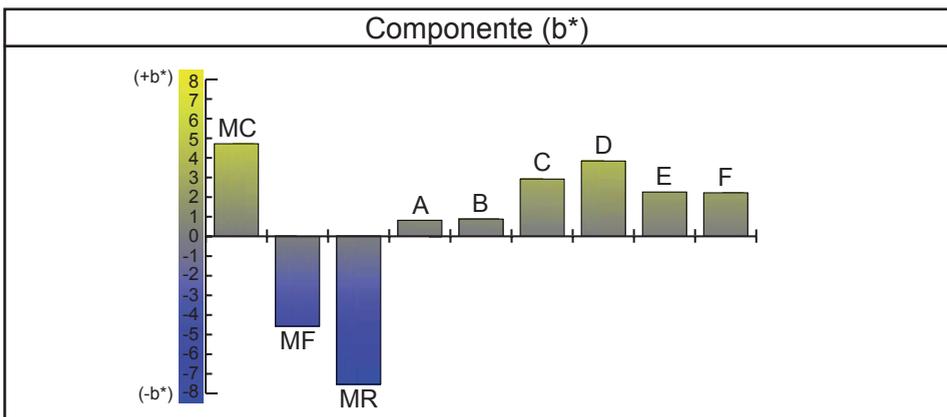
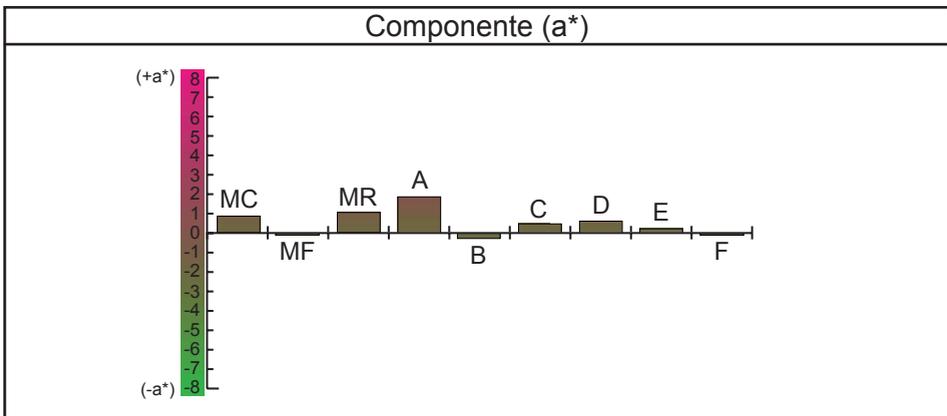
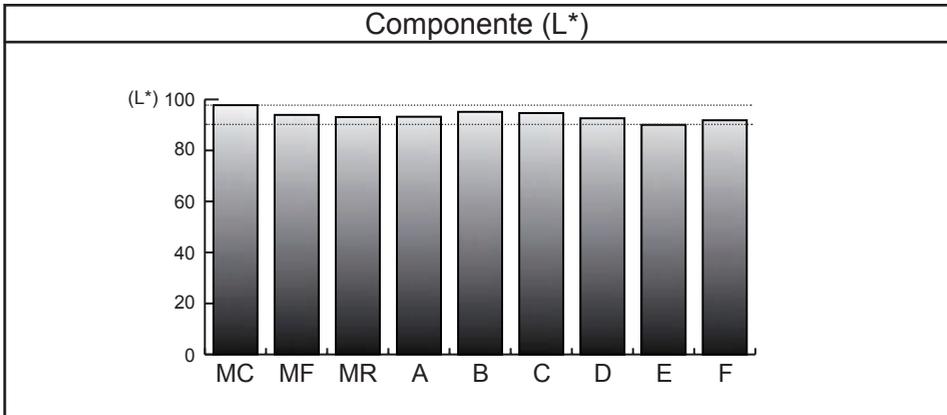
⁸⁰ Ilustración extraída de DIGITAL MEDIA FOR ARTISTS [sitio web]. [Consulta: 11 de mayo de 2011]. Disponible en: <<http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Allgemein%3AModule/module/15518/sub/15627>>.

A partir de los datos⁸¹ obtenidos se ha confeccionado un diagrama *CIE Lab*. La representación separa por una parte el eje de luminosidad (L^*), y por otra las componentes de tonalidad y saturación (a^* y b^*) de cada blanco.



⁸¹ Ver Anexo II donde se recogen todos los datos colorimétricos utilizados [Pag.318].

En las siguientes gráficas se muestran los mismos datos, separados por componentes (L^* a^* b^*).



Valoración de los resultados:

Según los datos de luminosidad (L^*), tanto los morteros como los *medias* de impresión presentan blancos muy parecidos. Además, se observa que de todas las superficies, el *media* de impresión *canvas* (*MC*) y el mortero (*B*) son los más blancos.

En cuanto al resto de componentes (a^* y b^*) tendríamos que:

- Ninguna de las superficies llega a tener un blanco completamente neutro. Todas presentan en ambas componentes valores que indican pequeñas cantidades de color (visualmente despreciables).
- En los *medias* de impresión el *canvas* (*MC*) presenta un blanco cálido, mientras que el fotográfico (*MF*) y el recubierto (*MR*) tienden a ser soportes con una tonalidad más fría.
- En los revoques el blanco tampoco es completamente neutro, a excepción del mortero B donde ambos parámetros se acercan bastante a 0. Curiosamente su composición es la más indicada para realizar un *Buon Fresco* tradicional.

Según el diagrama *CIELab*, podemos afirmar que el blanco de las superficies murales está al mismo nivel de “pureza” que el de los *medias* específicos de impresión. Además como ya hemos visto, si fuera necesario, es posible corregir la influencia que pueda tener el blanco de un mortero mediante una administración del color⁸².

Por tanto, se puede concluir que en este aspecto, los soportes murales son igual de aptos para la impresión que los *medias* fabricados específicamente para recibir este tipo de tintas.

⁸² Ver punto 4.1 donde se describe como es posible realizar una administración del color para soportes murales [Pag.157].

4.3.2 Compatibilidad estética de las superficies impresas: el brillo.

Con los *media* de impresión se pueden obtener infinidad de acabados superficiales, distinguiéndose a nivel general dos tipos: mates y brillantes. En el mundo de la reproducción digital la decisión de cual utilizar dependerá de los gustos del usuario, pero cuando lo que se busca es reconstruir una superficie mural, es fundamental que el acabado de la impresión presente el mismo aspecto que el de la pintura original.

Objetivos:

Los datos obtenidos, han servido para:

- Determinar el grado de modificación que sufre la reflexión original de la superficie mural tras la aplicación de la impresión.
- Comprobar como afectan los tratamientos superficiales al brillo de una superficie mural impresa.
- Determinar si imprimir al fresco o al seco influye en el brillo de la superficie.
- Comparar el brillo de las técnicas de retoque manual con el de las impresiones para determinar su compatibilidad estética.

Procedimiento:

Para medir la reflexión de las superficies murales se ha utilizado un brillómetro⁸³ [Fig.4.54].



Fig.4.54 Brillómetro durante el proceso de medición de las superficies murales.

⁸³ Brillómetro Konica-Minolta modelo Multigloss MG-268 con capacidad para medir simultáneamente la reflexión de la luz en tres ángulos diferentes: 20°, 60° y 85°. Cumple entre otras, las normas ASTM D 523, ISO2813 y DIN 67530. Ir al Anexo IV para ver más especificaciones de este instrumento de medida [Pag.356].

De las tres medidas ofrecidas por el brillómetro se ha escogido la geometría de reflexión 85° ⁸⁴ (Collado *et al.*, 2009: 327), expresando los resultados en unidades de brillo (GU)⁸⁵.

Revisión de los datos obtenidos:

Las mediciones están dirigidas a determinar el brillo de las superficies murales:

- En estado original (reflexión del blanco de cada mortero) [Fig.4.55].
- Impresas (reflexión del color de la impresión directa *inkjet*) [Fig.4.55].
- Pintadas (reflexión de las técnicas de retoque pictórico) [Fig.4.56].

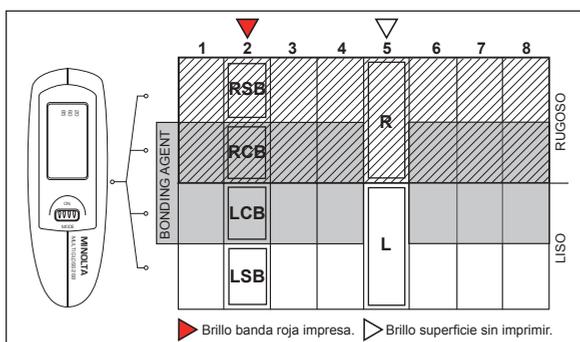


Fig.4.55 Zonas medidas en los morteros impresos.

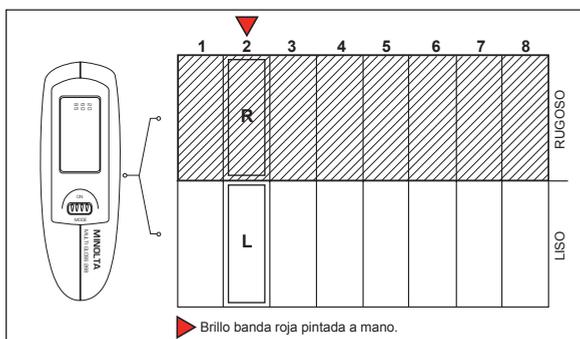


Fig.4.56 Zonas medidas en el mortero tipo B pintado con técnicas de retoque.

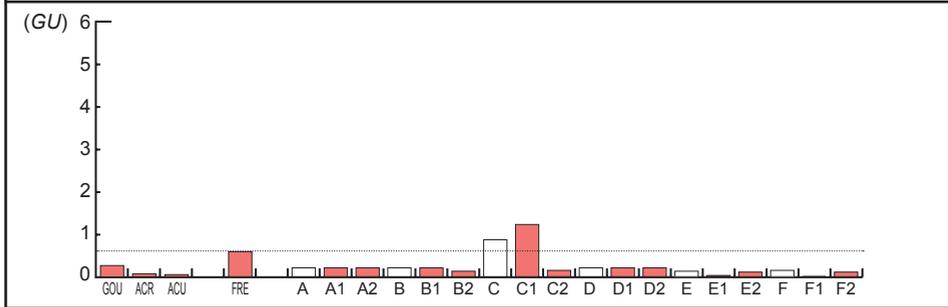
Los resultados obtenidos son representados en las siguientes gráficas.

⁸⁴ Según la norma española UNE-EN ISO 2813: noviembre 1999. *Pinturas y barnices - Determinación del brillo especular de películas de pintura no metálicas a 20°, 60° y 85°.*

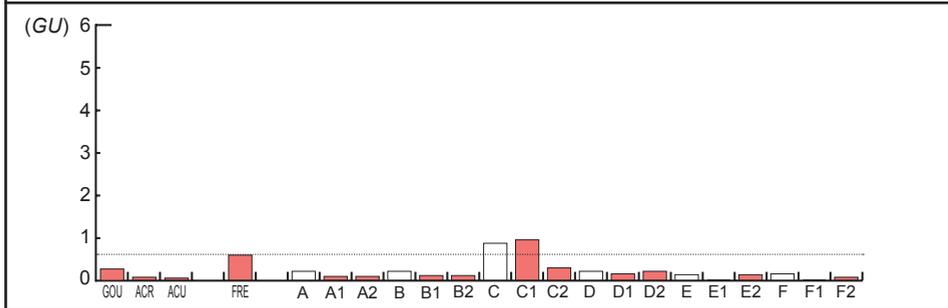
La geometría de 60° es aplicable a todas las películas de pintura, pero es más correcto utilizar la geometría 85° para proporcionar una mejor diferenciación entre películas de brillo bajo (por ejemplo, películas con brillo especular a 60° inferior a 10 GU).

⁸⁵ Ir al Anexo II para la revisión de los datos obtenidos con el brillómetro [Pag.319].

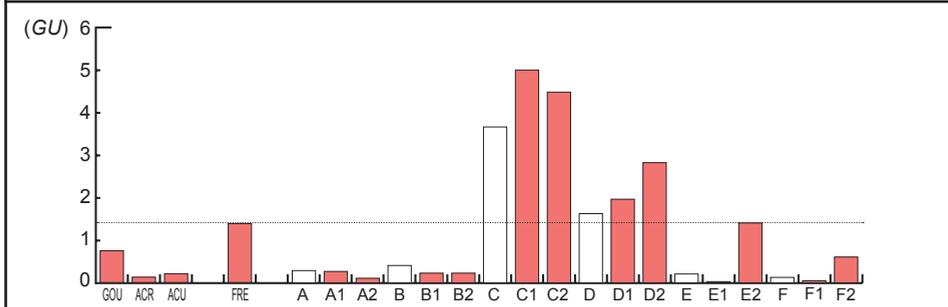
Superficies **RUGOSAS** de: Técnicas de retoque + Fresco + Morteros impresos **SIN** bonding agent.



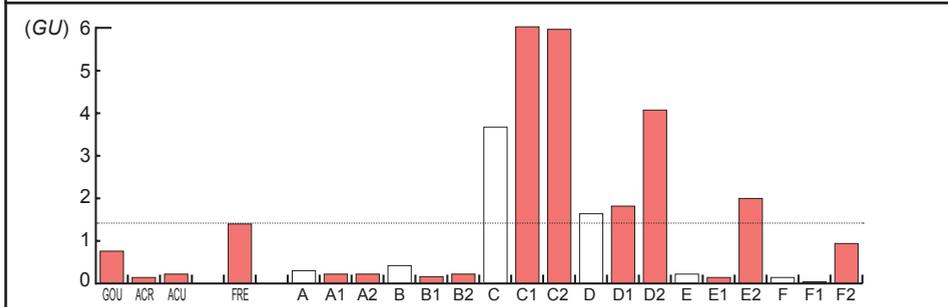
Superficies **RUGOSAS** de: Técnicas de retoque + Fresco + Morteros impresos **CON** bonding agent.



Superficies **LISAS** de: Técnicas de retoque + Fresco + Morteros impresos **SIN** bonding agent.



Superficies **LISAS** de: Técnicas de retoque + Fresco + Morteros impresos **CON** bonding agent.



□ Brillo original de las superficies sin reconstruir ■ Brillo de las superficies tras la reconstrucción

Valoración de los resultados⁸⁶:

Grado de modificación que sufre la reflexión original de la superficie mural:

- A nivel general, el brillo de las impresiones no destaca por encima del que posee el mortero sin imprimir. Sólo en el caso de los yesos es superior (sobre todo en las zonas lisas).
- En las técnicas de retoque pictórico pintadas sobre el mortero **tipo B**, el fresco es el que más destaca sobre el brillo original del mortero.

Efecto de los tratamientos superficiales en el brillo de una superficie mural impresa:

- Las áreas texturizadas con regulador de absorción (*bonding agent*) brillan menos que las que no lo llevan.
- Las áreas lisas con regulador de absorción (*bonding agent*) de los morteros de cal / arena (A y B), brillan menos que las que no lo llevan. En los yesos (C y D) sucede lo contrario.

Diferencias entre imprimir un mortero al fresco o al seco:

- Salvo en casos como el del yeso C donde se ve claramente que el brillo es inferior cuando se imprime al seco, en el resto de superficies este aspecto no parece ser determinante.

Compatibilidad estética entre las técnicas de retoque manual y las impresiones (comparación hecha entre las técnicas y las impresiones hechas sobre el mortero B):

- El brillo de las impresiones no destaca por el de técnicas como el gouache y el fresco, estando a la par de otras como la acuarela.

Según los resultados podemos concluir que la reconstrucción con impresión directa, no modifica el brillo de las superficies murales más que otras técnicas de retoque manual.

⁸⁶ Dada la cantidad de datos arrojados por cada tono, se ha decidido hacer la comparación del brillo de las superficies a partir del rojo. La selección de este color se ha hecho porque es el utilizado en las siguientes pruebas.

4.3.3 Propiedades de impresión: microscopía superficial.

Las impresoras generan imágenes gracias a la acumulación de gotas de pequeñísimo tamaño imperceptibles a simple vista por el ojo humano (Korvink, Smith y Dong-Youn. 2012: 2). Aunque en un principio, este mosaico de puntos observado mediante microscopio presente aparentemente una heterogeneidad arbitraria, la posición y tamaño de sus gotas ha sido cuidadosamente generado para que bajo condiciones normales de observación, sean percibidas en forma de imágenes coherentes [Fig.4.57].

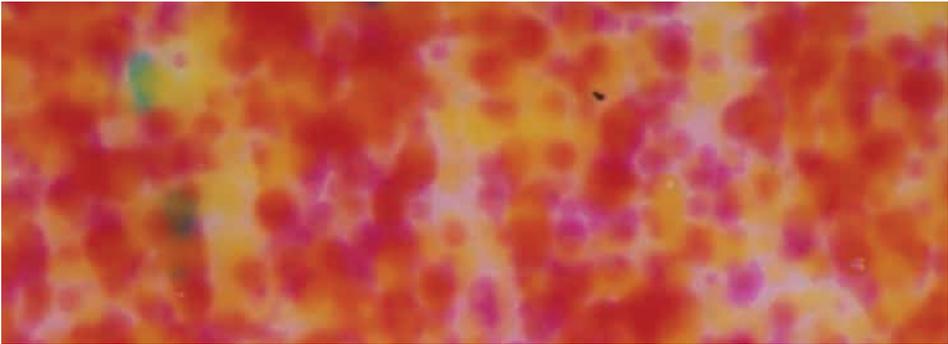


Fig.4.57 Mosaico de gotas de impresión observadas a 63 aumentos.

No obstante, los fabricantes de impresoras saben que para la correcta formación de estos puntos, además de las características técnicas de los cabezales y las propiedades físicas de la tinta, el soporte o *media* de impresión juega un papel fundamental.

Objetivos:

En este punto se estudia en que grado se modifican, al imprimir sobre una superficie mural, aspectos como el sangrado, la precisión del borde, la densidad óptica y el *gamut* de las gotas [Fig.4.58].



Fig.4.58 En este esquema se destacan los aspectos estudiados en este apartado.

Evidentemente, los soportes ideales para obtener los mejores resultados con una impresión son los diseñados específicamente por el fabricante, pero con esta prueba lo que se busca es:

- Evaluar que superficies murales se aproximan más a la calidad ofrecida por los *medias* específicos de impresión.
- Determinar si imprimir un mortero al fresco o al seco influye de alguna manera en la formación de las gotas.
- Comprobar como afectan los tratamientos superficiales a la formación de las gotas de tinta.
- Determinar cuáles son las superficies murales más indicadas par ser utilizadas como soportes en la impresión directa *inkjet*.

Procedimiento:

Para el análisis visual de todas las superficies se ha utilizado un microscopio binocular *Leica*⁸⁷. La cámara que incorpora permite a través de un *software específico* realizar capturas fotográficas con medidas a escala incrustadas. Esta opción ha resultado interesante para cuantificar la deformación de las gotas [Fig.4.59].



Fig.4.59 Microscopio *Leica* con cámara integrada para la digitalización de lo observado.

Para reducir el número de capturas se ha fotografiado en todas las superficies murales el mismo color⁸⁸, comparándolo a su vez con el mismo tono impreso en los *medias* de impresión específico para este tipo de tintas.

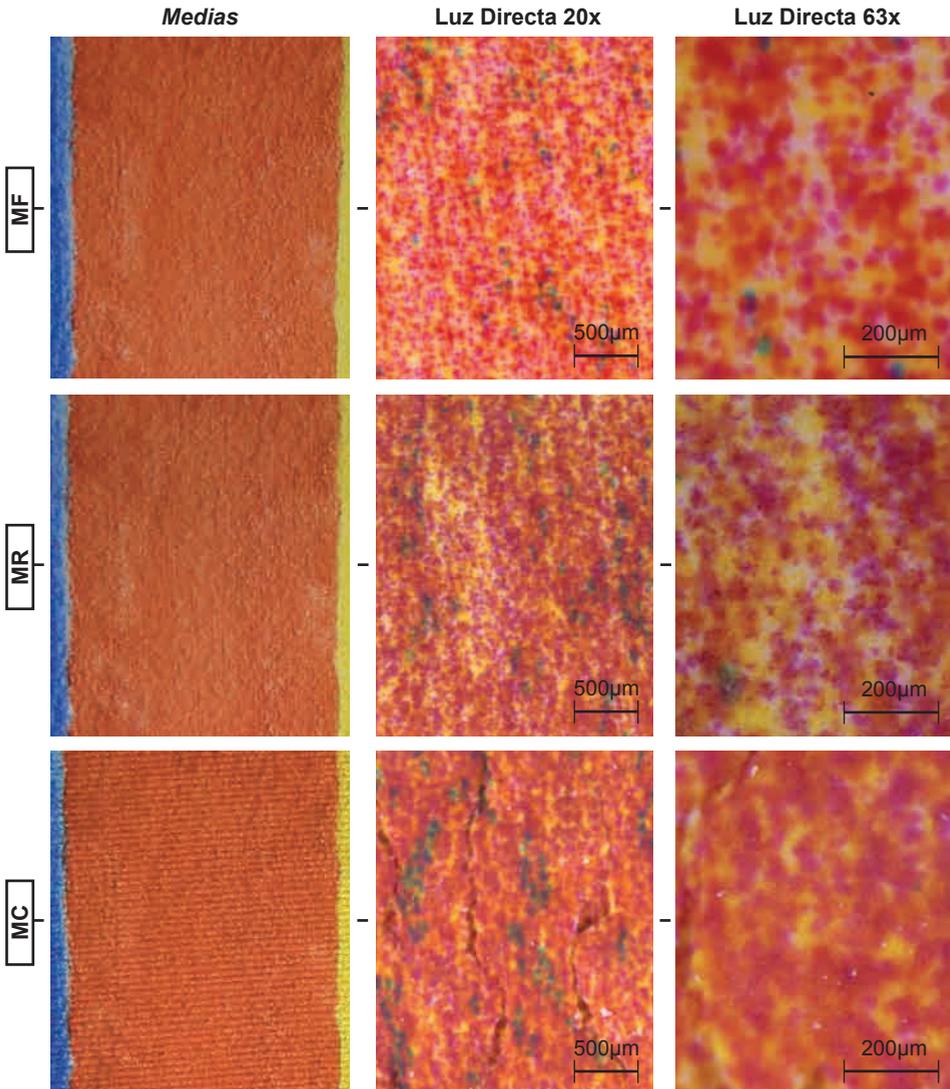
⁸⁷ Microscopio *Leica* MZ APO con cámara digital integrada modelo DFC425 de 5Mpx e iluminación fría *Led* direccionable.

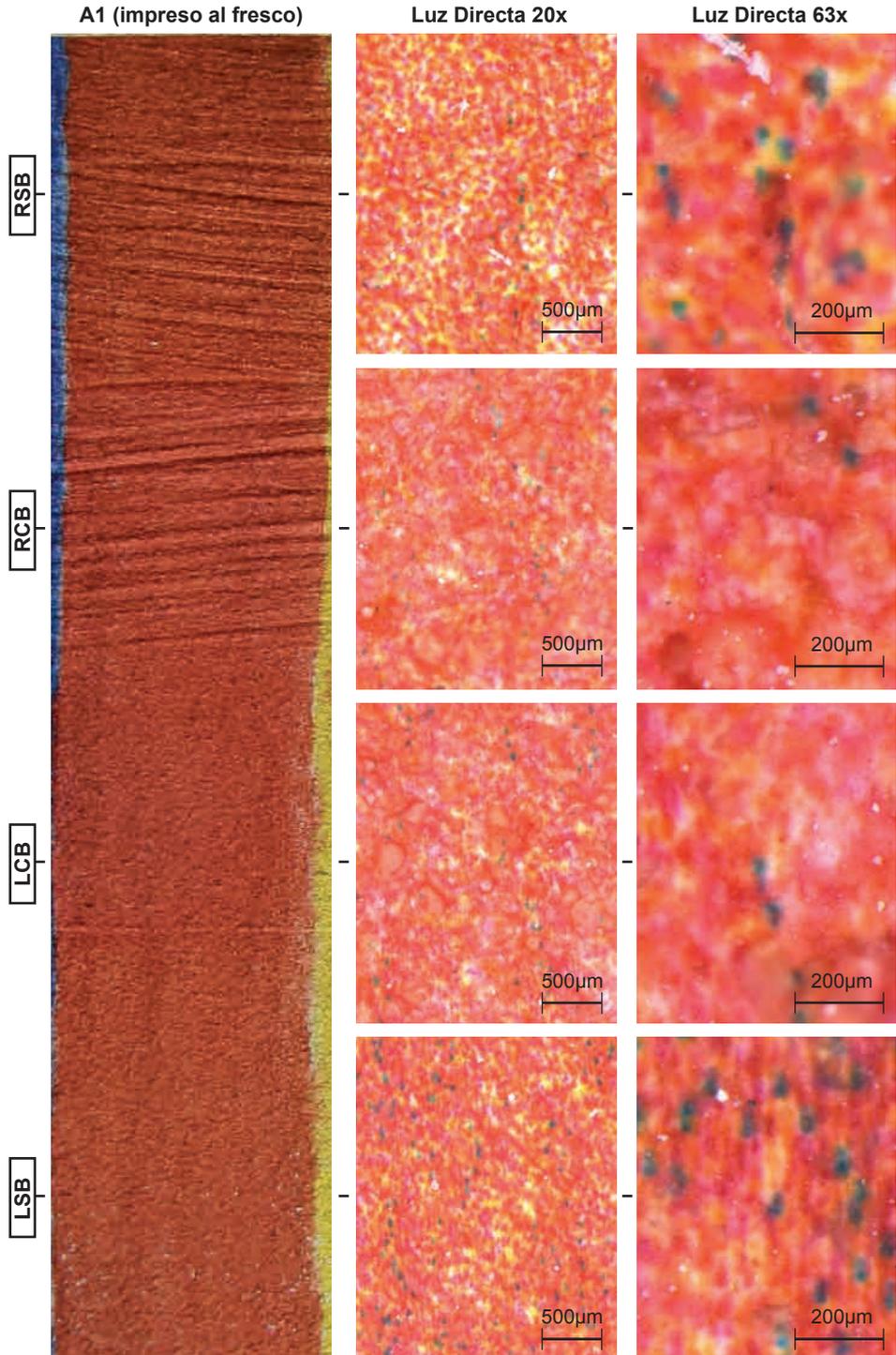
⁸⁸ Se ha escogido el color rojo por ser el que presenta la mayor diversidad tonal en la composición de sus gotas. Esto ha facilitado la observación de estas entidades.

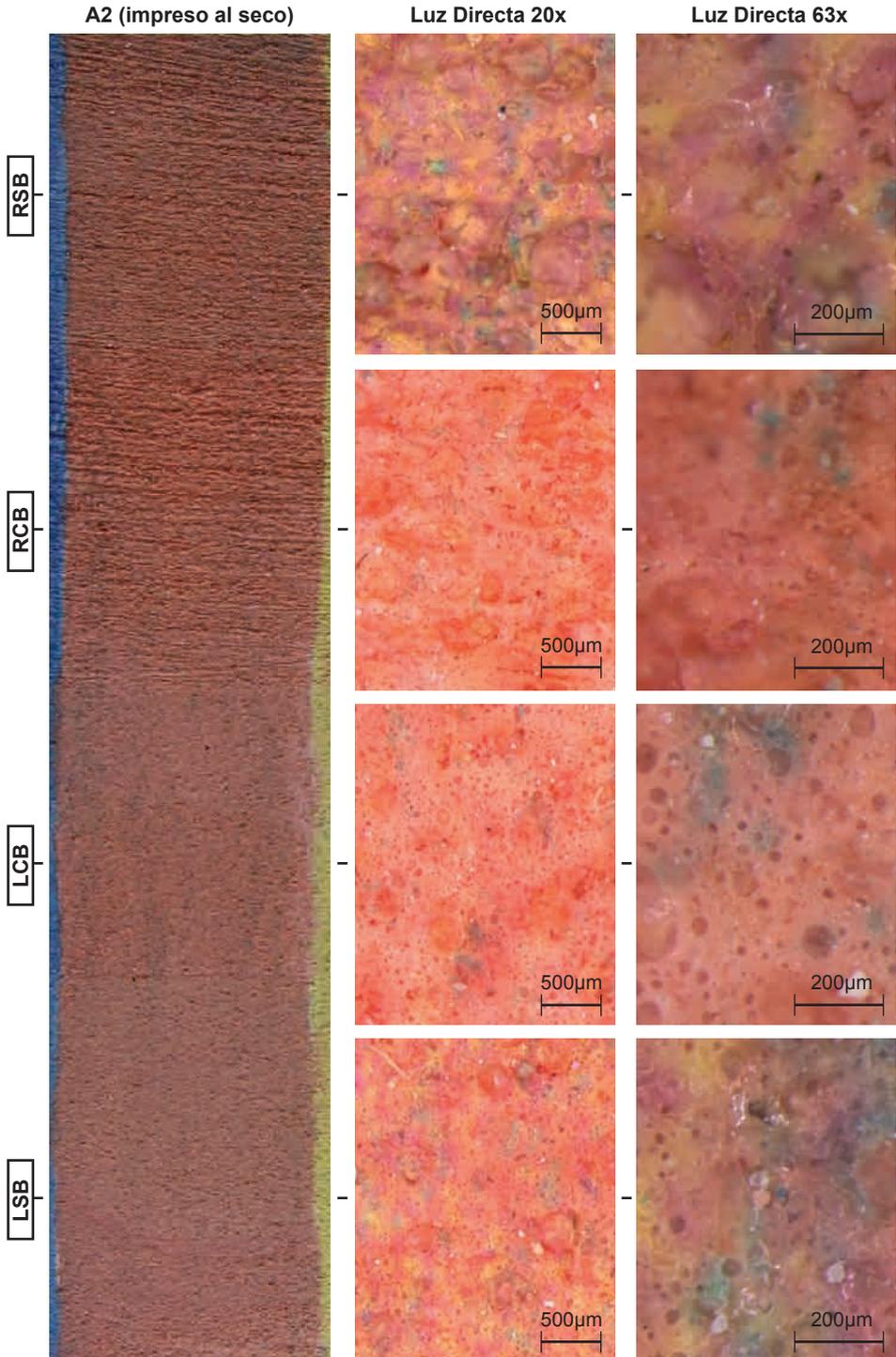
Es importante advertir que tanto los *medias* como los morteros han sido impresos con los mismos *settings*. De esta forma, la única variable que entra en juego es el soporte.

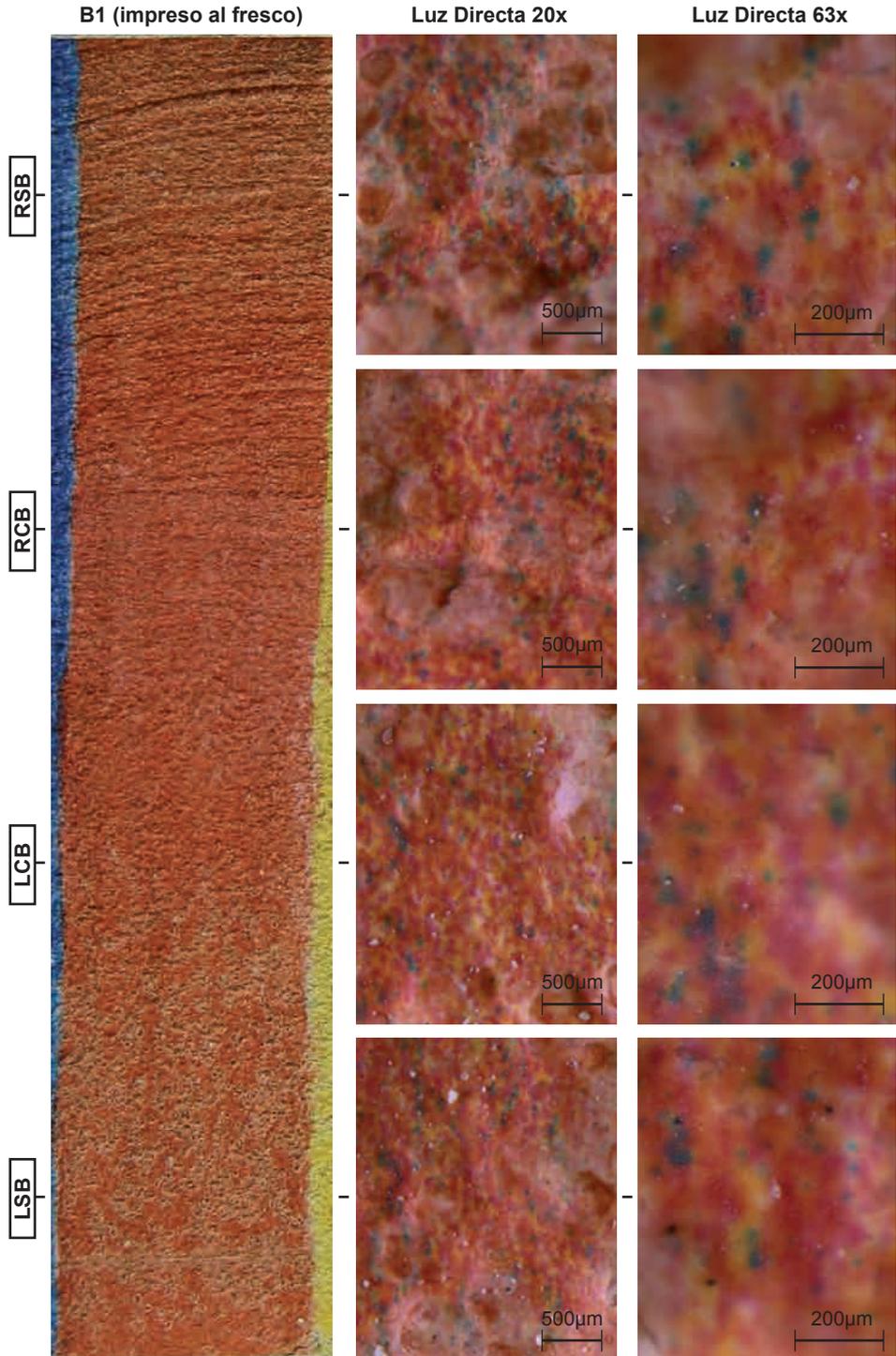
Revisión de los datos obtenidos:

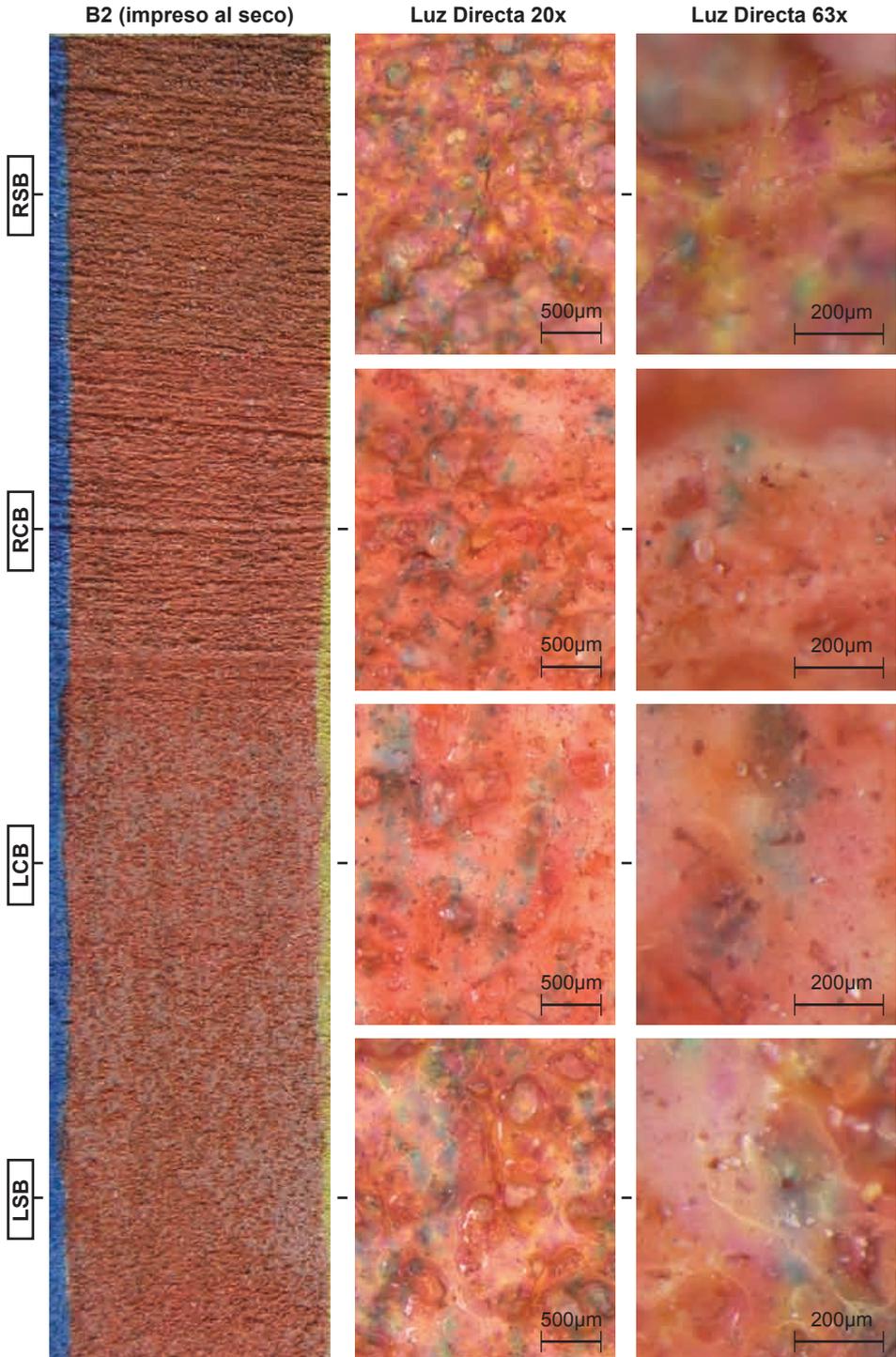
Los siguientes *medias* son la referencia de la máxima calidad obtenible sobre soportes específicos. En páginas sucesivas se muestran los resultados de imprimir sobre los diferentes tipos de morteros.

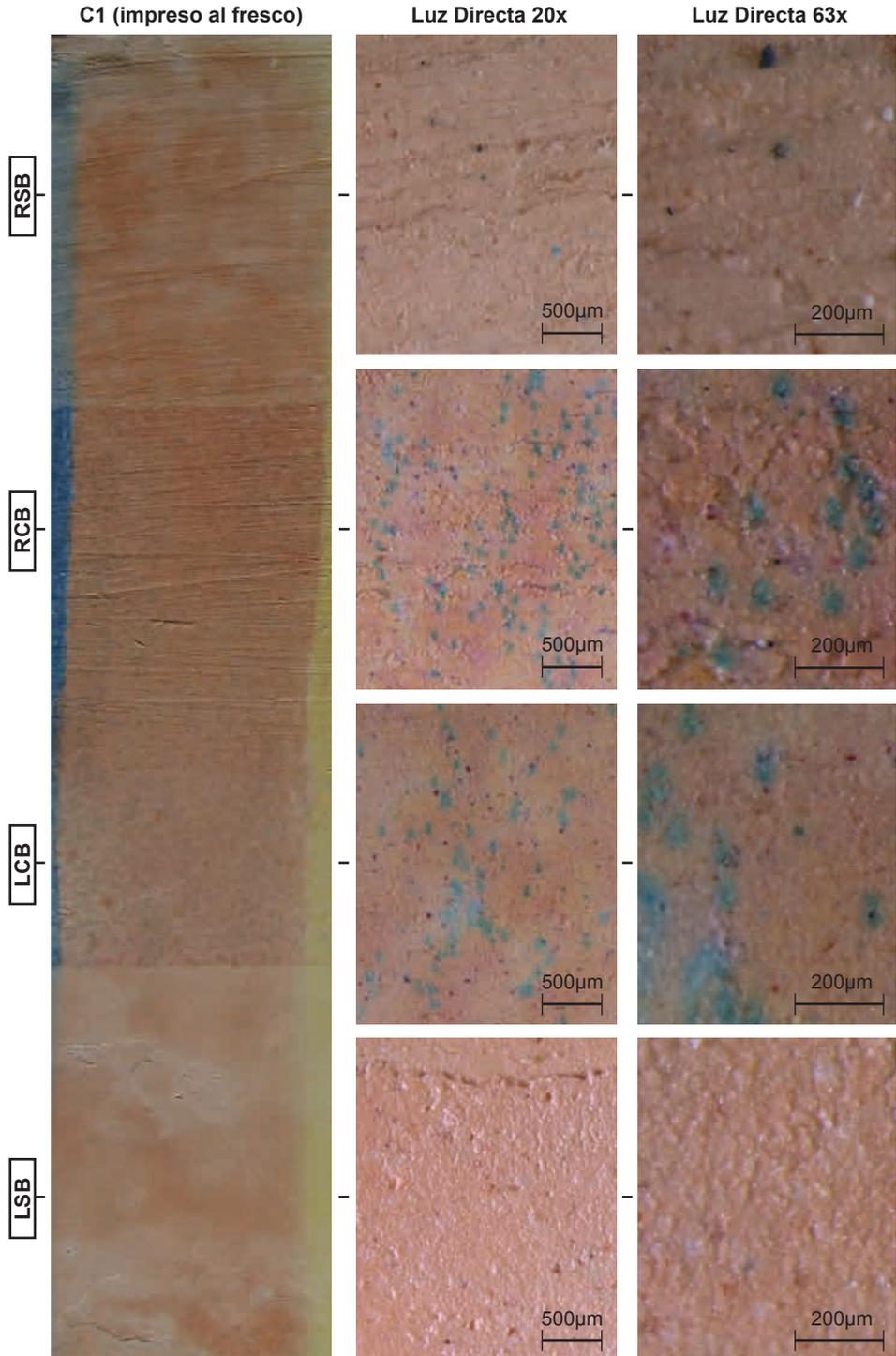


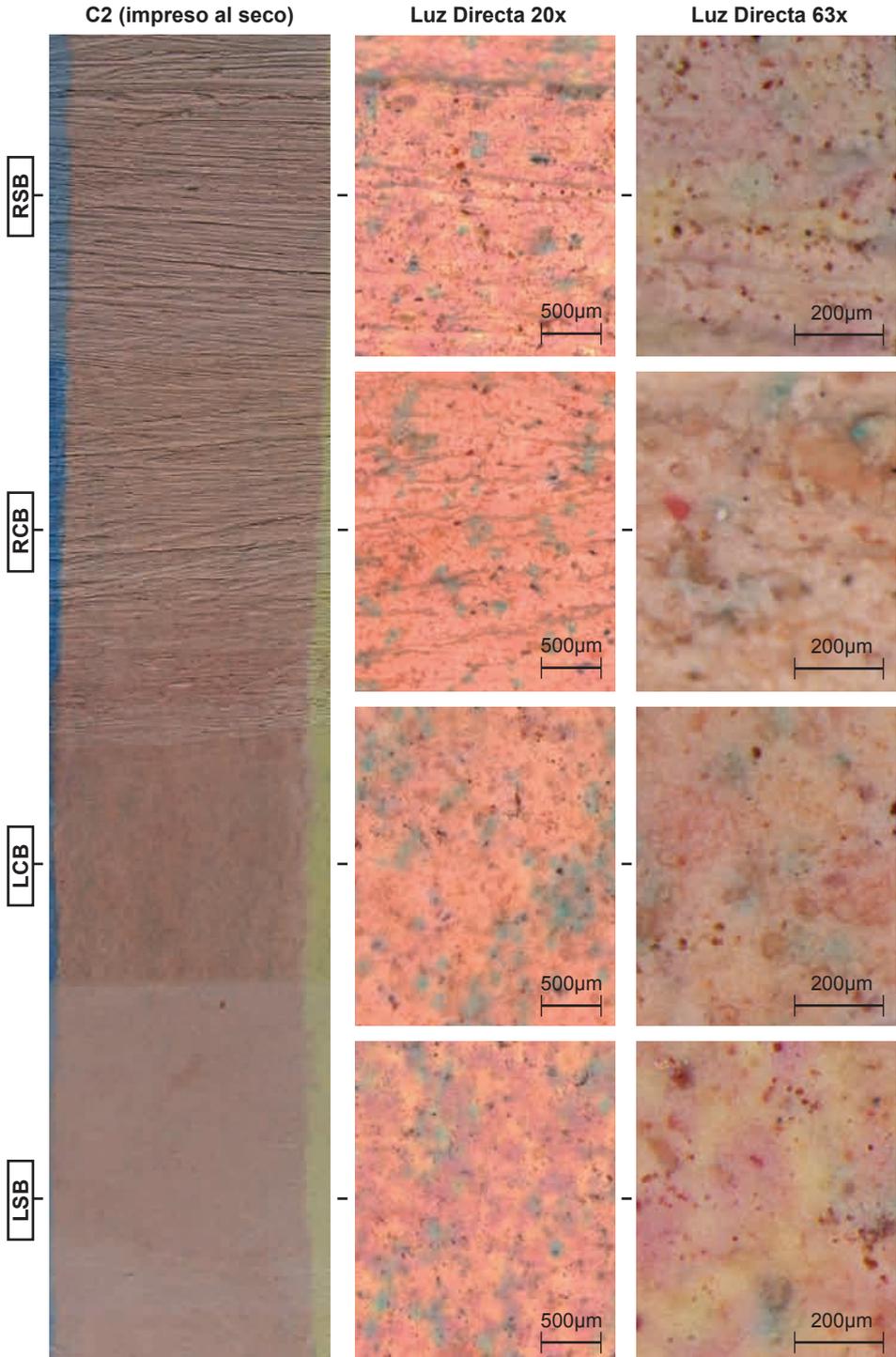


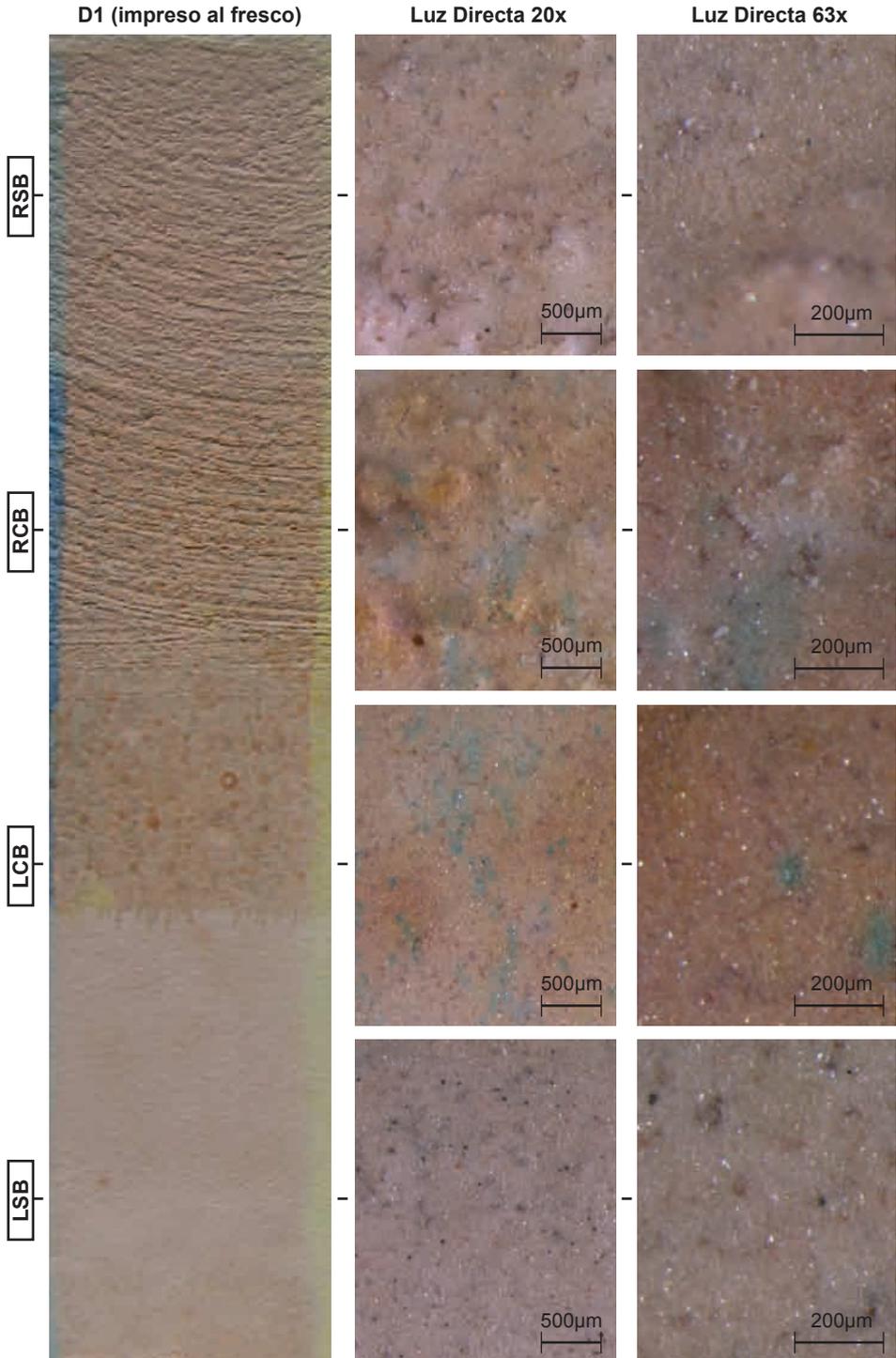


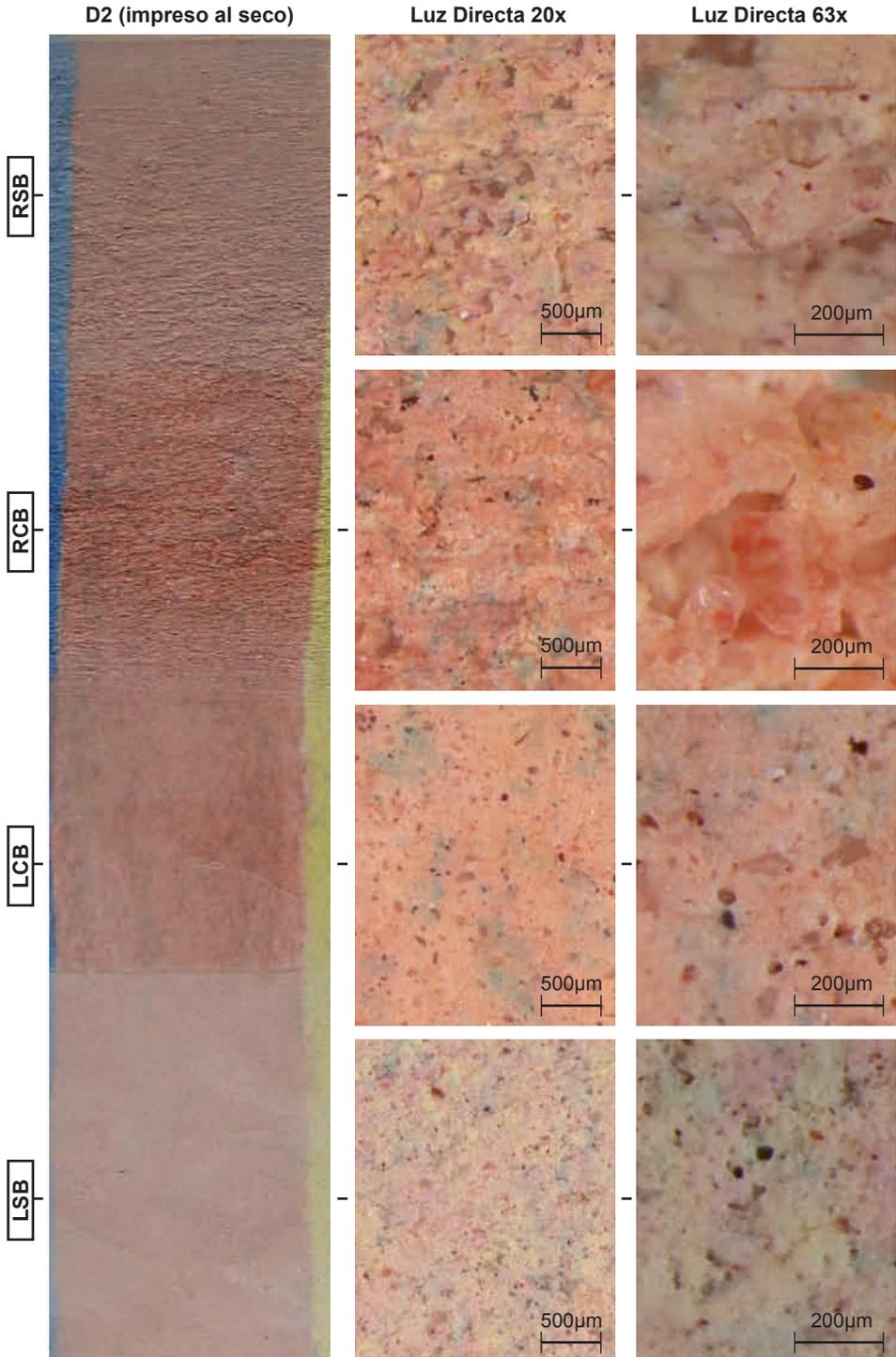


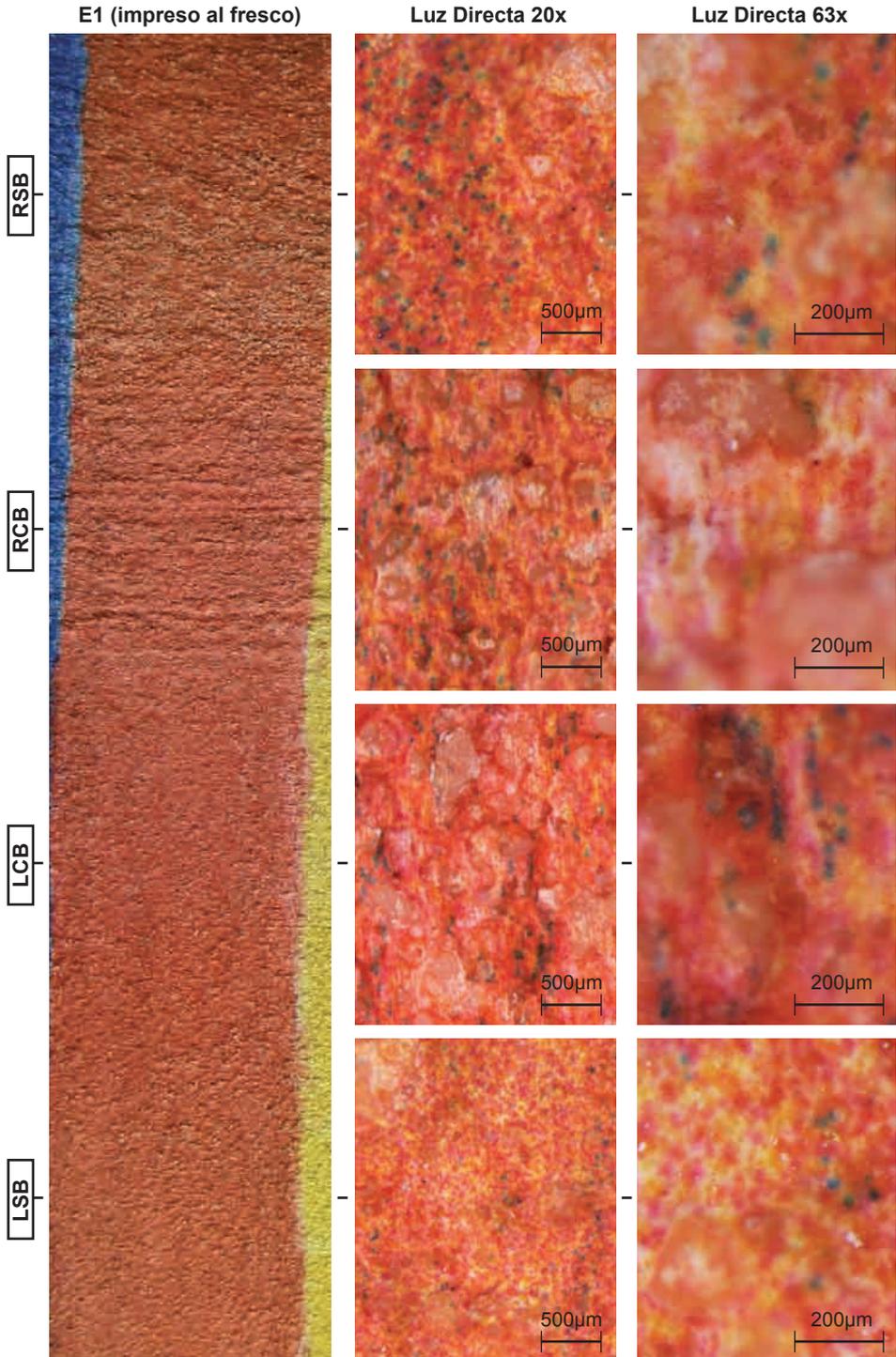


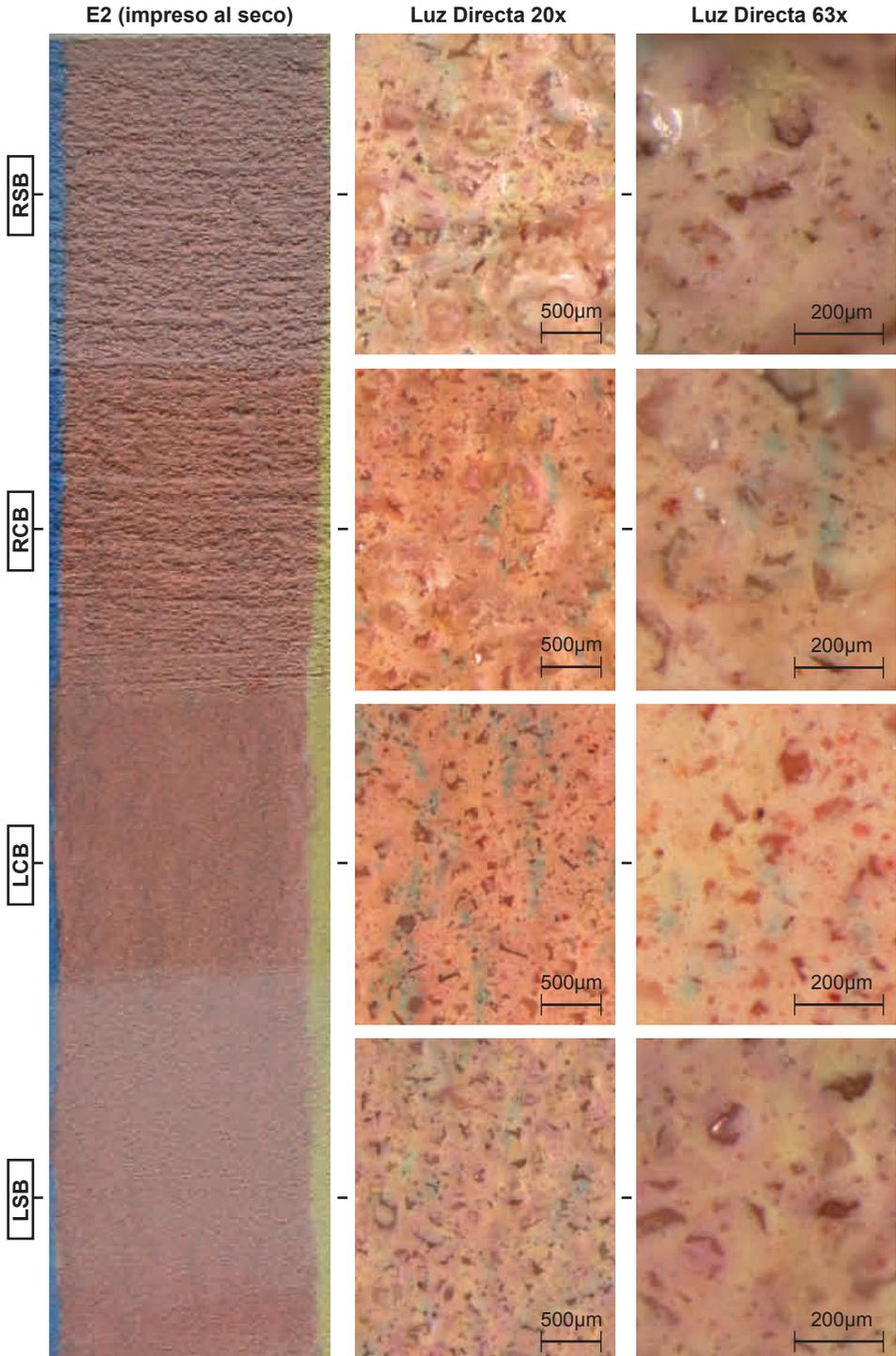


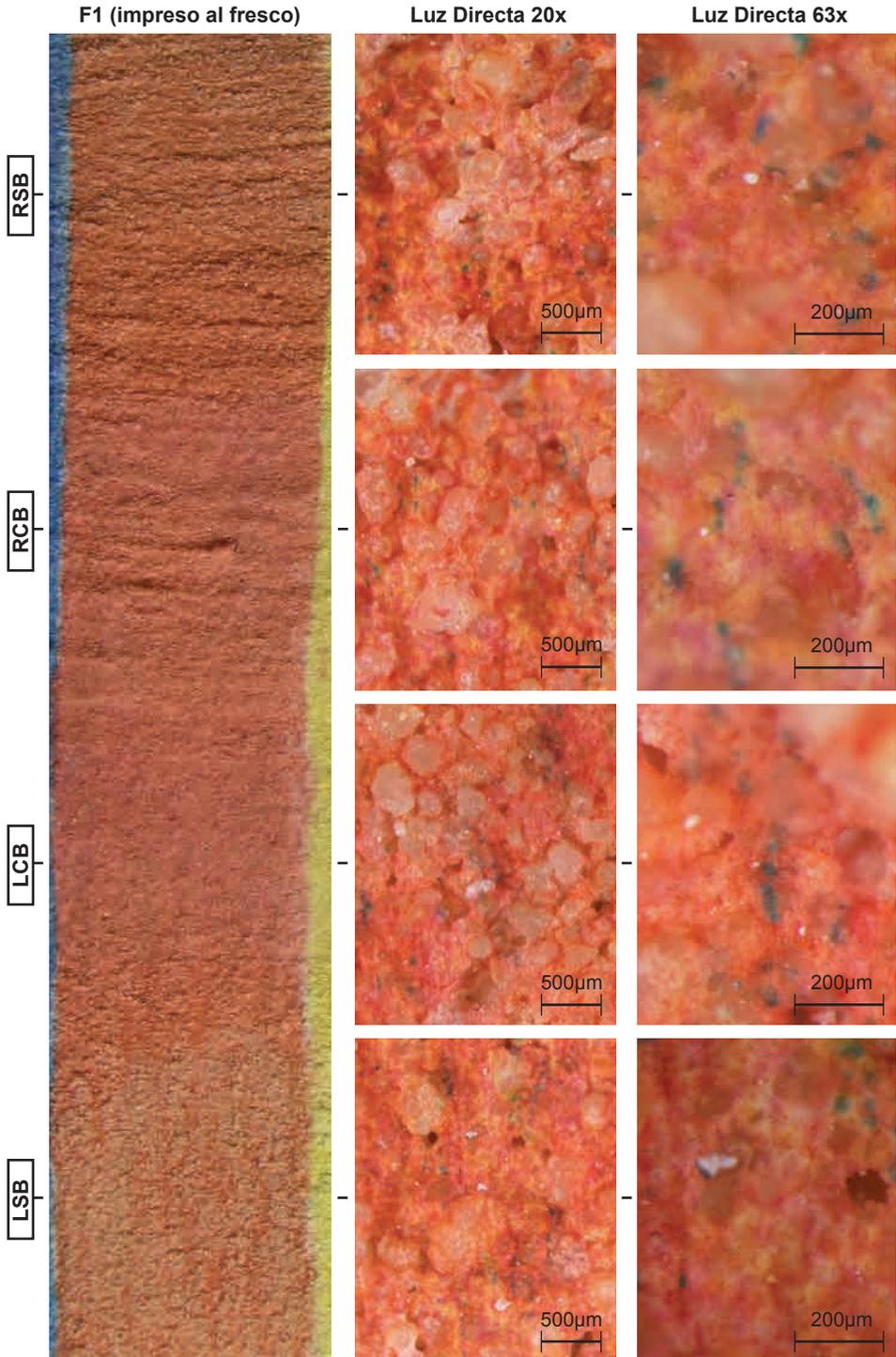


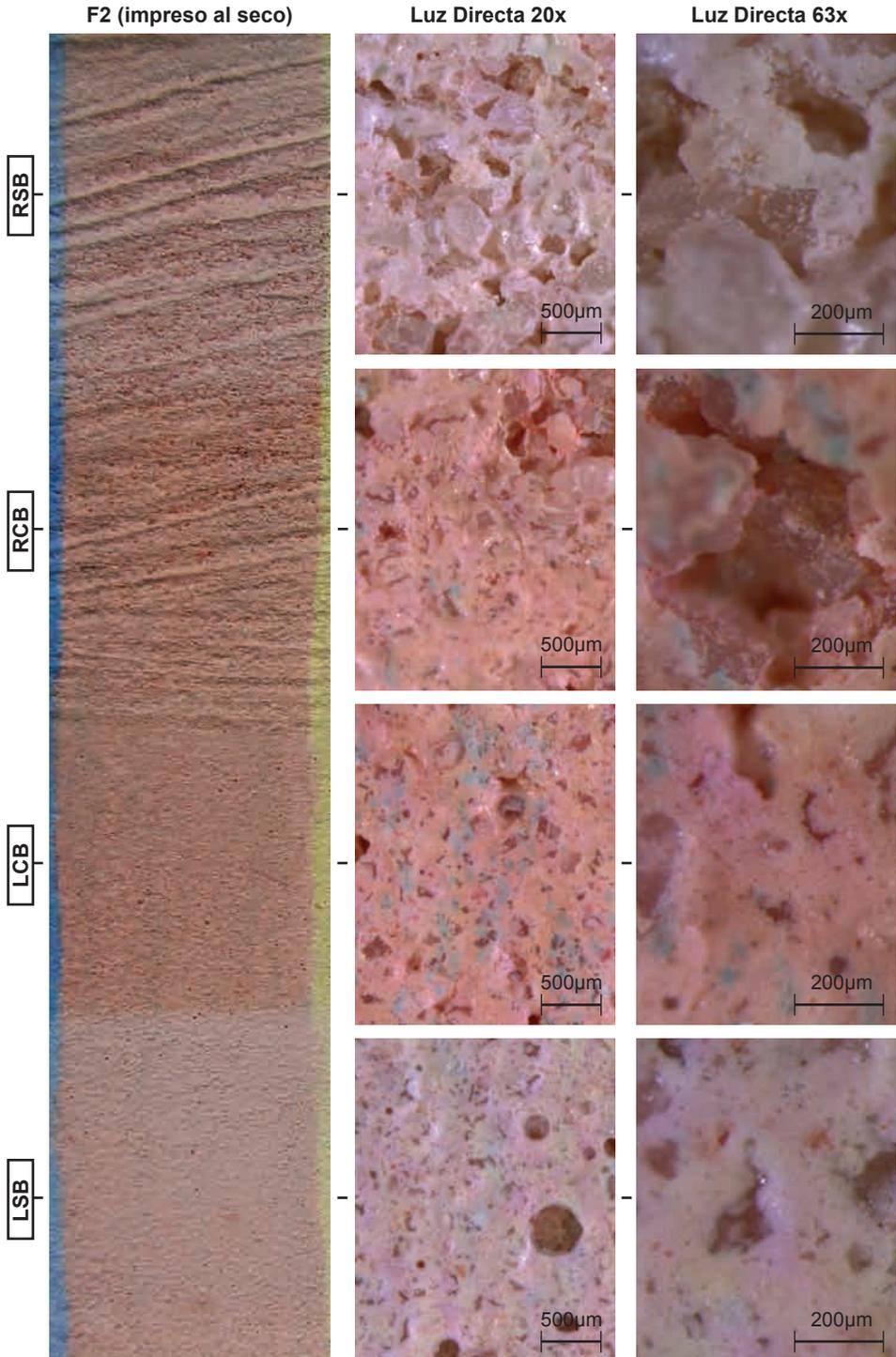








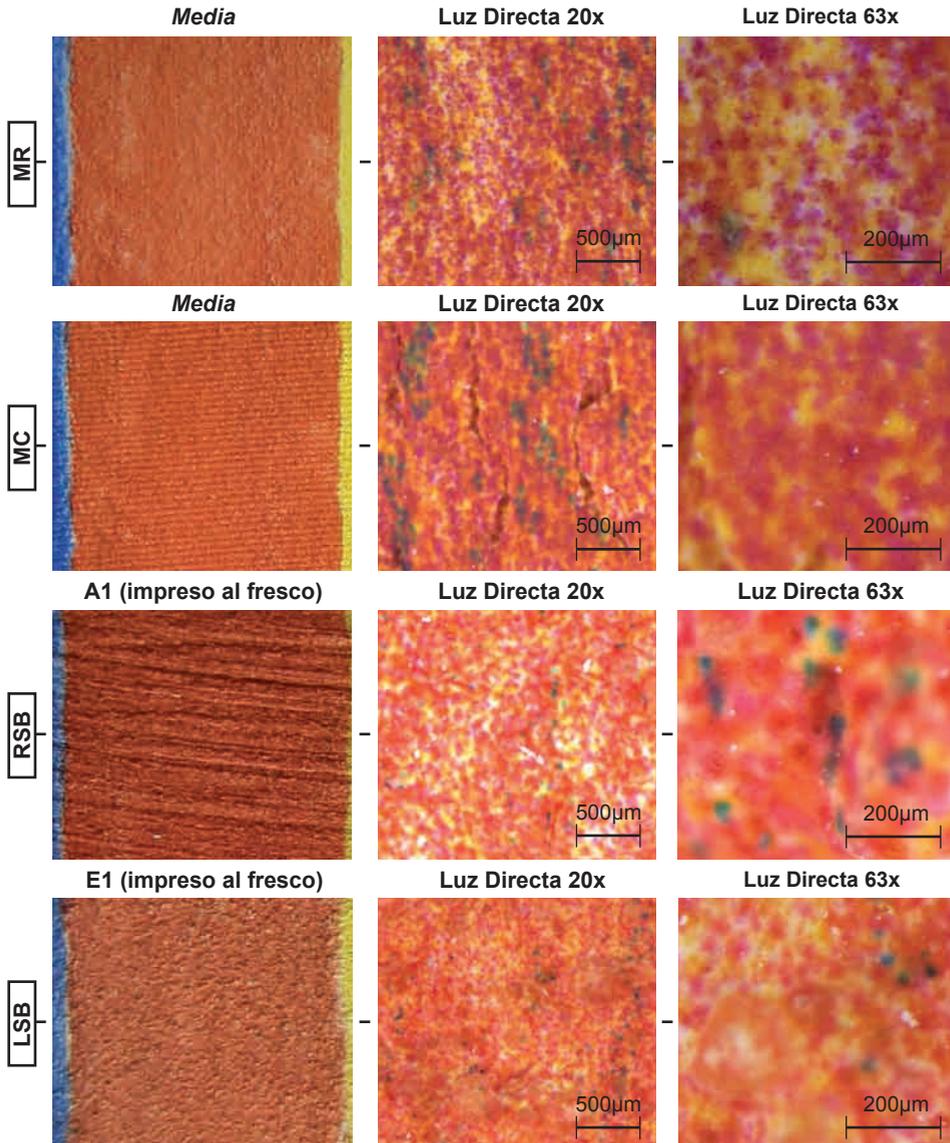




Valoración de los resultados:

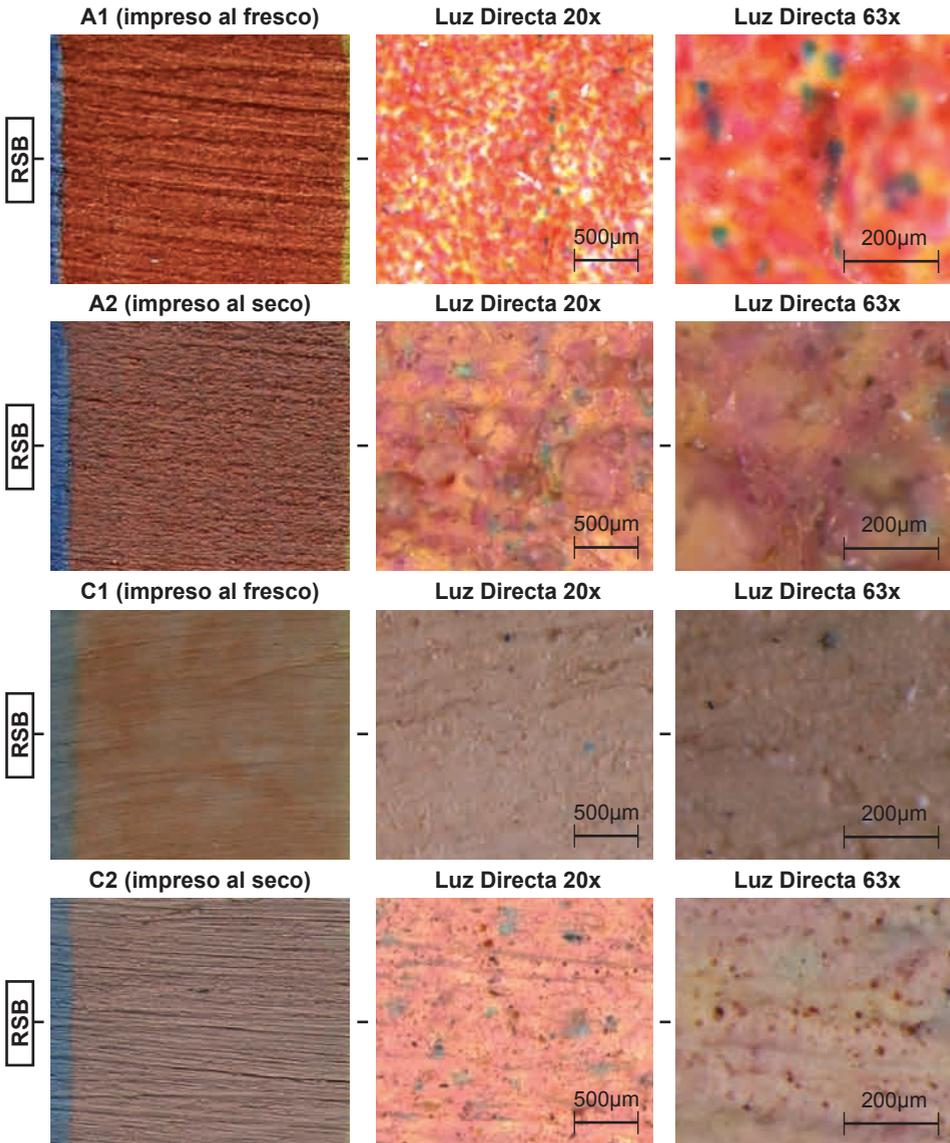
Superficies murales que se aproximan más a la calidad ofrecida por los *medias* específicos de impresión:

- En ninguno de los morteros se alcanza la definición que ofrece el *media* fotográfico (*MF*), pero algunas de estas superficies no se alejan demasiado de los resultados obtenidos sobre los *medias* recubierto (*MR*) y *canvas* (*MC*).



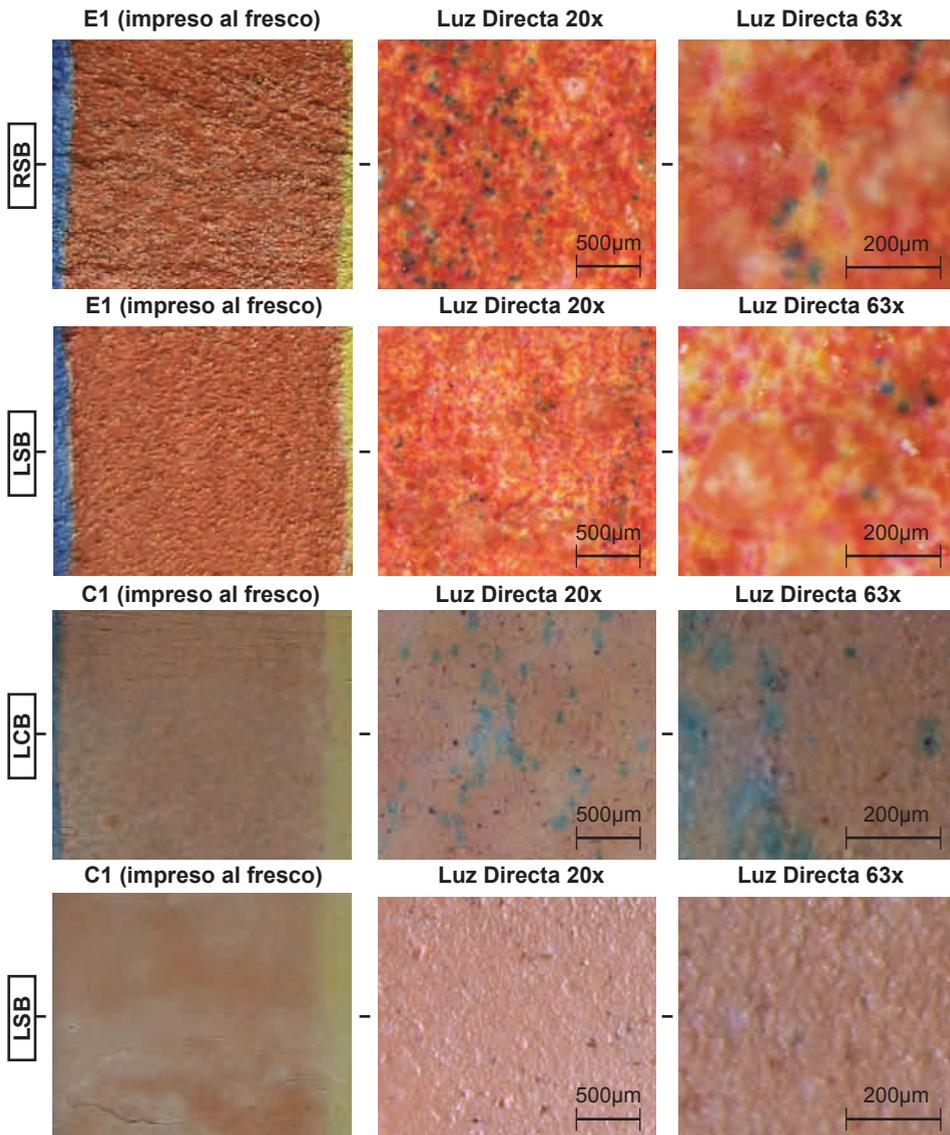
Diferencias entre imprimir un mortero al fresco o al seco:

- Es evidente que los mejores resultados se obtienen imprimiendo la superficie mural al fresco, aunque los soportes que muestran más diferencias entre su versión al fresco y al seco son los morteros (A, B, E y F). En los yesos (C y D) las ventajas de imprimir durante el proceso de fraguado no son llamativas.



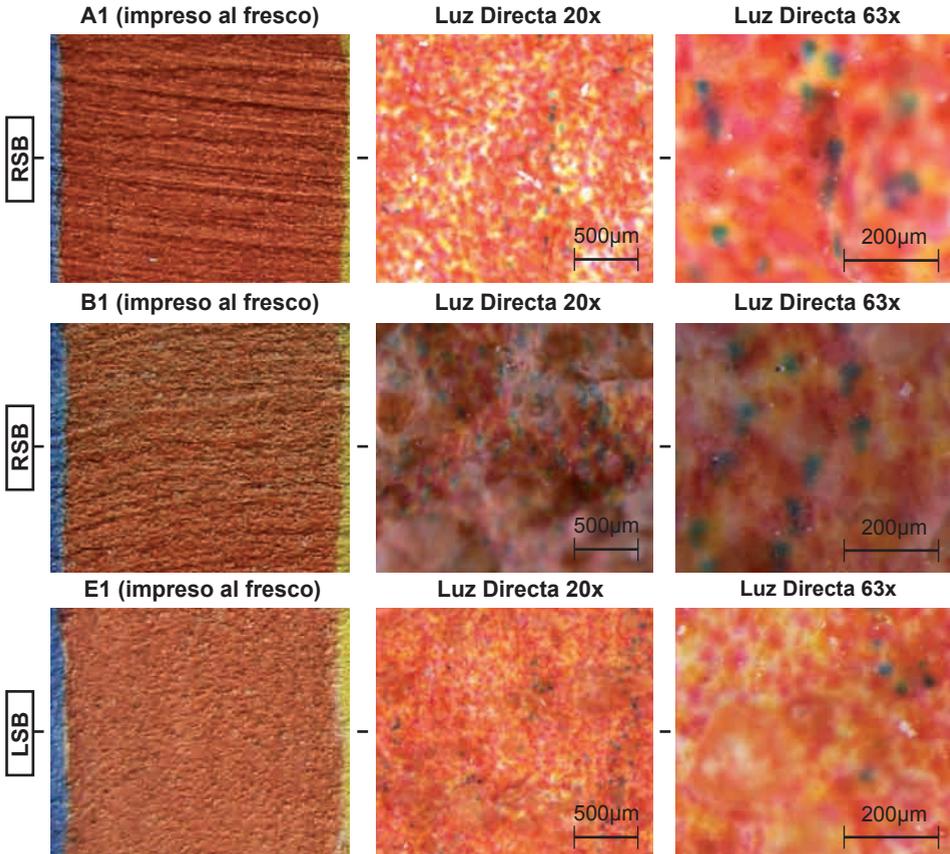
Efecto de los tratamientos superficiales de una superficie mural en la formación y aspecto de las gotas de tinta:

- A estos niveles, la rugosidad no parece influir demasiado en la forma de las gotas, salvo en algún caso concreto donde la definición de estas entidades es mayor en la parte lisa (RSB E1 / LSB E1).
- Por otro lado, tanto al fresco como al seco, el regulador de absorción *bonding agent* parece funcionar mejor en los yesos que en los morteros de cal y arena.



Determinar cuáles son las superficies murales más indicadas par ser utilizadas como soportes en la impresión directa *inkjet*.

- De todos los morteros de cal y arena A1 es el mejor con diferencia, aunque B1 y E1 también ofrecen acabados de bastante calidad.



Como valoración final se puede decir que sobre los morteros de cal y arena se consiguen resultados casi tan aceptables como los que nos ofrecen los *medias* específicos. Además, es de destacar la calidad obtenida al imprimir al fresco.

4.3.4 Propiedades de impresión: microscopía estratigráfica.

Si la superficie mural es poco o nada absorbente la tinta no penetrará y el vehículo permanecerá demasiado tiempo en superficie sin secarse. Este exceso de humedad producirá el “sangrado” de las gotas, y aunque la intensidad de color sea muy alta, se perderá la definición de la imagen. Por el contrario, si la superficie mural es demasiado absorbente, la tinta se difundirá rápidamente hacia el interior y el color apenas tendrá presencia a nivel superficial (Kappel *et al.*, 2008: 539). Teniendo en cuenta esto, la superficie mural ideal para ser empleada en la reconstrucción mediante impresión directa *inkjet*, será aquella que ofrezca unos valores de absorción que aseguren un nivel de penetración equilibrado, conservando al mismo tiempo un porcentaje de tinta superficial adecuado.

Objetivos:

En este punto se estudia el grado de penetración de la tinta en las superficies murales, comparándolo a su vez con el de los *medias* específicos y con el de las técnicas de retoque manual [Fig.4.60].



Fig.4.60 Esquema donde se destaca la propiedad de impresión estudiada en este apartado.

Evidentemente, la penetración de la tinta en un soporte mural no es la misma que la de un *media*, pero lo que se busca con esta prueba es:

- Medir el grado de penetración de la tinta en las diferentes superficies murales impresas y valorar cual presenta el equilibrio óptimo entre absorción en profundidad y retención superficial.
- Determinar cual de las superficies murales presenta una penetración más parecida al de un *media* específico de impresión.
- Comparar los resultados de penetración de los morteros impresos con la técnica al fresco (que es la que se desea imitar) y sus diferencias con procedimientos de retoque basados en técnicas pictóricas.

Procedimiento:

Para evitar las posibles diferencias que puedan darse al estudiar la penetración de tonos distintos, se han tomado muestras del mismo color⁸⁹ en todas las probetas.

En cada una de las doce superficies murales impresas, se han extraído cuatro pequeños testigos que corresponden a los diferentes tratamientos superficiales realizados: **RSB**, **RCB**, **LSB** y **LCB**. Además, se ha sacado una muestra de cada una de las técnicas pictóricas realizadas a mano y otra de uno de los *medias* impresos.

Para el englobado y preparación de las estratigrafías, se ha seguido el procedimiento habitual de encapsulado en resina [Fig.4.61 a Fig.4.64].



Fig.4.61 Extracción de la muestra.



Fig.4.62 Encapsulado en resina.



Fig.4.63 Desbastado de las muestras.



Fig.4.64 Muestras pulidas.

⁸⁹ Se ha escogido el color rojo para continuar analizando el mismo tono que en pruebas anteriores.

El fotografiado de las muestras englobadas se ha hecho utilizando el mismo microscopio que en el análisis superficial. La medición de la penetración, se ha hecho con el propio *software* de la cámara digital que monta el microscopio [Fig.4.65].



Fig.4.65 Microscopio Leica con cámara integrada para la digitalización de lo observado.

Este fotografiado ha permitido determinar la capacidad de penetración de la tinta en función del soporte utilizado.

Revisión de los datos obtenidos:

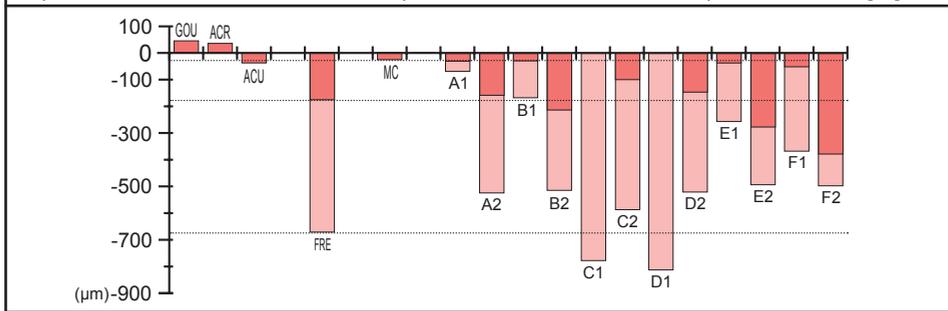
Antes de nada es importante tener en cuenta que la cantidad de tinta inyectada en los morteros y el *media* específico de impresión (*MC*) ha sido la misma.

Para estudiar la penetración de la tinta se han reagrupado los datos⁹⁰ en gráficas donde se compara:

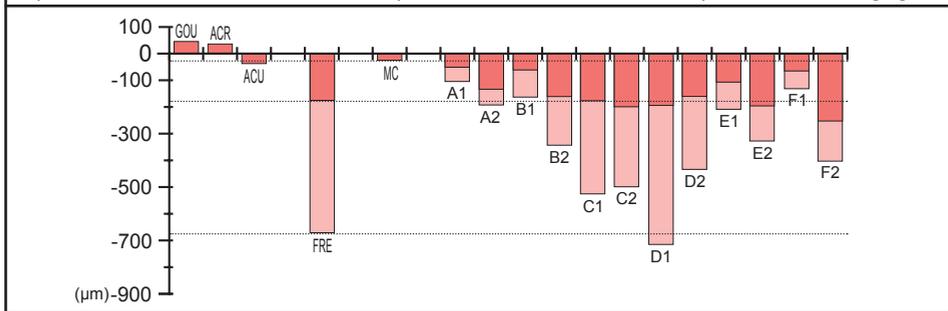
- La absorción según el tipo de tratamiento superficial [Pag.223].
- La absorción según se trate de un mortero fresco [Pag.224] o seco [Pag.225].

⁹⁰ Ir al Anexo II para revisar los datos utilizados en la confección de las gráficas de penetración [Pag.325].

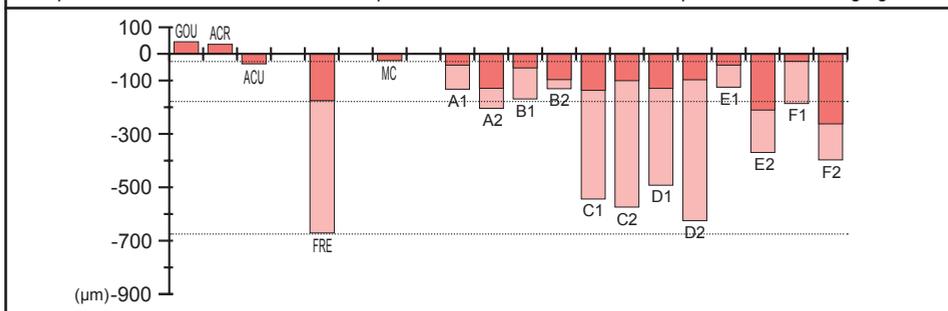
Superficies **RUGOSAS** de: Técnicas de retoque + Fresco + Media + Morteros impresos **SIN** bonding agent.



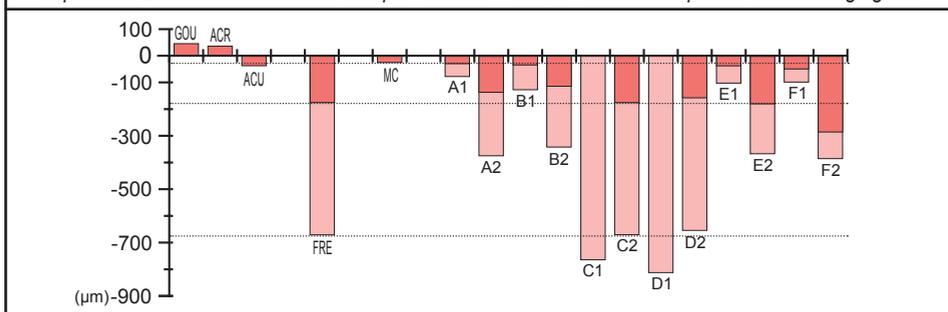
Superficies **RUGOSAS** de: Técnicas de retoque + Fresco + Media + Morteros impresos **CON** bonding agent.



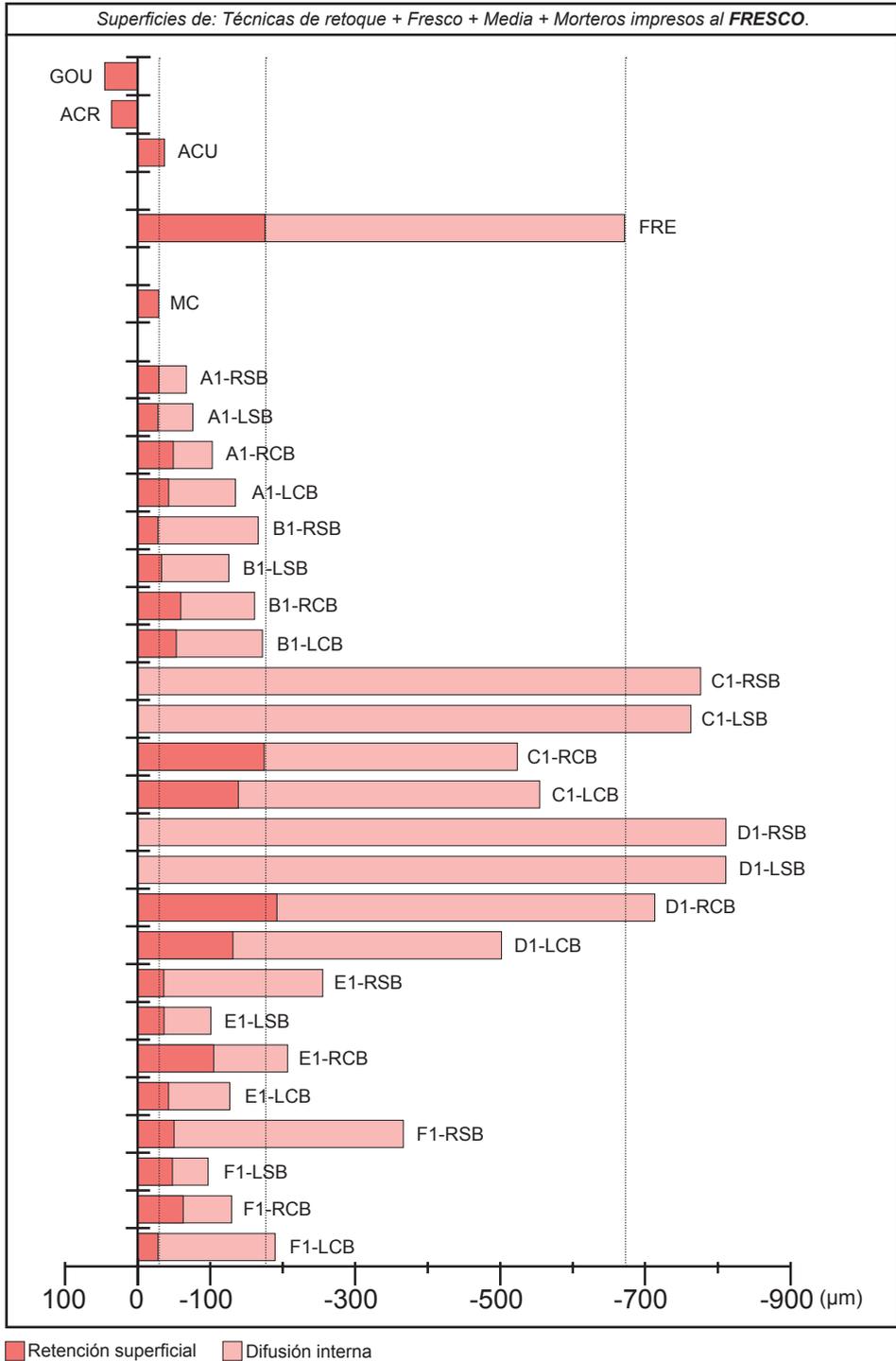
Superficies **LISAS** de: Técnicas de retoque + Fresco + Media + Morteros impresos **CON** bonding agent.

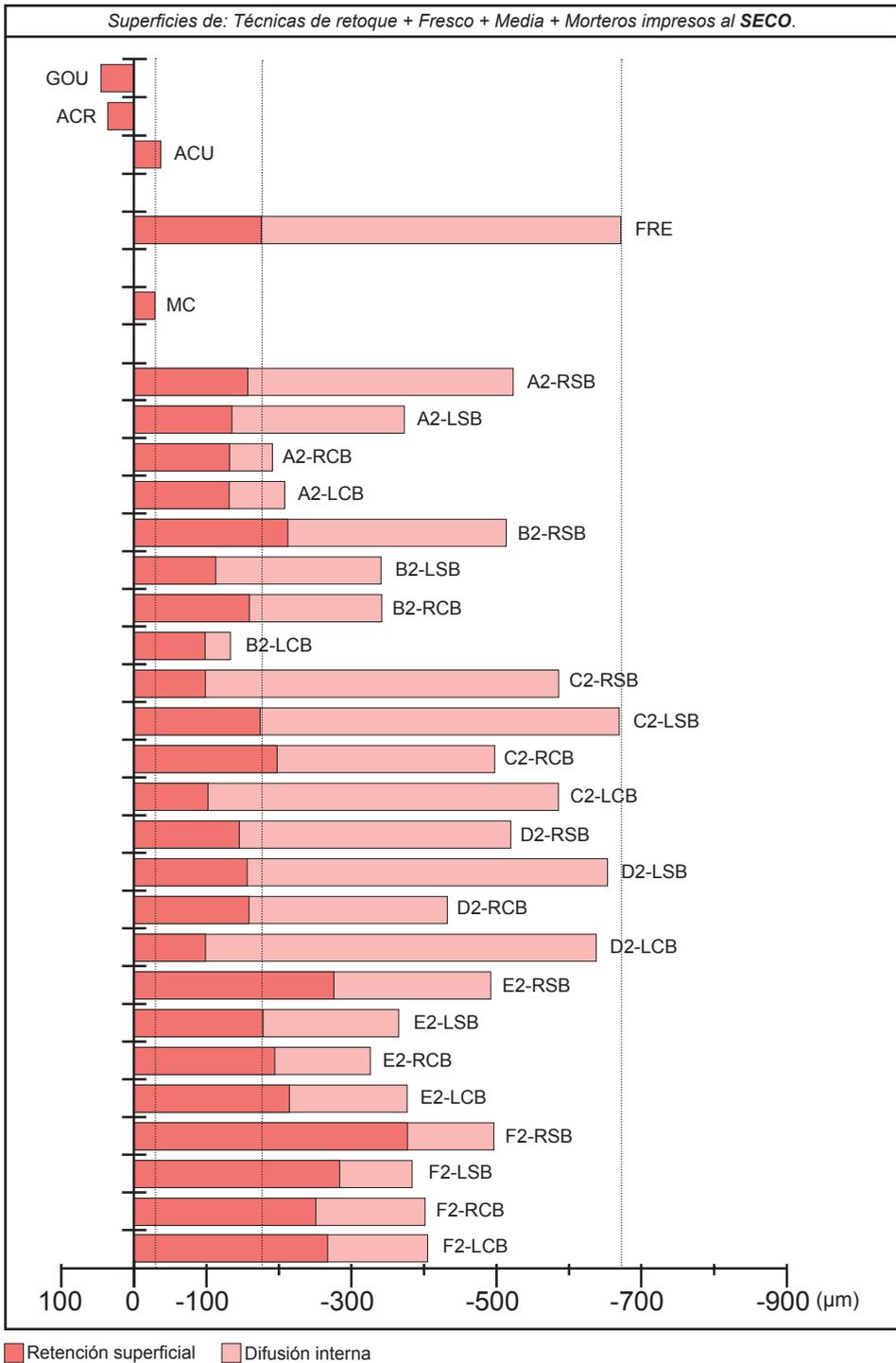


Superficies **LISAS** de: Técnicas de retoque + Fresco + Media + Morteros impresos **SIN** bonding agent.



■ Retención superficial ■ Difusión interna





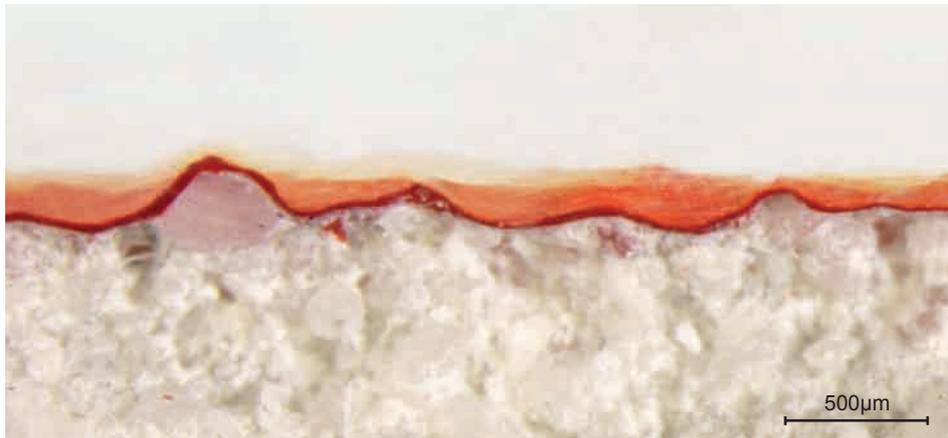
Las estratigrafías de estas dos páginas sirven como referencia de:

- Grado de penetración de técnicas de retoque pictórico poco permeables (Gouache, Acrílico y Acuarela). (Realizadas sobre el mortero **tipo B**).
- Grado de penetración de técnica pictórica a emular por las impresión directa *inkjet* (Fresco). (Realizada sobre el mortero **tipo B**).
- Grado de penetración de un *media* de impresión específico (*Canvas*).

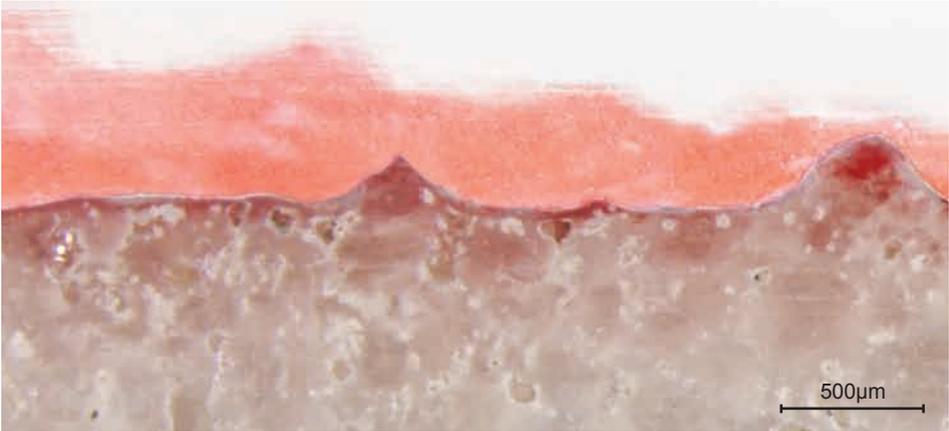
En paginas sucesivas se muestra la penetración de todos los morteros impresos.



Técnica de retoque pictórico **GOUACHE**



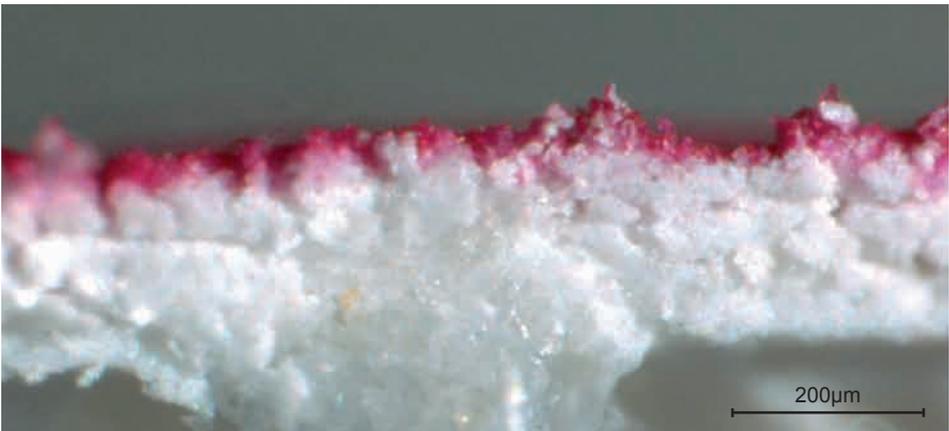
Técnica de retoque pictórico **ACRÍLICO**



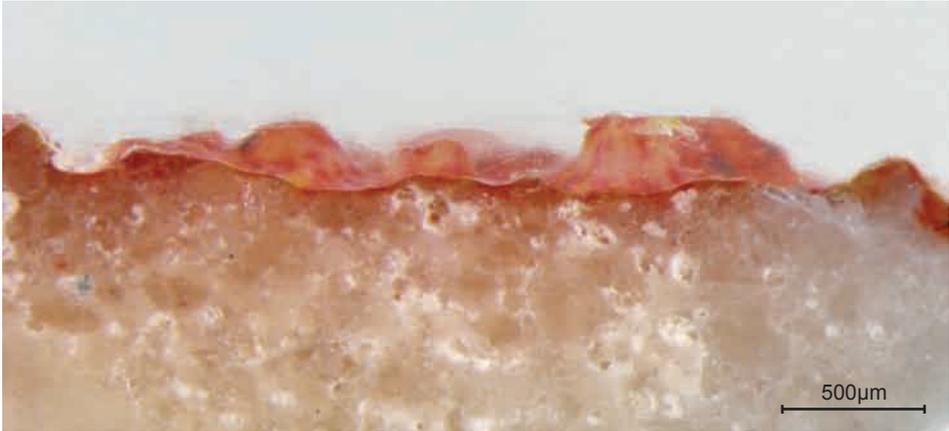
Técnica de retoque pictórico *ACUARELA*



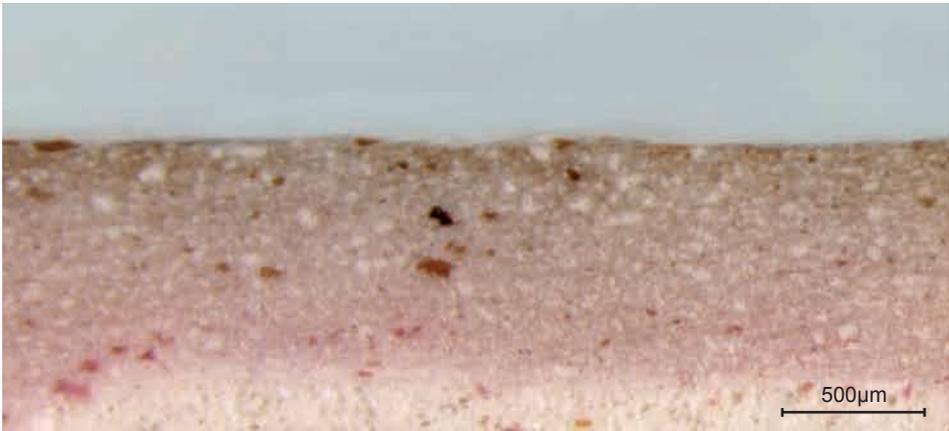
Técnica pictórica *FRESCO*



Media de impresión *CANVAS*



Mortero A1 (impresso al FRESCO) - RSB



Mortero C1 (impresso al FRESCO) - RSB



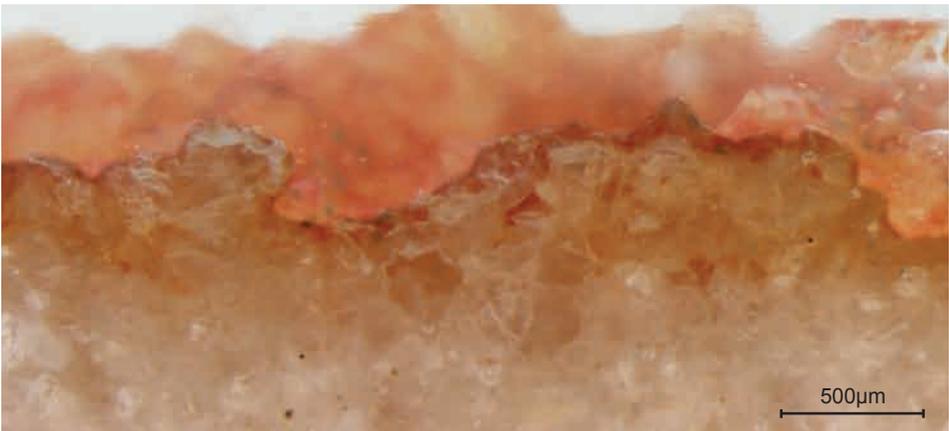
Mortero E1 (impresso al FRESCO) - RSB



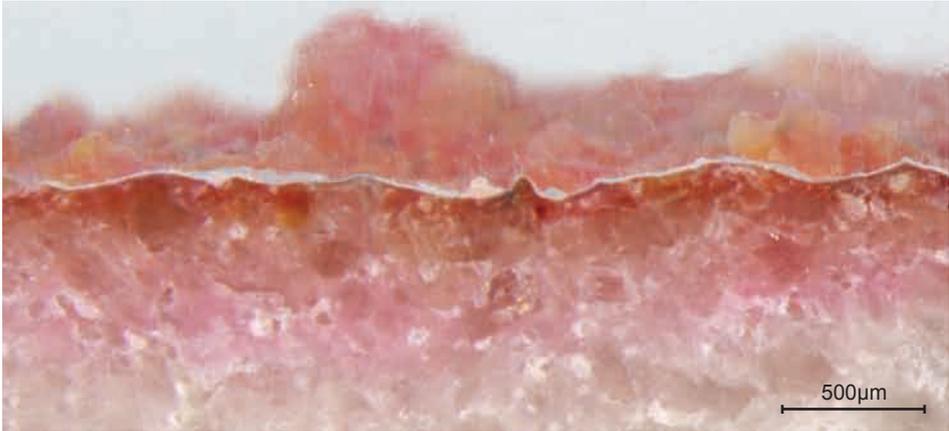
Mortero B1 (impreso al FRESCO) - RSB



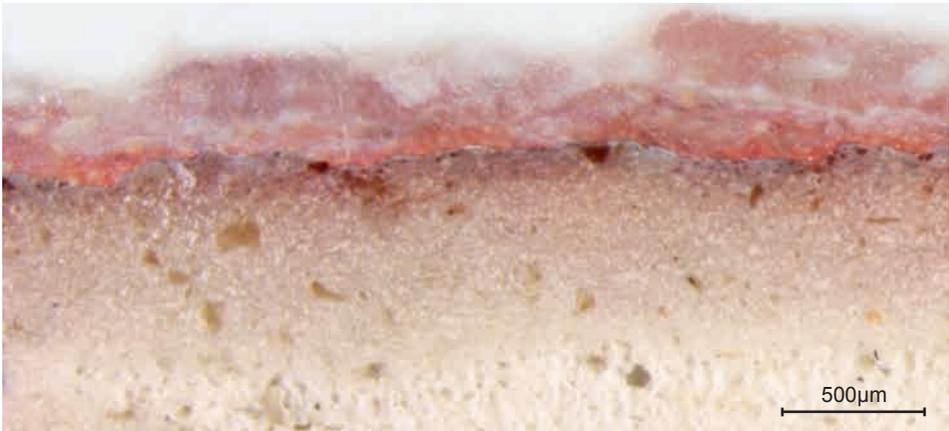
Mortero D1 (impreso al FRESCO) - RSB



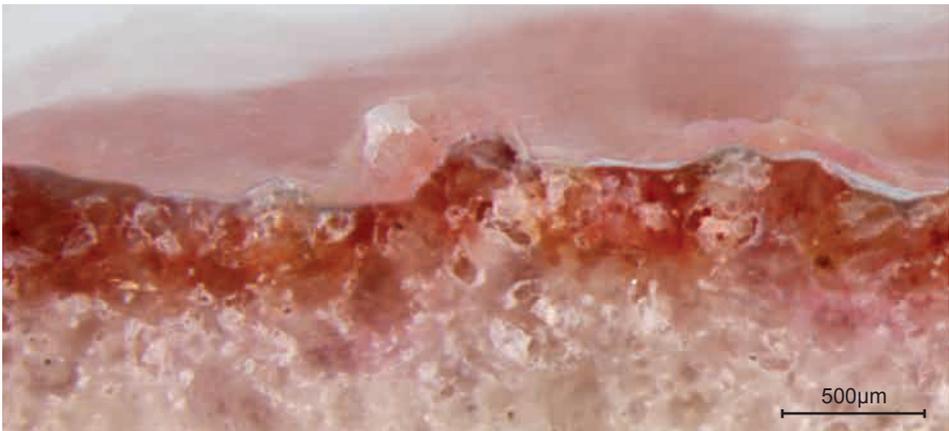
Mortero F1 (impreso al FRESCO) - RSB



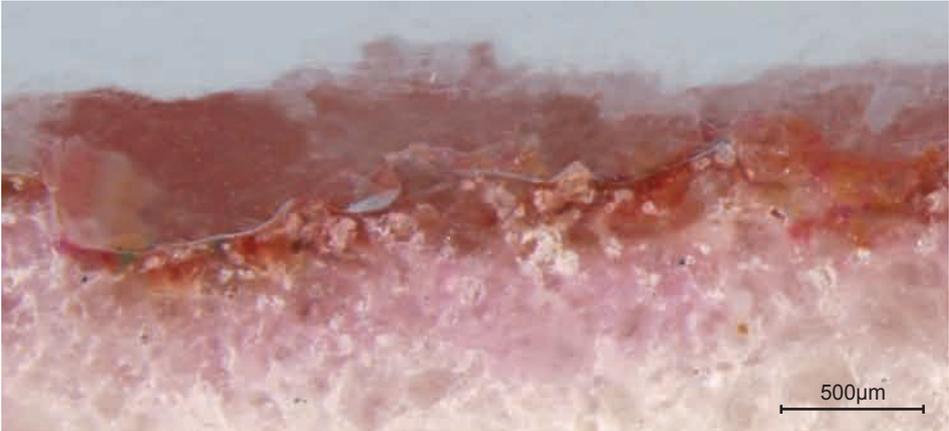
Mortero A2 (impreso al SECO) - RSB



Mortero C2 (impreso al SECO) - RSB



Mortero E2 (impreso al SECO) - RSB



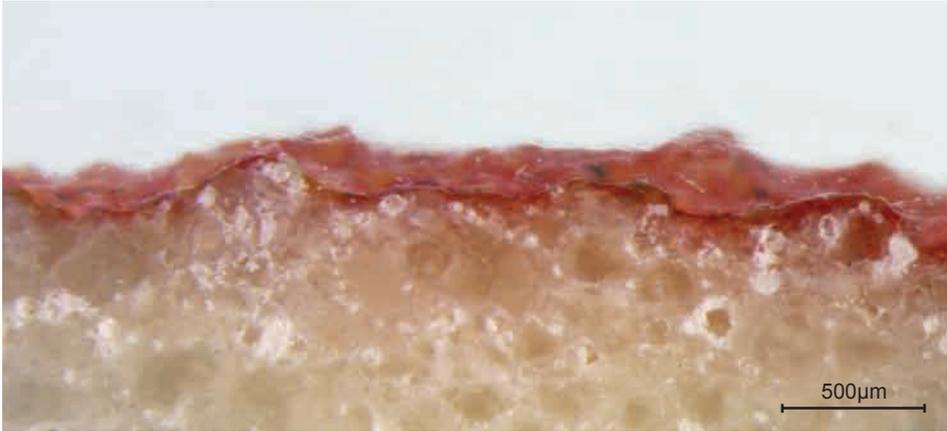
Mortero B2 (impreso al SECO) - RSB



Mortero D2 (impreso al SECO) - RSB



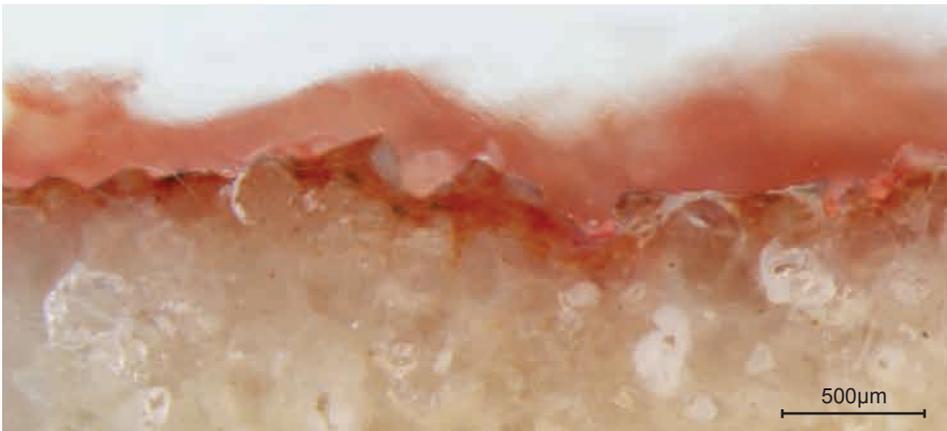
Mortero F2 (impreso al SECO) - RSB



Mortero A1 (impreso al FRESCO) - RCB



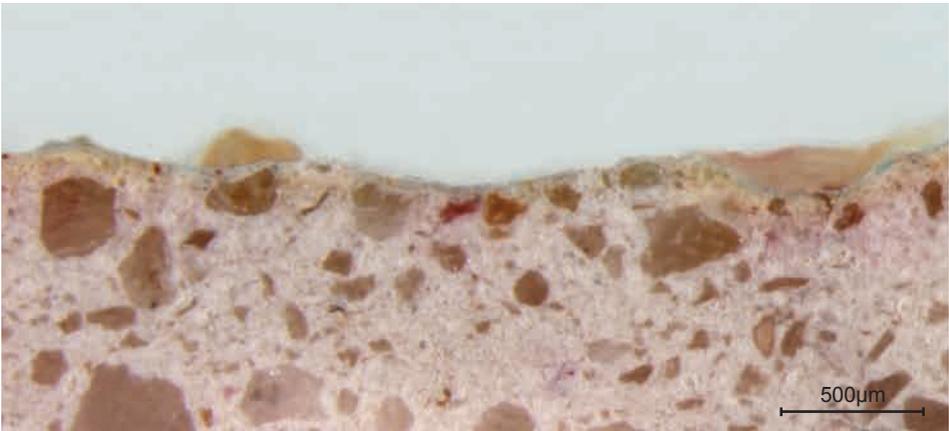
Mortero C1 (impreso al FRESCO) - RCB



Mortero E1 (impreso al FRESCO) - RCB



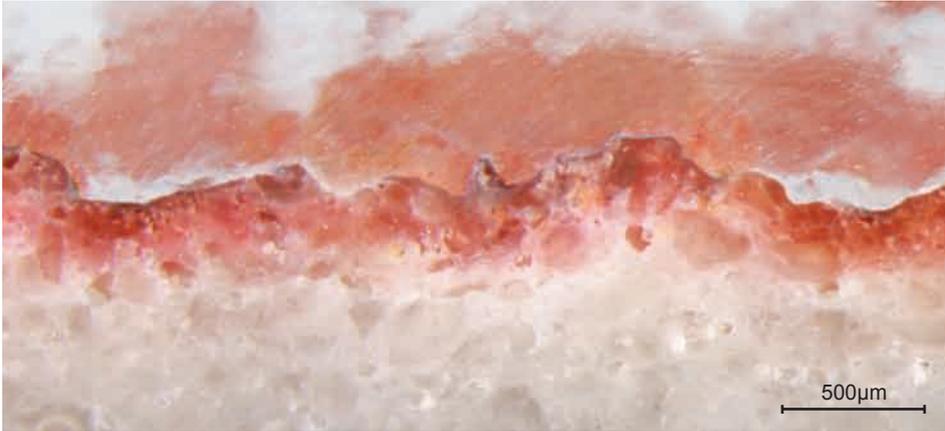
Mortero B1 (impreso al FRESCO) - RCB



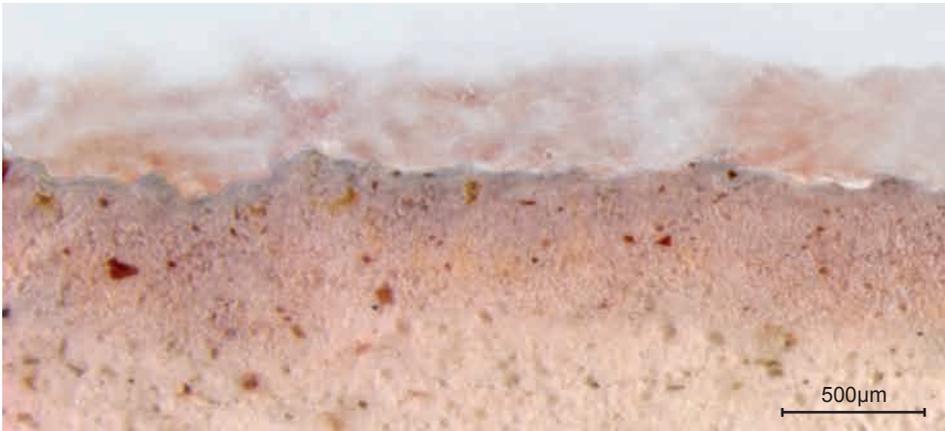
Mortero D1 (impreso al FRESCO) - RCB



Mortero F1 (impreso al FRESCO) - RCB



Mortero A2 (impreso al SECO) - RCB



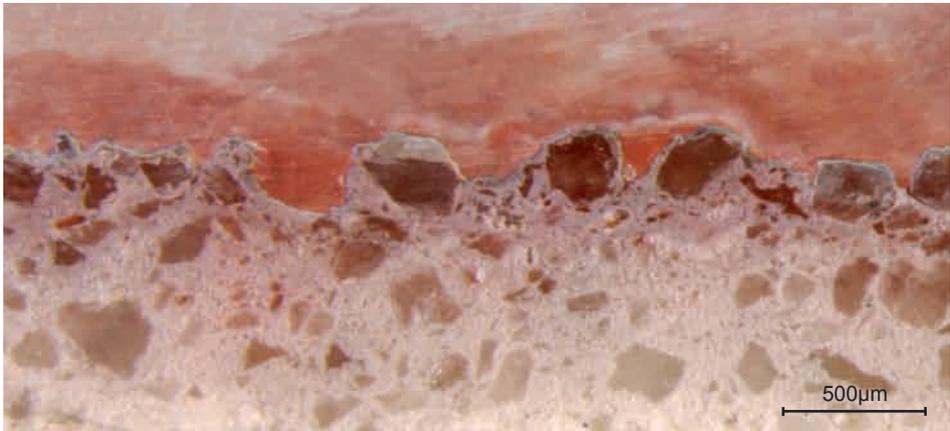
Mortero C2 (impreso al SECO) - RCB



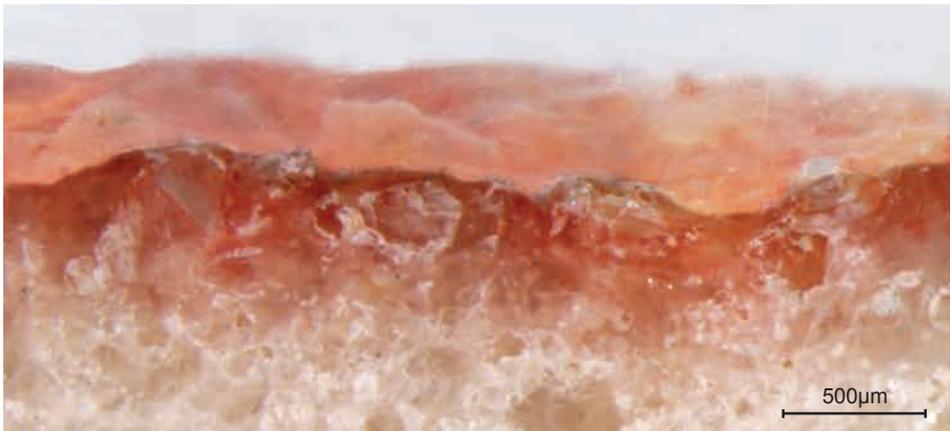
Mortero E2 (impreso al SECO) - RCB



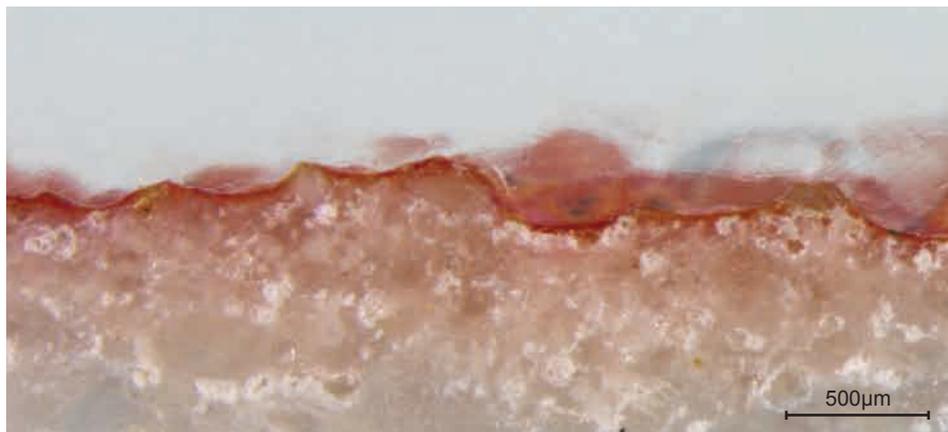
Mortero B2 (impreso al SECO) - RCB



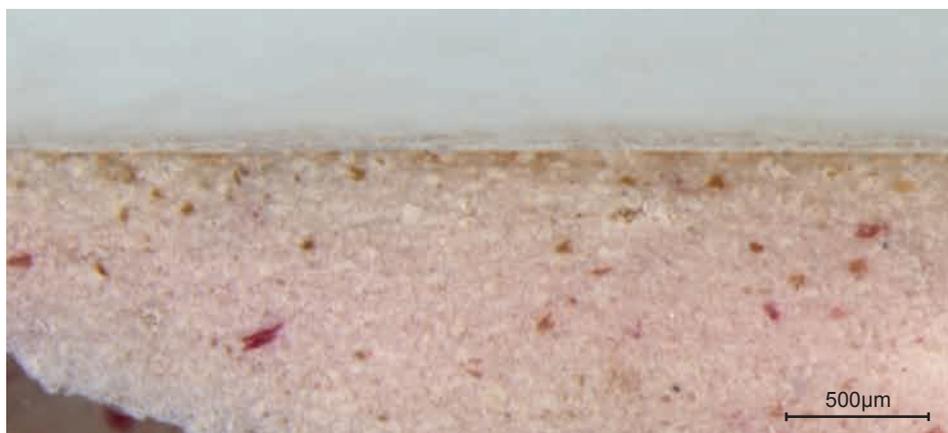
Mortero D2 (impreso al SECO) - RCB



Mortero F2 (impreso al SECO) - RCB



Mortero A1 (impresso al FRESCO) - LSB



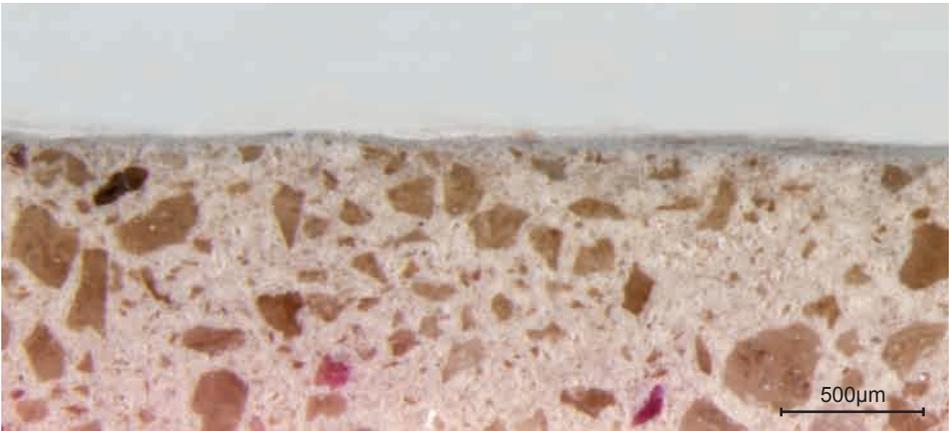
Revoque C1 (impresso al FRESCO) - LSB



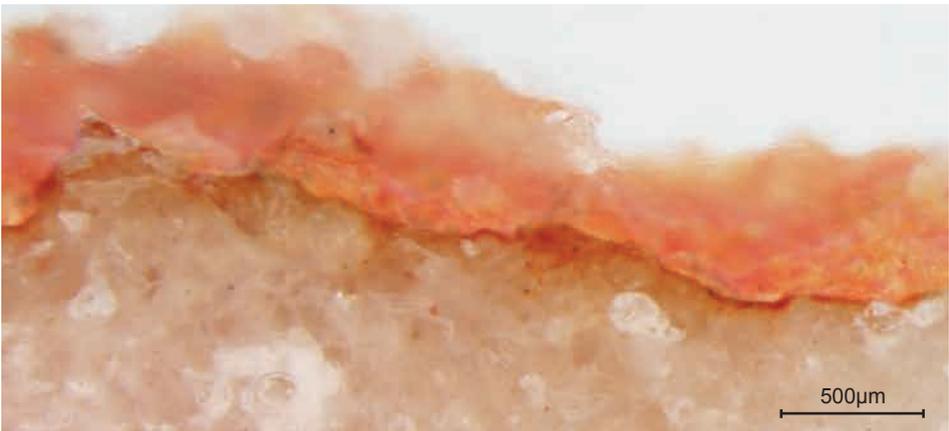
Mortero E1 (impresso al FRESCO) - LSB



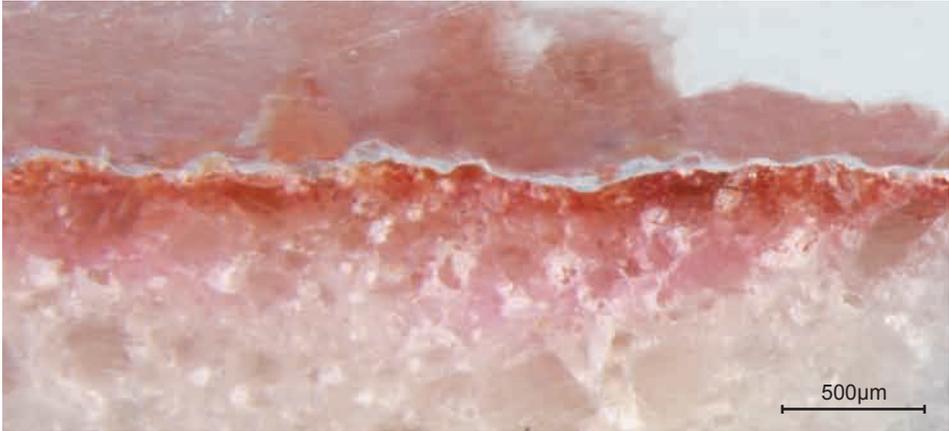
Mortero B1 (impreso al FRESCO) - LSB



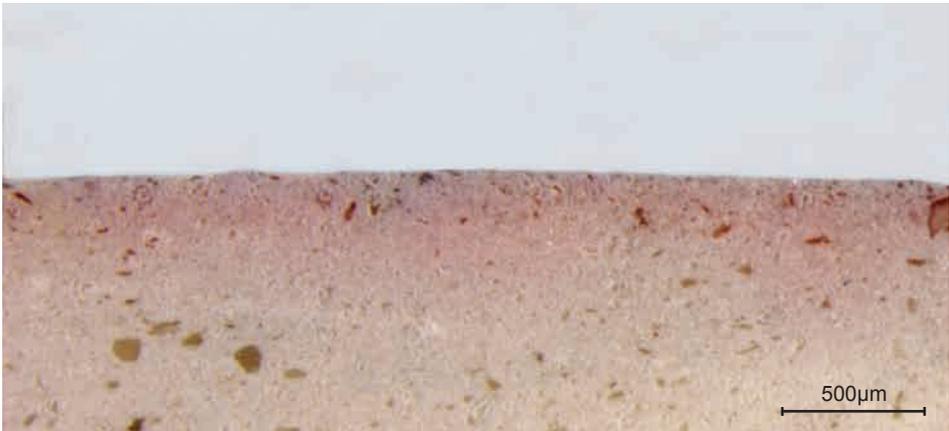
Revoque D1 (impreso al FRESCO) - LSB



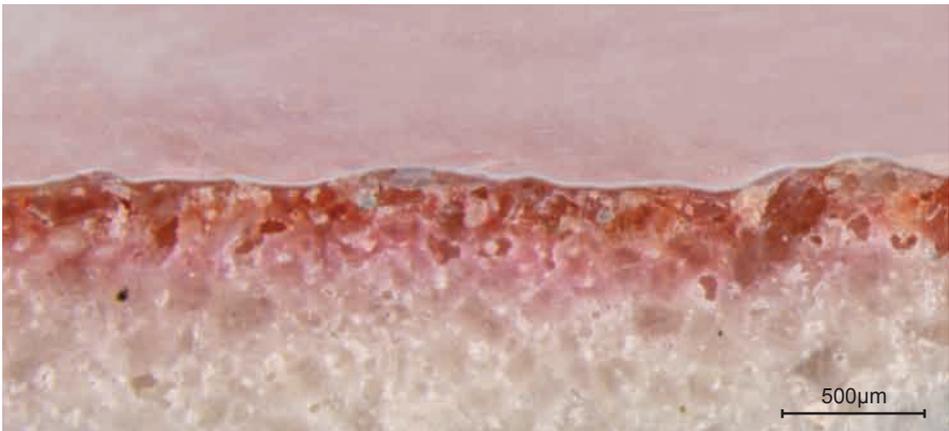
Mortero F1 (impreso al FRESCO) - LSB



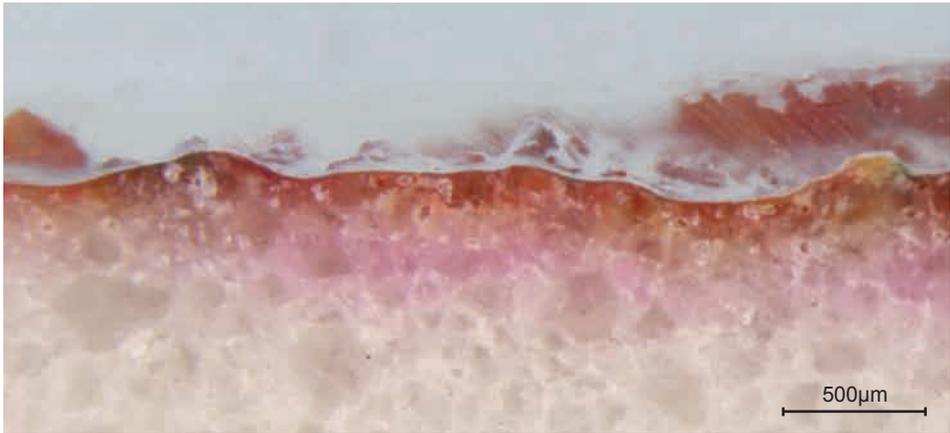
Mortero A2 (impreso al SECO) - LSB



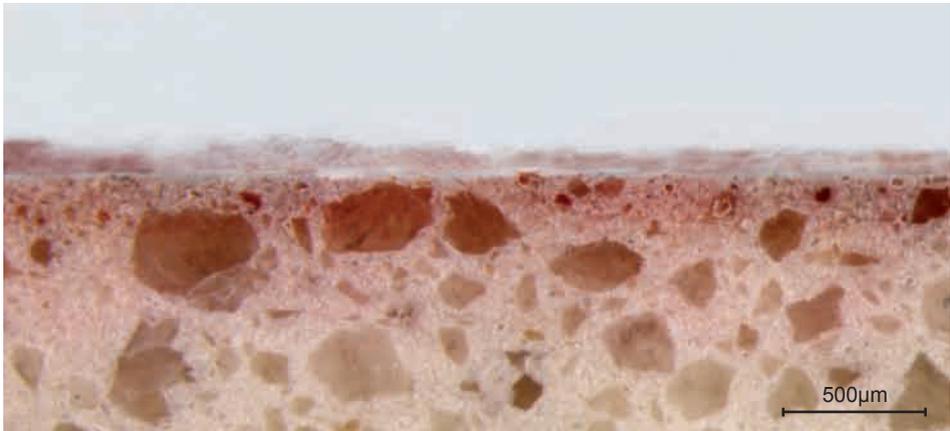
Revoque C2 (impreso al SECO) - LSB



Mortero E2 (impreso al SECO) - LSB



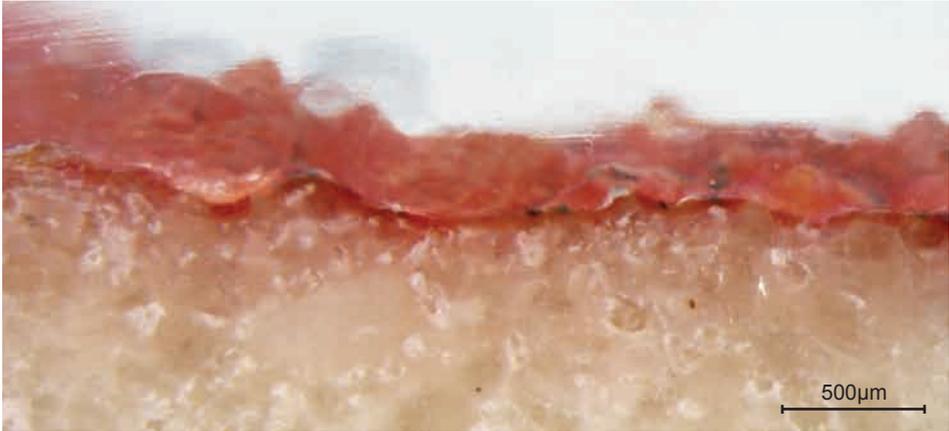
Mortero B2 (impreso al SECO) - LSB



Revoque D2 (impreso al SECO) - LSB



Mortero F2 (impreso al SECO) - LSB



Mortero A1 (impreso al FRESCO) - LCB



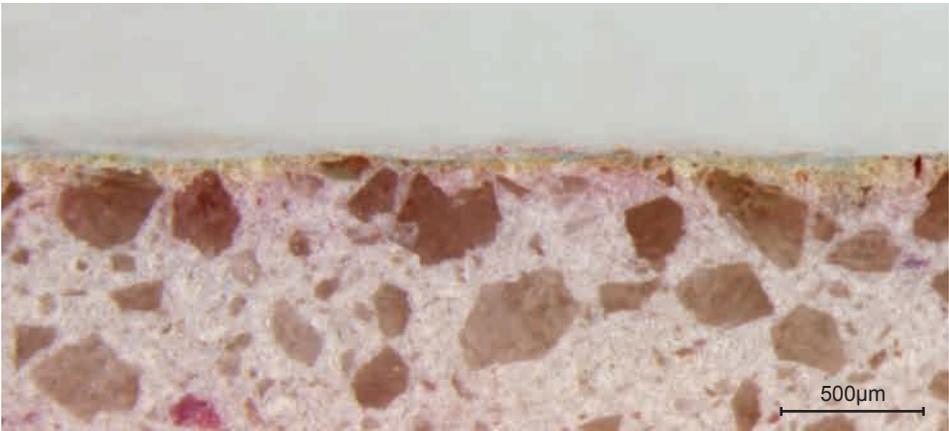
Revoque C1 (impreso al FRESCO) - LCB



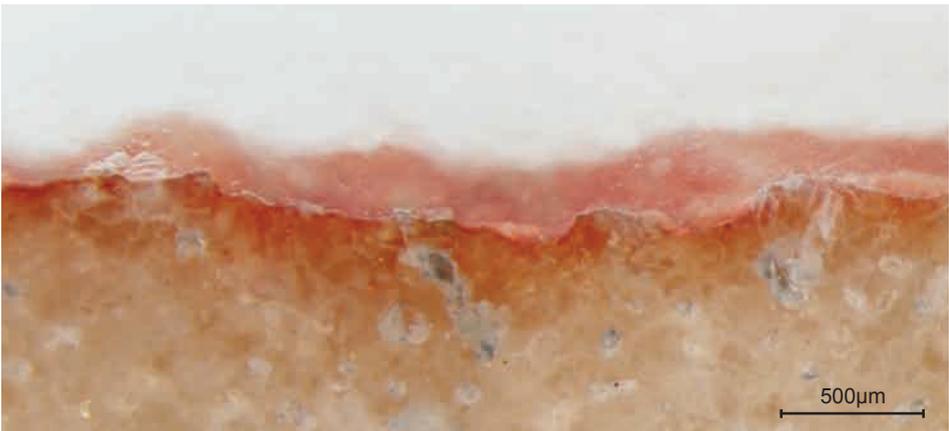
Mortero E1 (impreso al FRESCO) - LCB



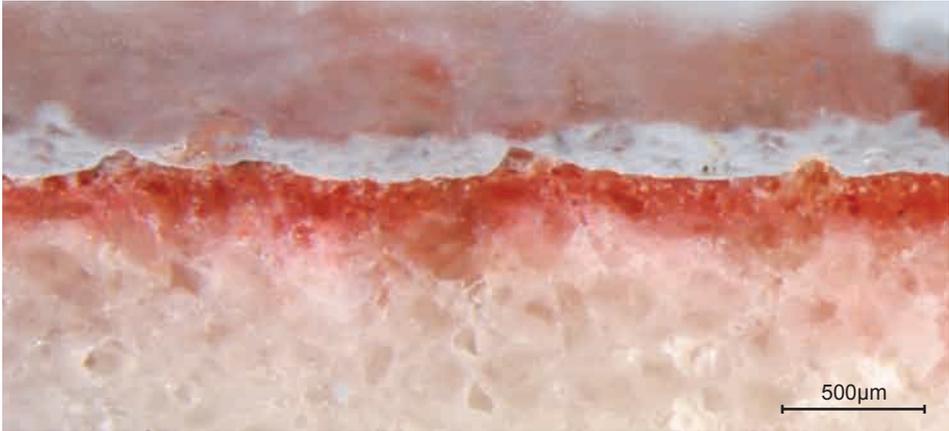
Mortero B1 (impreso al FRESCO) - LCB



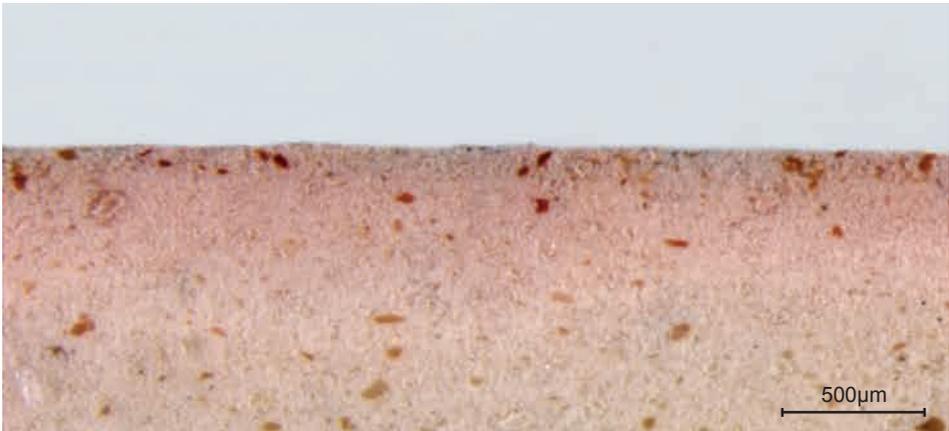
Revoque D1 (impreso al FRESCO) - LCB



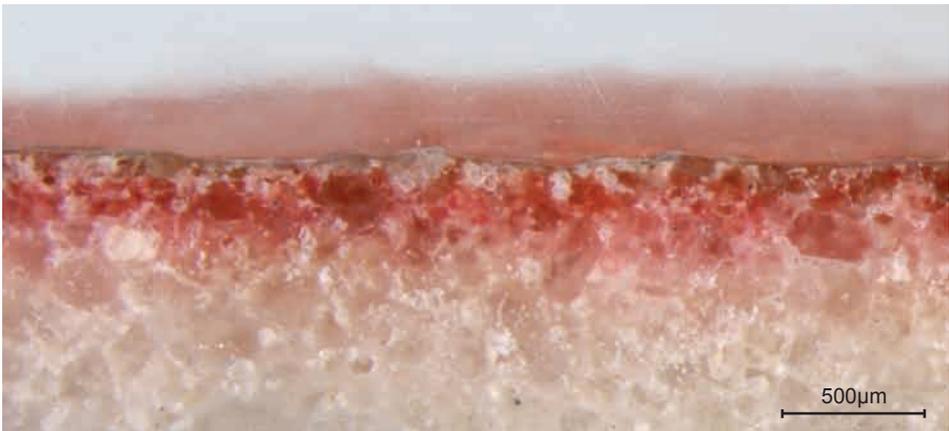
Mortero F1 (impreso al FRESCO) - LCB



Mortero A2 (impreso al SECO) - LCB



Revoque C2 (impreso al SECO) - LCB



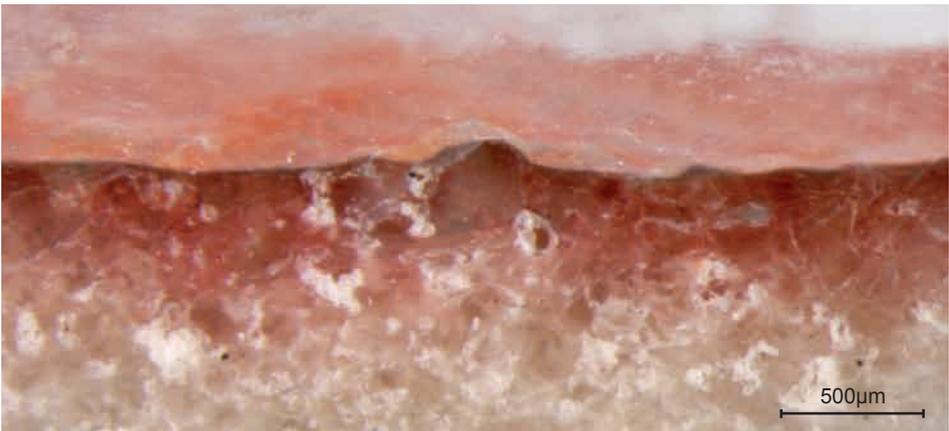
Mortero E2 (impreso al SECO) - LCB



Mortero B2 (impreso al SECO) - LCB



Revoque D2 (impreso al SECO) - LCB

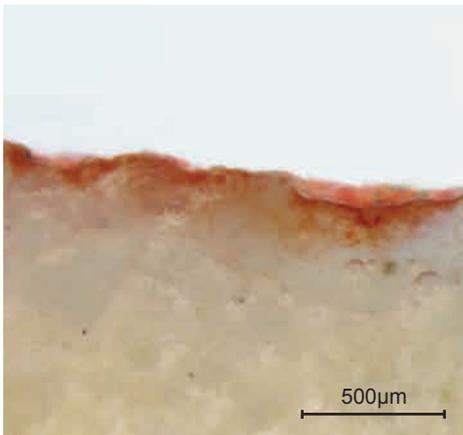


Mortero F2 (impreso al SECO) - LCB

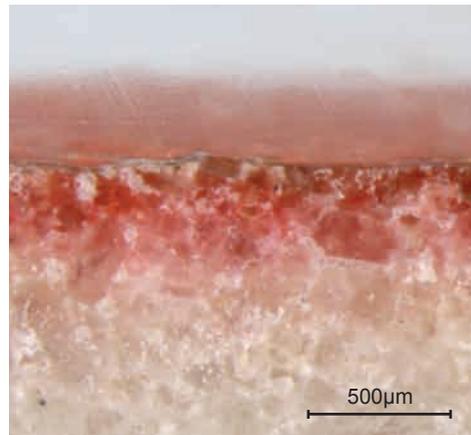
Valoración de los resultados:

Grado de penetración de la tinta en las diferentes superficies murales impresas. Valoración de cual es la que presenta el equilibrio óptimo entre retención superficial y difusión interna:

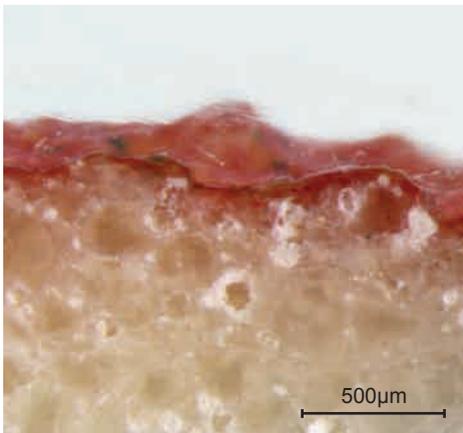
- A primera vista es obvio que la retención de tinta a nivel superficial es mayor cuando los morteros son impresos al fresco con respecto al seco.
- Los morteros de cal (sobre todo el A y el B) retienen mucha más tinta en superficie que los yesos (C y D).



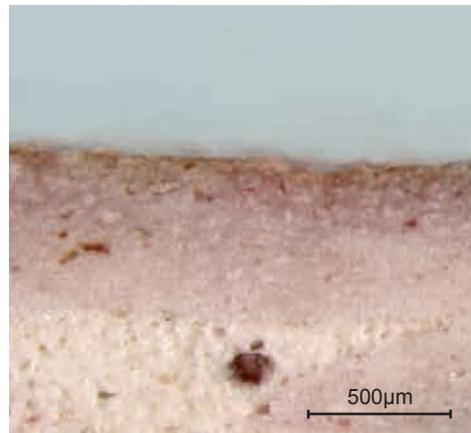
Mortero E1 - LCB



Mortero E2 - LCB



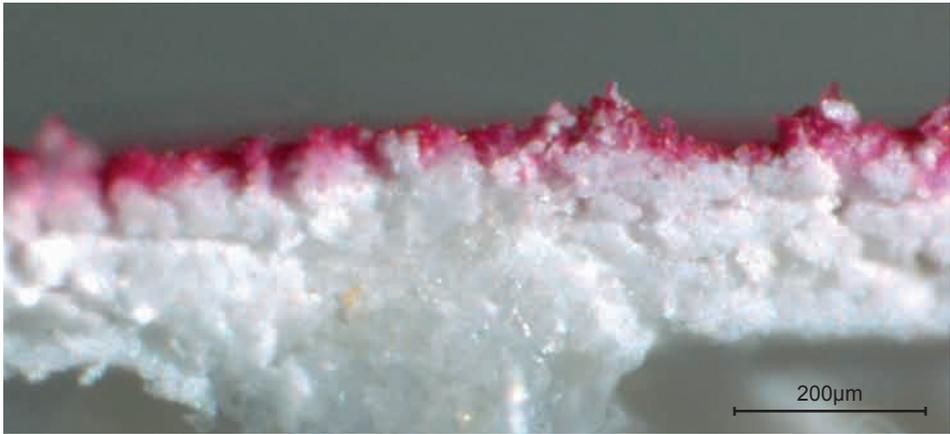
Mortero A1 - RCB



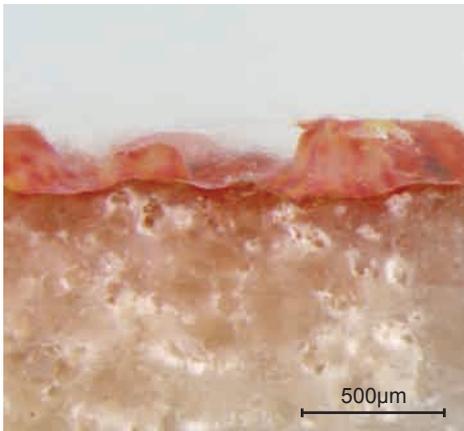
Mortero C1 - RCB

Determinar cual de las superficies murales presenta una penetración más parecida al de un *media* específico de impresión.

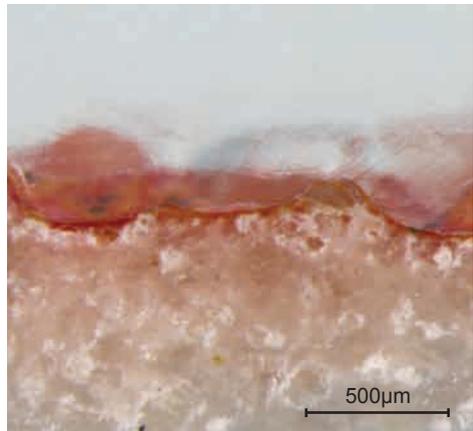
- Revisando las gráficas de penetración [Pag.224 y Pag.225], se aprecia que la retención de la tinta en las superficies murales impresas al fresco se aproxima más a la del *media* específico.
- De todos los morteros, la penetración de **A1 RSB** y **A1 LSB** es los más parecida a la del *media canvas*(MC).



Media de impresión CANVAS



Mortero A1 - RSB



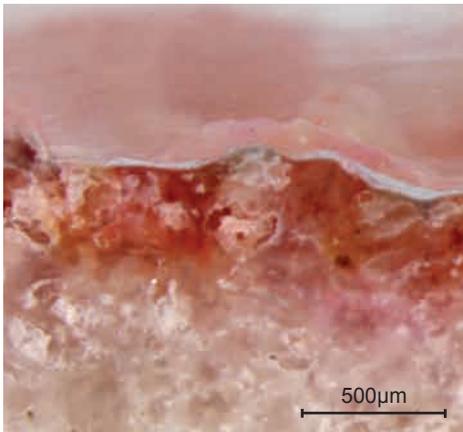
Mortero A1 - LSB

Comparar los resultados de penetración de los morteros impresos con la técnica al fresco (que es la que se desea imitar) y sus diferencias con procedimientos de retoque basados en técnicas pictóricas:

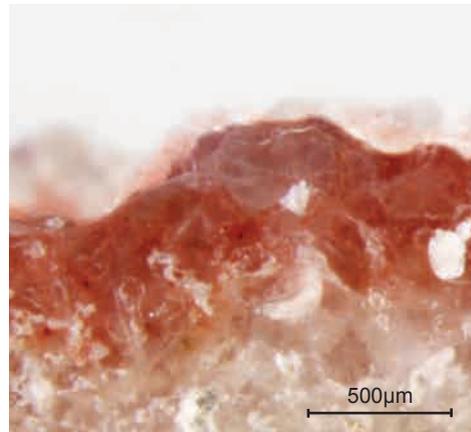
- Por profundidad de penetración y aspecto, los morteros E y F impresos al seco son los más parecidos.
- Comparada con las técnicas de retoque más permeables, la reconstrucción por impresión tiene una penetración más parecida a la que ofrece una fresco.



Técnica pictórica *FRESCO*



Mortero E2 - RSB



Mortero F2 - RSB

La conclusión es que la reconstrucción de morteros con sistemas de impresión directa *inkjet* puede ofrecer los mismos niveles de penetración que una técnica pictórica como el fresco.

4.3.5 Propiedades de impresión: grado de absorción.

Cuando se reconstruye una superficie mural es muy importante que la técnica utilizada conserve la mayor permeabilidad posible, sobre todo si el original con el que ha de convivir dicha reconstrucción es un fresco. Una reconstrucción que permita la ventilación de la humedad contenida en el muro, evitará fenómenos como la condensación superficial o la acumulación de eflorescencias o subeflorescencias.

Otro de los aspectos a tener en cuenta al reconstruir las pérdidas de un original es la fijación de la reconstrucción, sobre todo si ha de soportar inclemencias ambientales externas como la lluvia.

Objetivos:

A partir de la absorción que presentan las superficies murales impresas, se ha determinado la fijación de la tinta en las superficies murales [Fig.4.66].



Fig.4.66 Esquema donde se destaca la propiedad de impresión estudiada en este apartado.

Gracias al test de absorción, además de obtener cuales son los valores de permeabilidad de las superficies tras ser impresas, se ha comprobado el grado de fijación de la tinta en cada tipo de superficie. Estos datos han permitido:

- Comparar el grado de absorción de los morteros impresos al fresco y al seco.
- Comprobar la diferencia de absorción entre un mortero “convencional” (de cal y arena) pintado al *fresco*, y el mismo tipo de mortero impreso al fresco y al seco (mortero **tipo B**).
- Determinar si imprimir al fresco o al seco influye realmente en la fijación de la tinta.

Procedimiento:

Para las pruebas de absorción se ha utilizado el *kit* de esponjas de contacto de CTS⁹¹ [Fig.4.3].



Fig.4.67 Kit de esponjas de contacto utilizado para medir la absorción y comprobar la fijación.

Se han realizado mediciones en cuatro zonas diferentes de cada mortero impreso y de la técnica pictórica al fresco. Se ha dejado actuar la esponja durante 1 minuto [Fig.4.4].

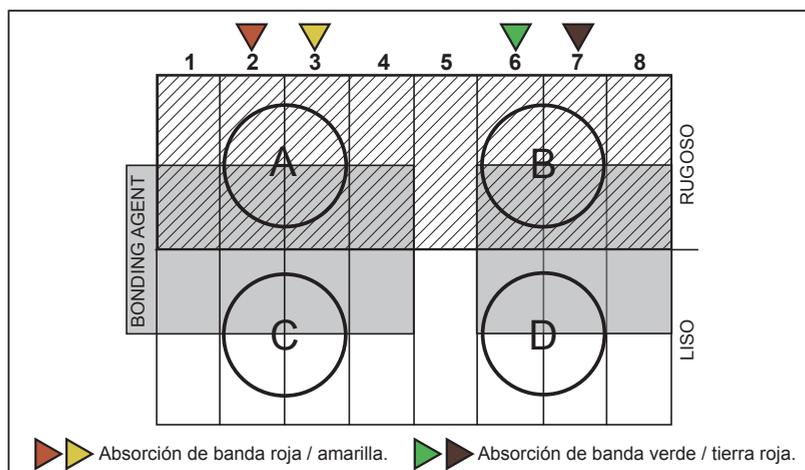


Fig.4.68 Zonas medidas en los morteros impresos y en la técnica del fresco.

Según la ilustración, las áreas medidas han sido:

A 3-4 R, B 6-7 R, C 3-4 L y D 6-7 L.

⁹¹ Ir al Anexo IV para ver las especificaciones técnicas de este *kit* de CTS [Pag.352].

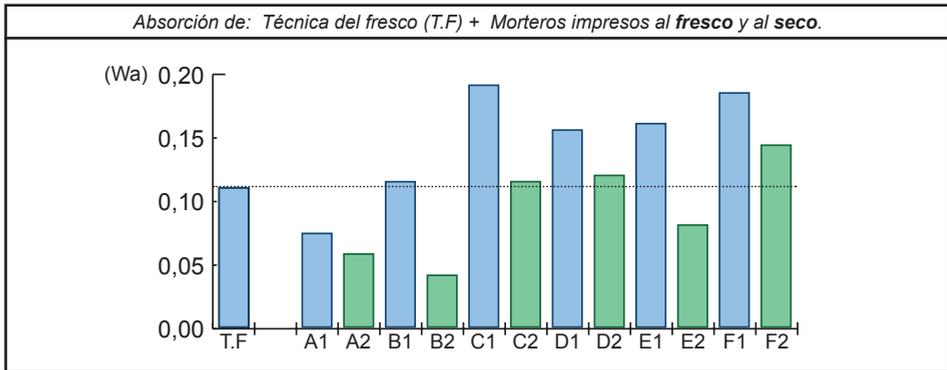
Para el cálculo de la cantidad de agua absorbida se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$W_a = (\text{g/cm}^2 \cdot \text{min}) = (P_i - P_f) / 23,76 \cdot t$$

Todas las probetas han sido medidas tras el mismo periodo de tiempo⁹², independientemente de que hayan sido impresas al fresco o al seco.

Revisión de los datos obtenidos:

A continuación se representan los datos⁹³ de absorción obtenidos:



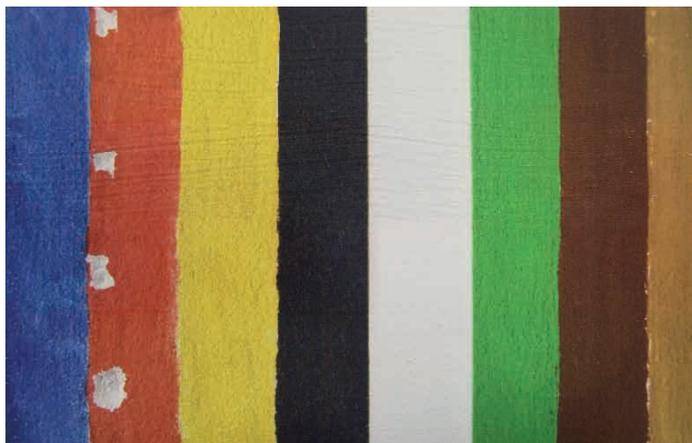
Las páginas siguientes recogen las fotografías que revelan la fijación de la tinta en cada mortero⁹⁴.

⁹² Todas las superficies se han dejado secar **18 días** antes de medirlas para evitar que influya lo siguiente:

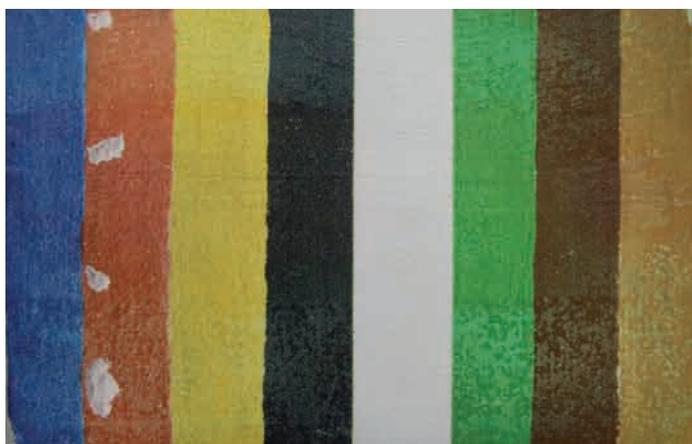
- Durante las primeras semanas tras la carbonatación de un mortero de cal, se produce la estabilización de su pH (pasando de un pH 11 en sus primeros días, a un pH 9) y una modificación de su permeabilidad.
- En el caso de los yesos, a pesar de que la reacción química de fraguado es muy rápida, la humedad interna la conservan durante días.

⁹³ Ver Anexo II donde se recogen todos los datos de absorción utilizados [Pag.330].

⁹⁴ Las círculos decolorados que se aprecian corresponden al área de acción de la esponja. Todas las fotografías fueron tomadas al día siguiente de realizar la prueba.



Mortero A1 - (impreso al fresco)



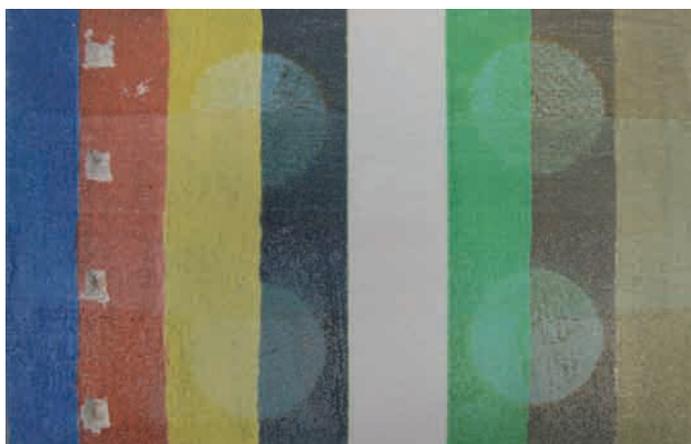
Mortero B1 - (impreso al fresco)



Mortero C1 - (impreso al fresco)



Mortero A2 - (impreso al seco)



Mortero B2 - (impreso al seco)



Mortero C2 - (impreso al seco)



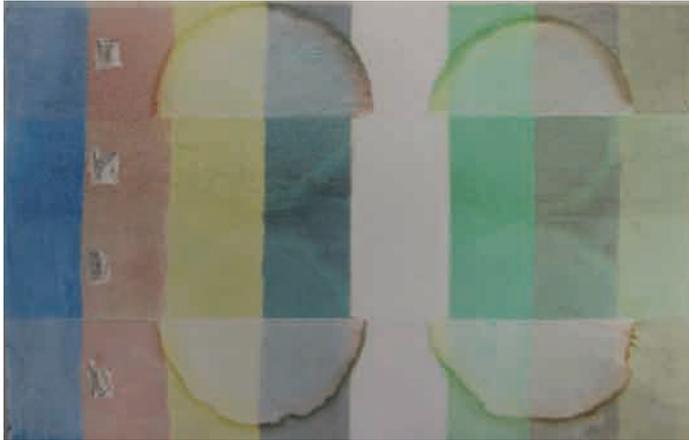
Mortero D1 - (impreso al fresco)



Mortero E1 - (impreso al fresco)



Mortero F1 - (impreso al fresco)



Mortero D2 - (impreso al seco)



Mortero E2 - (impreso al seco)



Mortero F2 - (impreso al seco)

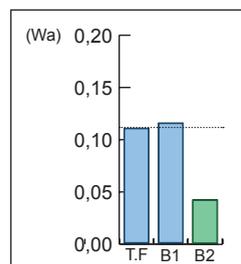
Valoración de los resultados:

Grado de absorción de los morteros impresos al fresco y al seco:

- Según la gráfica de permeabilidad es evidente que las superficies impresas al fresco conservan una permeabilidad mayor que sus versiones al seco.

Diferencias de absorción entre un mortero “convencional” (de cal y arena) pintado al *fresco*, y el mismo tipo de mortero impreso al fresco y al seco (mortero **tipo B**).

- Al comparar las absorciones, se observa que tanto la impresión al fresco (B1) como la técnica pictórica al fresco (T.FRE), permiten que el mortero conserve el mismo nivel de transpiración. Este hecho es muy significativo si además nos fijamos en la gran disminución que se produce en la permeabilidad de este mismo mortero cuando se imprime una vez seco (B2).

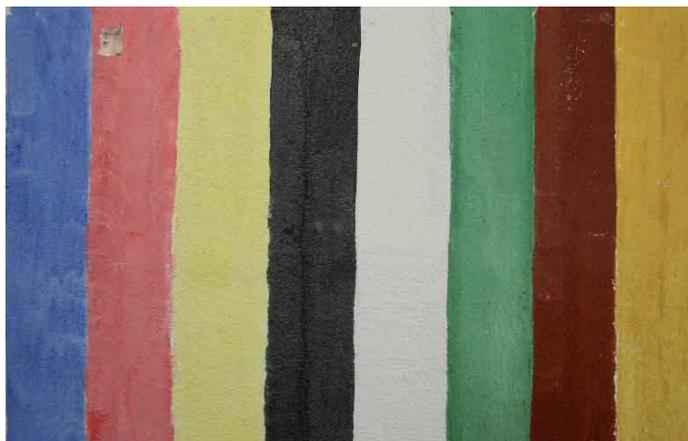


Influencia de imprimir al fresco o al seco en la fijación de la tinta:

- Está claro que se produce una mayor fijación de la tinta cuando se imprime el mortero al fresco.
- Otro aspecto a destacar es el efecto fijativo que tiene el *bonding agent* en las superficies impresas al seco, sobre todo en los yesos (C y D).

Con esta prueba se puede afirmar que la fijación de la tinta depende del tipo de soporte y de la fase de secado en la que se encuentre cuando se imprime.

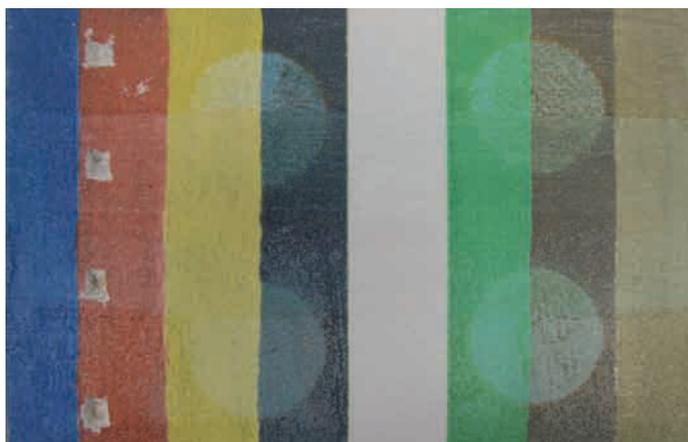
Las siguientes fotografías certifican que el proceso de carbonatación tiene los mismos efectos fijativos en la tinta de impresión que en los pigmentos aplicados manualmente al fresco. En las tres superficies se ha aplicado la esponja húmeda, pero en la única donde se “mueve” el color es en la impresión al seco. Esto revela que al seco perdemos la eficacia de fijación que se consigue con el proceso de carbonatación.



Mortero B - (técnica pictórica del fresco)



Mortero B1 - (impreso al fresco)



Mortero B2 - (impreso al seco)

4.3.6 Propiedades de impresión: Resistencia a la abrasión.

En este apartado, se valora la resistencia a la erosión por frotado en seco de las superficies murales impresas [Fig.4.69].



Fig.4.69 En el esquema se destaca la propiedad de impresión estudiada en este caso.

Objetivos:

Con esta prueba se busca evaluar en función del soporte:

- La densidad de color que ofrecen las impresiones *inkjet* al fresco y al seco.
- La resistencia al desgaste de las técnicas de retoque y de las impresiones al fresco y al seco (todas hechas sobre el mortero tipo B).

Procedimiento:

Para la prueba de abrasión se ha utilizado un abrasímetro lineal⁹⁵ [Fig.4.70].

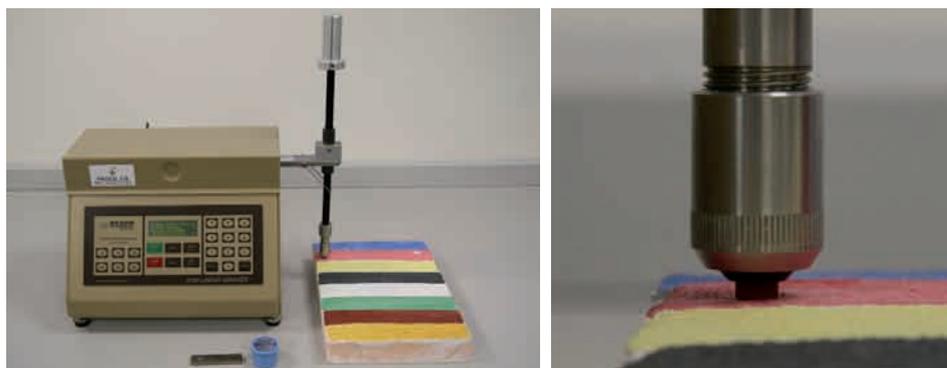


Fig.4.70 Abrasímetro lineal Taber® sobre una de las probetas y detalle de la punta utilizada.

⁹⁵ El abrasímetro utilizado es un Taber® Linear Abraser - Modelo 5750 de Taber® Industries.

El abrasímetro se ha configurado de la siguiente manera⁹⁶:

- Cabezal *Weareser Collet*[®] de 1/4" de diámetro en acero inoxidable y con un peso de 96g.
- Punta de fricción *Weareser Estandar*[®] CS-10F de 1/4" de diámetro de acción abrasiva suave y diseñada para cargas ligeras.
- Peso total del eje "flotante" de 350g (eje más cabezal).
- Longitud de deslizamiento abarcada de 5 cm.
- Velocidad de contacto de 15 ciclos/minuto.
- Duración de la prueba de 5 ciclos.

Revisión de los datos obtenidos:

En cada probeta se han realizado dos test de abrasión. Uno sobre la parte lisa y otro sobre la rugosa. [Fig.4.71]. Los orificios son consecuencia de las extracciones realizadas para las prueba estratigráfica del punto 4.3.4.

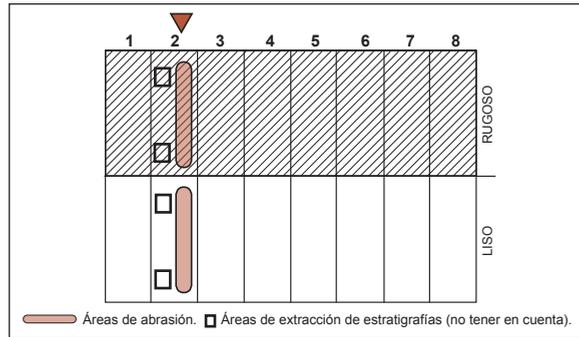


Fig.4.71 Zonas de actuación del abrasímetro.

En las siguientes páginas se muestran las fotografías con luz rasante para acentuar la percepción del desgaste.

⁹⁶ Ir al Anexo IV para ver las especificaciones técnicas del abrasímetro y de los accesorios utilizados [Pag.354].



Fresco



Acuarela



A1



B1



Gouache



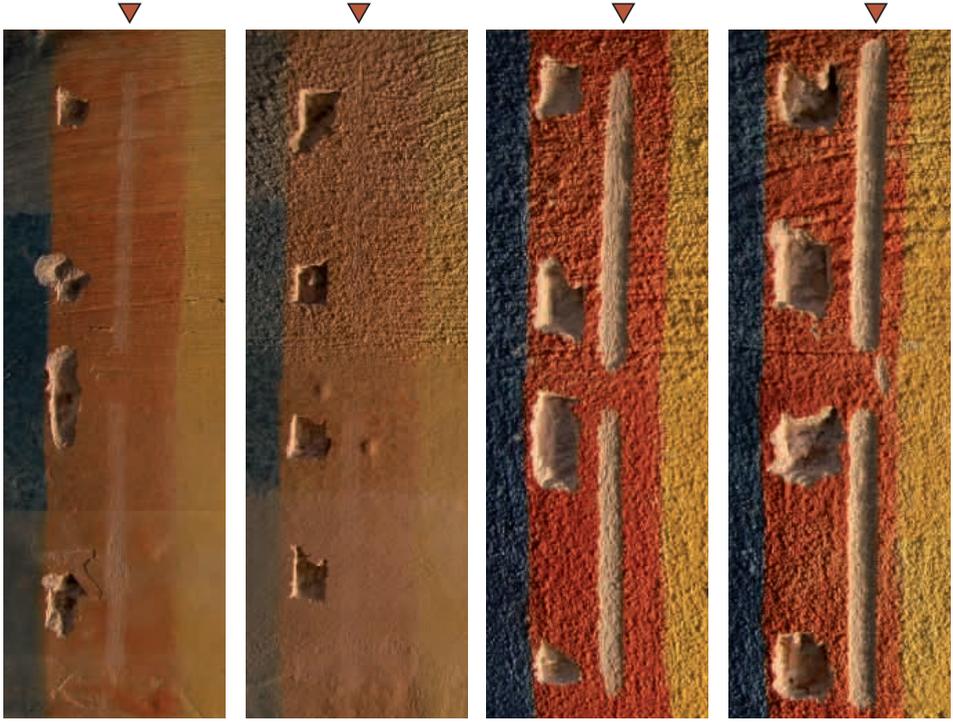
Acrílico



A2



B2



C1

D1

E1

F1



C2

D2

E2

F2

Valoración de los resultados:

Densidad de color que ofrecen las impresiones *inkjet* al fresco y al seco:

- Mientras que en los morteros de cal impresos al seco todavía queda tinta, en los impresos al fresco el rastro desaparece. Esto sucede porque al imprimir sobre el mortero fresco, la tinta se concentra más a nivel superficial, mientras que al seco, penetra en profundidad.
- En los yesos, la diferencia entre el fresco y el seco no es tan marcada como en los morteros de cal.

Resistencia al desgaste de las técnicas de retoque y de las impresiones al fresco y al seco (todas hechas sobre el mortero tipo B):

- En general, todas las técnicas de retoque se han comportado bastante bien al desgaste.
- Si nos centramos en comparar el *fresco* y las impresiones, la impresa al seco es la que más se aproxima a los niveles de penetración alcanzados por la técnica de retoque manual.

Según los resultados, podemos concluir que cuando se imprime una superficie mural al seco, la tinta se concentra más en el interior.

4.3.7 Propiedades de impresión: resistencia a los disolventes.

En este caso se ha evaluado la resistencia química de las impresiones mediante desgaste por frotado [Fig.4.72].



Fig.4.72 En el esquema se destaca la propiedad de impresión estudiada en este caso.

Objetivos:

Los resultados nos han permitido valorar:

- Verificar la resistencia de la tinta a los diferentes disolvente utilizados.
- Comprobar la resistencia a los disolventes de las impresiones al fresco y al seco.

Procedimiento:

Para la prueba de transferencia química se ha utilizado el mismo abrasímetro lineal [Fig.4.73 y Fig.4.74].

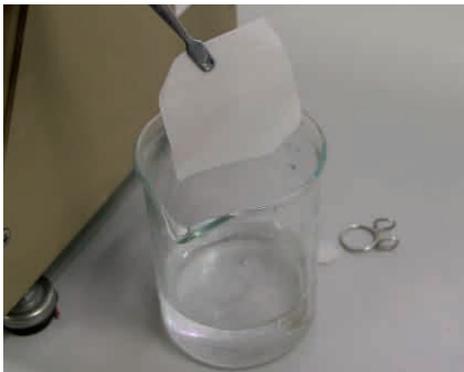


Fig.4.73 Humectación en disolvente.

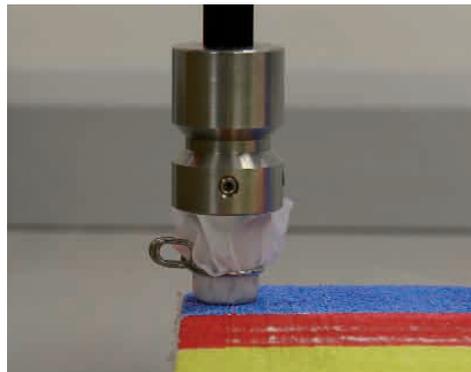


Fig.4.74 Cabezal Crockmeter®

El abrasímetro se ha configurado de la siguiente manera:

- Cabezal *Crockmeter Collet*[®] en acero inoxidable con cilindro de 16mm de diámetro y un peso total de 166g.
- Punta recubierta con *Crocking Cloth Estandar*[®], tela humectada en disolvente para el ensayo de transferencia de color.
- Peso total del eje “flotante” de 420g (eje más cabezal).
- Longitud de deslizamiento abarcada de 3 cm.
- Velocidad de contacto de 15 ciclos/minuto.
- Duración de la prueba de 5 ciclos.

Los disolventes escogidos han sido: agua, acetona y tolueno.

Revisión de los datos obtenidos:

En cada probeta se han realizado tres test de abrasión para comprobar la reacción de la tinta a los diferentes disolventes utilizados entre la parte texturizada y la lisa [Fig.4.75].

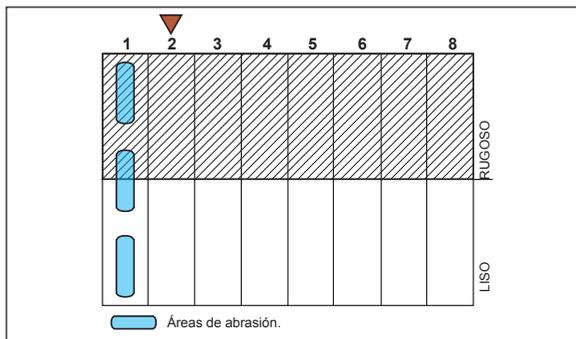
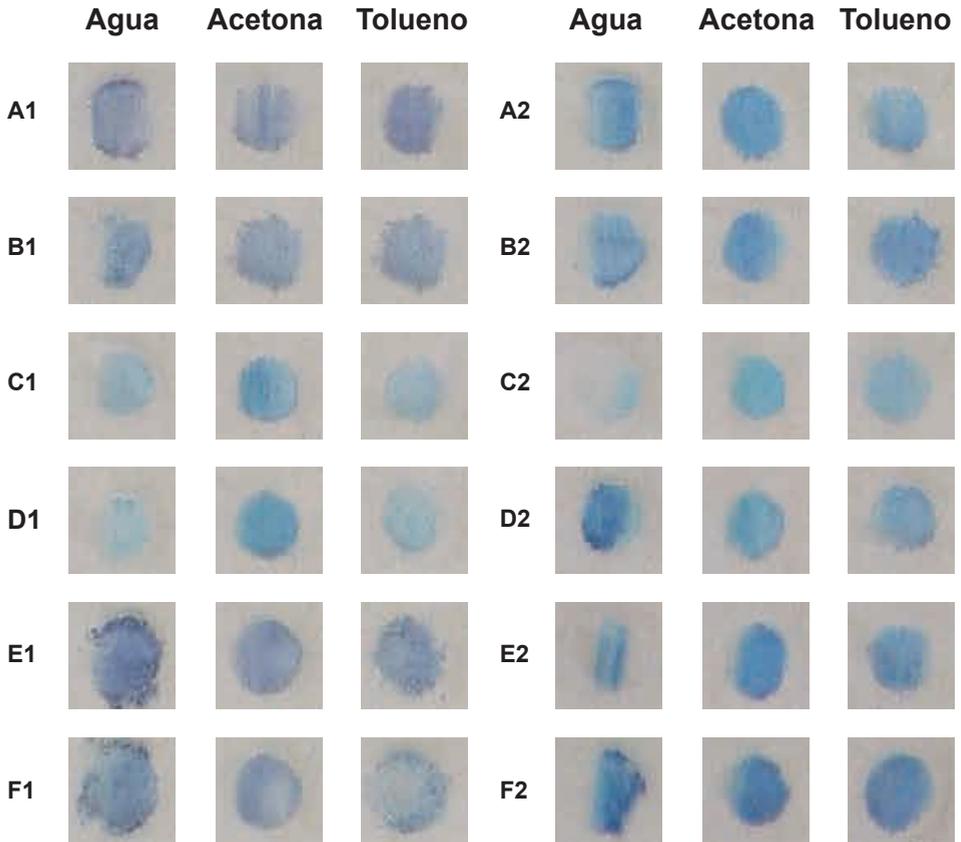


Fig.4.71 Zonas de actuación del abrasímetro.

En la siguiente página se muestran los resultados.



Valoración de los resultados:

Resistencia de la tinta a los diferentes disolvente utilizados:

- Apenas existe diferencia entre unos disolventes y otros, aunque quizás la acetona sea de los tres el que más tinta consiga eliminar junto al agua.
- La transferencia de tinta es menor en los yesos que en los morteros de cal.

Resistencia a los disolventes de las impresiones al fresco y al seco:

- Aunque la diferencia no sea mucha, se aprecia una ligera mayor resistencia en las impresiones al fresco.

Según los resultados, se puede decir que en este caso las tintas son más sensibles a los disolventes polares. Concretamente a los polares próticos (agua) y apróticos (acetona). Además, la resistencia de la tinta a la transferencia química es mayor cuando ha sido impresa sobre la superficie mural al fresco.

4.3.8 Propiedades de impresión: resistencia al envejecimiento.

En esta prueba lo que se evalúa es la diferencia entre la permanencia del color de un mortero impreso al fresco con la de uno impreso al seco tras ser expuestos a la intemperie. [Fig.4.76].



Fig.4.76 En el esquema se destaca las propiedades de impresión estudiadas en este caso.

Objetivos:

Como hemos comprobado en puntos anteriores⁹⁸, la fijación de la tinta es mayor cuando los morteros son impresos antes del proceso de carbonatación. Por eso, el objetivo de esta prueba es:

- Comprobar si imprimir un mortero antes o después de la carbonatación influye en la resistencia de la tinta a la exposición solar.

Procedimiento:

Para la prueba se han escogido las probetas A1 (Impresa al fresco) y A2 (impresa al seco) [Fig.4.77].



Fig.4.77 Probetas expuestas: A1 (mortero impreso al fresco), A2 (mortero impreso al seco).

⁹⁸ Diferencias entre la fijación de la tinta sobre un mortero al fresco y al seco en el punto 4.3.5 [Pag.247].

Las probetas se han expuesto a la intemperie durante un periodo de 78 días de la siguiente forma:

- Localización de la prueba: Barcelona, España. (41.407N, 2.176E).
- Orientación de la superficie de la probeta: Sur.
- Ángulo de inclinación de la probeta: 45°.
- Intervalos de exposición: 78 días divididos en tres intervalos de 26 días cada uno.
- Fechas de exposición⁹⁹:
 - Intervalo 1 (del 17/12/2012 al 11/1/2013).
 - Intervalo 2 (del 12/1/2013 al 6/2/2013).
 - Intervalo 3 (del 7/2/2013 al 4/3/2013).

Revisión de los datos obtenidos:

Para determinar la variación cromática de los colores de cada probeta se ha utilizado un espectrofotómetro i1. Se han realizado cinco mediciones en la zona de referencia inicial (color verdadero) y en cada una de las áreas de exposición (3, 2 y 1 mes).



Fig.4.78 Áreas de medición. Referencia (Ref.), 1 Mes, 2 Meses y 3 Meses de exposición.

En la siguiente gráfica, se muestran los datos obtenidos¹⁰⁰.

⁹⁹ Los datos históricos de exposición correspondientes a estos períodos pueden ser consultados en: AEMET *Agencia Estatal de Meteorología* [Sitio web]. [Consulta: 15 de Enero de 2013]. Disponible en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/radiacion_ozono

¹⁰⁰ El resto de datos se pueden consultar en el Anexo II. [Pag.331].

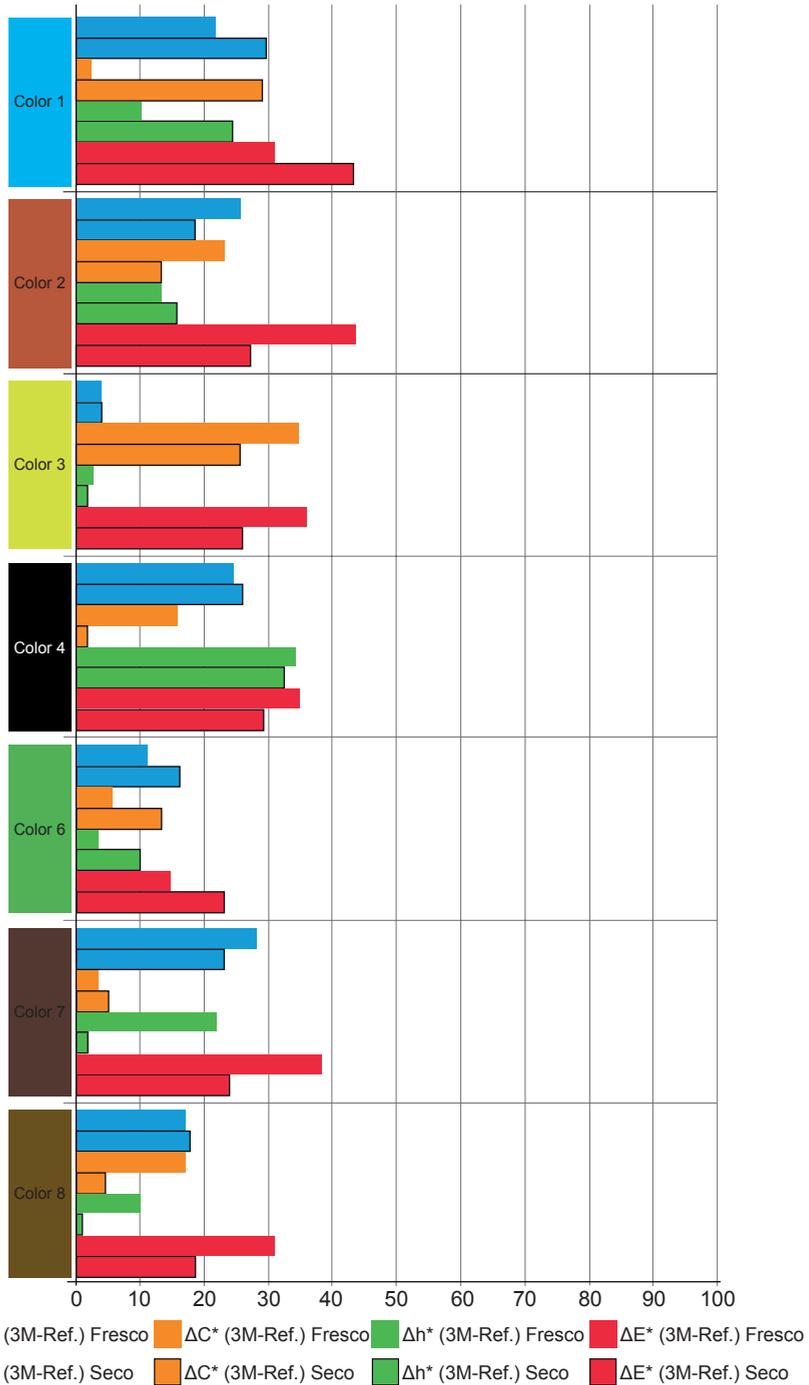


Fig.4.79 En esta grafica se representan agrupados por color, los Incrementos LCh y E de la probeta impresa al fresco y de la impresa al seco tras 3 meses de exposición.

Valoración de los resultados:

Comprobar si imprimir un mortero antes o después de la carbonatación influye en la resistencia de la tinta a la exposición solar.

- En líneas generales (según los valores de ΔE^*), se observa que la impresión al fresco sufre una variación de color mayor que al seco.

La explicación a esto la encontramos en las pruebas de penetración. En el fresco la tinta es retenida en superficie, mientras que en el seco penetra completamente hacia el interior del mortero.

4.3.9 Análisis de los resultados obtenidos.

En este punto se recogen, a modo de resumen, los resultados de todas las pruebas realizadas en el apartado 4.3.

4.3.1 Caracterización de los soportes impresos: La blancura.

- La blancura de los soportes murales está al mismo nivel de “pureza” que los *medias* específicos de impresión.

4.3.2 Compatibilidad estética de las superficies impresas: El brillo.

- La reconstrucción impresa con tintas de base agua no modifica el brillo del mortero, conservando el mismo aspecto mate que un *fresco*.

4.3.3 Propiedades de impresión: Microscopía superficial.

- La definición de la imagen impresa sobre morteros de cal y arena, es tan buena como la que se obtiene sobre *medias* específicos del tipo *recubierto* o *canvas*. Estos niveles de definición, se consiguen sobre todo cuando la superficie mural se imprime al fresco (antes de que carbonate la cal).

4.3.4 Propiedades de impresión: Microscopía estratigráfica.

- La penetración de la tinta en las superficies murales alcanza niveles parecidos a los de un *fresco*. No obstante, la penetración de la tinta en una superficie mural impresa al fresco, es menor que cuando se imprime completamente seca.

4.3.5 Propiedades de impresión: Grado de absorción.

- Con esta prueba hemos verificado que el proceso de carbonatación de la cal, tiene los mismos efectos fijativos en la tinta impresa que en los pigmentos aplicados manualmente durante la elaboración de un *fresco*.

4.3.6 Propiedades de impresión: Resistencia a la abrasión.

- La tinta se desprende antes en una superficie mural impresa al fresco que al seco. Esto sucede, porque como hemos comprobado en el apartado 4.3.5, la concentración de tinta a niveles superficiales es mayor cuando imprimimos al fresco.

4.3.7 Propiedades de impresión: Resistencia a los disolventes.

- La tinta es más sensible a los disolventes polares. Concretamente a los próticos (agua) y apróticos (acetona). Además la resistencia de la tinta a los disolventes, es mayor cuando es impresa sobre la superficie mural al fresco.

4.3.8 Propiedades de impresión: Resistencia al envejecimiento.

- La resistencia del color a la degradación por exposición solar directa es menor cuanto más concentrada esté la tinta en superficie.

Según los resultados obtenidos, podemos afirmar que:

- Los morteros son superficies aptas para la recepción de tinta.
- La tinta no modifica las características mates de la superficie mural.
- La compatibilidad estética de una reconstrucción impresa con un *fresco*, es la misma que la ofrecida por técnicas de retoque manual como la acuarela.
- El nivel de definición de las gotas de tinta, sobre un mortero, se acerca bastante al de algunos *medias* específicos.
- Imprimir una superficie mural antes del proceso de carbonatación o fraguado, mejora substancialmente la definición de la imagen, la intensidad de color y la fijación de la tinta.
- Las morteros de cal, son más aptos como superficies de impresión que los yesos.
- Cuando se imprime un mortero fresco, la tinta se concentra superficialmente, mientras que si está seco, la difusión a niveles internos es mayor.
- Según lo anterior, ante una erosión, una superficie mural impresa muestra antes falta de coloración al fresco que al seco.
- Habiendo comprobado que la fijación de la tinta es mayor si está presente durante el proceso de carbonatación, no es de extrañar que los disolventes polares afecten sobre todo a la impresión hecha sobre el mortero seco.
- La resistencia de una impresión a la intemperie, es menor cuanto más concentrada esté la tinta en la superficie.

5.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo haremos un breve recorrido por los diferentes apartados que componen esta tesis, destacando los aspectos más interesantes de cada uno de ellos. Al mismo tiempo, dada la complejidad técnica y novedosa de la aplicación propuesta, expresaremos las limitaciones que se nos han presentado a lo largo de esta investigación.

Para terminar, expondremos algunas soluciones, que junto al trabajo realizado, podrían servir como ideas predecesoras para el desarrollo de una futura aplicación.

- ***Introducción. Antecedentes:***

Las nuevas tecnologías no han pasado desapercibidas para la disciplina de la conservación y la restauración. La reintegración es una de las fases donde la utilización de herramientas informáticas comienza a dar sus frutos.

Actualmente ya existen ejemplos donde se han puesto en práctica el uso de este tipo de recursos, permitiendo, a través de plataformas digitales, realizar tareas previas de digitalización, análisis y tratamiento de testimonios arruinados o perdidos. Llegados a este punto, una de las formas posibles de dar vida a estas realidades virtuales, son las impresoras. Estos dispositivos permiten reproducir objetivamente la forma y el color sin introducir interpretaciones.

A día de hoy, el trabajo está centrado en cómo llevar la imagen reproducida de la impresora a la obra original. Las soluciones encontradas han permitido solventar de manera bastante airosa las limitaciones que nos ofrecen los actuales sistemas de impresión. A pesar de los grandes avances hechos en este aspecto, somos conscientes de que todavía se puede llegar a optimizar y simplificar aun más el proceso de representación.

- ***Capítulo 1. Los sistemas de impresión inkjet:***

Además de haber invadido nuestros hogares, ésta tecnología está consiguiendo poco a poco introducirse en ámbitos productivos e industriales. Su gran versatilidad permite satisfacer la demanda constante de nuevas aplicaciones. Este hecho fomenta su constante evolución, consiguiendo su implantación en campos donde antes no había sido utilizada.

El secreto de su éxito no solo reside en la variedad de tintas utilizadas y superficies sobre las que puede imprimir. La faceta más interesante a destacar de esta tecnología, es la forma en la que deposita la tinta. Al no tener la necesidad de contactar la superficie a imprimir, le permite reproducir imágenes casi sobre cualquier tipo de soporte. Si pensamos en cómo transferir la imagen digital de la impresora a la obra real, esta característica la convierte en la candidata ideal para poder hacerlo de forma directa y sin alterar la integridad de la superficie original.

A pesar de la infinidad de aplicaciones que se encuentran en el mercado, no existe ninguna que haya sido desarrollada atendiendo a las exigencias específicas que requiere la restauración. Por eso, ante las posibilidades de adaptación que ofrecen las impresoras *inkjet*, creemos que no sería descabellado plantearse ajustar uno de estos dispositivos a tareas de reintegración pictórica.

- **Capítulo 2.** *Diseño y fabricación de prototipos inkjet para la impresión directa de superficies murales:*

Con la intención de conocer un poco mejor estos dispositivos y su capacidad de adaptación, se decidió que la mejor forma de hacerlo era experimentando directamente con ellos. Con esta primera toma de contacto, lo que se buscaba era conseguir de forma económica y sencilla un primer prototipo que permitiera comprobar de primera mano la viabilidad de la propuesta lanzada por esta tesis.

Este primer objetivo lo logramos a través de la modificación de pequeñas impresoras que, aunque obsoletas, nos permitieron desarrollar las soluciones de adaptación presentadas en el capítulo 3 y realizar todas las pruebas del capítulo 4.

- **Capítulo 3.** *Soluciones inkjet robotizadas para la reconstrucción directa de pintura mural:*

Tras las primeras experiencias de adaptación realizadas y gracias a la colaboración de miembros del laboratorio de Robótica y Mecatrónica de la Universidad de *Cassino (LARM)*, desarrollamos dos soluciones de adaptación robotizadas. Una de ellas destinada a la impresión de paredes y la otra a la de bóvedas. Aunque el diseño de ambas soluciones pueda parecer sencillo, cumplen sobradamente el propósito de ilustrar la esencia del concepto.

- **Capítulo 4. Primeras experiencias con la impresión directa inkjet sobre superficies murales:**

A diferencia de los procesos de reconstrucción manual, donde el restaurador es el encargado de ajustar el color de su intervención con el del original, en la reproducción digital es la *Administración del color* la que permite mantener la realidad cromática de principio a fin. Este proceso incluye el control del color desde el momento en el que se digitaliza una referencia con una cámara o escáner, hasta que sale por la impresora. Esto que parece algo sencillo, a día de hoy todavía representa un obstáculo incluso para el usuario más experimentado.

Una de las ventajas de utilizar de forma directa la impresión, es que nos permite caracterizar la superficie de la obra a reconstruir. Gracias al prototipo de impresión directa fabricado, hemos podido demostrar que es posible “perfilar” superficies murales de la misma forma que lo haríamos para un *media* específico. Es decir, podemos obtener sobre un muro, la equivalencia de color esperada entre la reproducción impresa y el original.

Para terminar de verificar la compatibilidad de las superficies murales con la tecnología *inkjet*, se han impreso con el prototipo una selección de morteros. Los resultados obtenidos nos confirman de nuevo que este tipo de soportes son perfectamente válidos para la obtención de reconstrucciones de calidad.

- **Sugerencias. Posibles soluciones para el futuro:**

A modo de reflexión final presentamos una serie de sugerencias e ideas conceptuales que podrían servir, junto a la investigación realizada en esta tesis, para ayudar a desarrollar e implantar una futura aplicación optimizada en el campo de la restauración. Un dispositivo que permitiera reproducir la reconstrucción sobre cualquier tipología superficial.

La primera sugerencia está basada en las actuales impresoras manuales denominadas comercialmente *handheld printers*. Por lo general son utilizadas en el etiquetado industrial, pero suelen ser monocromáticas y no están pensadas para reproducir imágenes de calidad. Por otro lado, merece la pena destacar las impresoras manuales *PrintBrush™* de la empresa *PrintDreams™* [Fig.5.1]. Estas soluciones podrían ser utilizadas para la reconstrucción de pequeñas lagunas a modo de pincel digital.

Las ventajas de un dispositivo como el que se presenta a continuación serían entre otras la gran portabilidad que ofrecería al restaurador [Fig.5.1].



Fig.5.1 La impresora PrintBrush™ 4X6 de PrintDreams™ 4 genera la imagen deslizando la manualmente por la superficie.

La siguiente sugerencia se basa en la versatilidad y autonomía ofrecida por los sistemas robotizados.

En la actualidad los brazos robotizados son utilizados a nivel industrial para un sinnúmero de actividades de producción. Dentro de las cadenas de montaje, realizan desde acciones sencillas como la manipulación de piezas [Fig.5.2], hasta las más complejas y precisas como soldadura [Fig.5.3] o pintura [Fig.5.4].

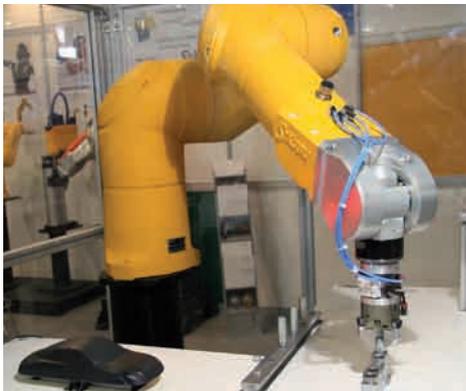


Fig.5.2 Robot manipulador.



Fig.5.3 Robot soldador.

¹⁰¹ Extraído de: PrintDreams™. [Sitio web]. [Consulta: 15 de Octubre de 2012]. Disponible en: <http://www.printdreams.com/>



Fig.5.4 Robot pintor.

Teniendo en cuenta la versatilidad y precisión que ofrecen estos dispositivos, no sería descabellado plantearse desarrollar un “brazo articulado” dirigido a la reconstrucción directa de pinturas murales. Para convertir uno de estos brazos en un robot capaz de imprimir sobre estas superficies, bastaría con instalarle un sistema de alimentación e inyección de tinta y desarrollar el *software* que simulara los mismos movimientos de desplazamiento lateral y de avance de una impresora. Obviamente sus características técnicas y su manipulabilidad, tendrían que adaptarse al campo de la restauración. Esto incluye tanto al restaurador como al espacio y a la obra a intervenir.

CONCLUSIONES

- La tecnología de impresión se ha convertido en una herramienta más en los procesos de reintegración. El éxito de estos sistemas se debe a su capacidad de reproducir objetivamente reconstrucciones hechas a partir de referencias históricas y actuales digitalizadas.
- Los procedimientos utilizados hasta ahora para transferir la imagen digital de la impresora al original, presentan ciertas limitaciones. Estos problemas son superados con la impresión directa al conseguir:
 - Simplificar el proceso de reproducción.
 - Sistematizar, planificar y mejorar el encaje de la reconstrucción con el original.
 - Mejorar fases previas como la *Administración del color*.
 - Controlar la cantidad de tinta inyectada sobre la superficie.
 - Reducir costes al evitar la utilización de soportes intermedios o permanentes.
- Hoy en día los sistemas de impresión *inkjet* permiten imprimir casi sobre cualquier tipo de superficie. Existen numerosos ejemplos de adaptación en el mercado que nos lo confirman. No obstante, aunque actualmente no exista un dispositivo adaptado estrictamente a tareas de restauración, dada la versatilidad de esta tecnología, es perfectamente viable desarrollar uno ajustado a las exigencias específicas de esta disciplina.
- La fabricación de prototipos a partir de impresoras comerciales nos ha permitido comprobar y experimentar de primera mano, que la adaptación de estos dispositivos a tareas de reintegración directa de pérdidas pictóricas es perfectamente posible.
- A través del diseño y simulación virtual de diferentes prototipos, hemos comprobado que la robotización permite ajustar de forma precisa y completamente autónoma los sistema de impresión *inkjet* al campo de la restauración.
- Gracias al prototipo de impresión directa fabricado, hemos verificado que es posible realizar directamente sobre la superficie de la obra, los procesos necesarios para conseguir que el color de lo reproducido concuerde con el del original. Esto supone una gran ventaja, al reducir la subjetividad que supone ajustar manualmente el color en los espacios digitales.

- Gracias al mismo prototipo de impresión directa fabricado para esta tesis, podemos afirmar que la tecnología de impresión *inkjet* es totalmente compatible con la reconstrucción de pinturas murales. Esta conclusión se extrae de los siguientes resultados, obtenidos durante la experimentación hecha con esta impresora sobre diferentes morteros impresos al fresco y al seco:
 - La superficie mural impresa conserva el mismo aspecto mate.
 - Sobre los morteros de cal se obtiene una definición de imagen muy aceptable. No sucede lo mismo sobre los yesos.
 - Respecto a la definición de imagen, se aprecia una mejora sustancial cuando la superficie mural se imprime antes de carbonatar. En los yesos, no hay mucha diferencia entre imprimirlos antes o después de su fraguado.
 - La aplicación de reguladores de absorción, tipo *Bonding Agent*[®], mejora la definición de la imagen. Este efecto se nota más en los morteros de cal impresos al seco que al fresco. En los yesos, la mejora es evidente tanto si son impresos antes como después del fraguado.
 - La penetración de la tinta en los morteros de cal es menor que en los yesos. Gracias a esto, la intensidad de color es mucho mayor en las cales que en los yesos, sobre todo cuando son impresas al fresco.
 - El proceso de carbonatación favorece substancialmente la fijación de la tinta.
 - El proceso de fraguado (del yeso) apenas influye en la fijación de la tinta
 - La aplicación de sustancias con una cierta capacidad fijadora en los *medias* de impresión, como el *Bonding Agent*[®], también favorecen la fijación de la tinta en los morteros de cal impresos al seco. En los yesos, la presencia de esta sustancia también mejora algo la fijación.
 - La impresión al seco se comporta mejor que el fresco ante procesos de degradación superficial. Esto se debe a que la penetración de la tinta es mayor en estos casos.
 - En los procesos de envejecimiento, la resistencia de la tinta es menor cuanto más concentrada esté en superficie.

CONCLUSIONI

- La tecnologia della stampa è diventata un nuovo strumento nei processi di reintegrazione. Il successo di questi sistemi si deve alla loro capacità di riprodurre obiettivamente ricostruzioni fatte a partire da riferimenti storici e attuali digitalizzati.
- I procedimenti utilizzati fino ad ora per trasferire l'immagine dalla stampante all'originale presentano certi limiti. Questi problemi vengono superati con la stampa diretta, poiché grazie ad essa è possibile:
 - Semplificare il processo di riproduzione.
 - Sistematizzare, pianificare e migliorare l'operazione di far combaciare la ricostruzione con l'originale.
 - Migliorare fasi previe come l'Amministrazione del colore.
 - Controllare la quantità d'inchiostro iniettata sulla superficie.
 - Ridurre i costi rendendo superfluo l'uso di supporti intermedi temporanei o permanenti.
- Oggi giorno i sistemi di stampa inkjet consentono di stampare su quasi tutti i tipi di superfici, come è dimostrato dai vari tipi di stampanti adattate presenti sul mercato. Sebbene non esista attualmente un dispositivo specificamente ottimizzato ai lavori di restauro, data la versatilità di questa tecnologia è perfettamente fattibile svilupparne uno adattato alle esigenze di questa disciplina.
- Fabbricare prototipi partendo da stampanti commerciali ci ha permesso di valutare e di dimostrare sul campo che l'adattamento di questi dispositivi a lavori di reintegrazione diretta di perdite pittoriche è perfettamente possibile.
- Attraverso il disegno e la simulazione virtuale di differenti prototipi abbiamo comprovato che la robotizzazione permette di adattare in modo preciso e completamente autonomo i sistemi di stampa *inkjet* al campo del restauro.
- Grazie al prototipo di stampa diretta costruito, abbiamo verificato che è possibile realizzare direttamente sulla superficie dell'opera i processi necessari per ottenere che il colore della riproduzione corrisponda a quello dell'originale. Ciò suppone un grande vantaggio poiché riduce la soggettività che suppone il graduare a mano il colore in spazi digitali.

- Grazie allo stesso prototipo di stampa diretta costruito per questa tesi, possiamo affermare che la tecnologia di stampa *inkjet* è totalmente compatibile con la ricostruzione di pitture murali. Questa conclusione si evince dai seguenti risultati, ottenuti nel corso della sperimentazione fatta con questa stampante su differenti intonaci stampati al buon fresco e a secco:
 - La superficie murale stampata conserva lo stesso aspetto mate.
 - Su intonaci di calce si ottiene una definizione dell'immagine pienamente accettabile. Non succede lo stesso su gesso.
 - Rispetto alla definizione dell'immagine, si apprezza un miglioramento sostanziale quando la superficie murale viene stampata prima della carbonatazione. Sui gessi, non c'è grossa differenza tra stamparli prima o dopo che abbiano essiccato.
 - L'applicazione di regolatori di assorbimento, tipo *Bonding Agent*[®], migliora la definizione dell'immagine. Tale effetto si nota maggiormente sugli intonaci di calce stampati al secco piuttosto che su quelli al buon fresco. Sui gessi, il miglioramento è evidente sia prima che dopo la essiccazione.
 - La penetrazione dell'inchiostro negli intonaci di calce è minore che in quelli di gesso. Grazie a ciò, l'intensità del colore è maggiore nelle calce che nei gessi, soprattutto quando vengono stampate al buon fresco.
 - Il processo di carbonatazione favorisce in modo sostanziale la fissazione dell'inchiostro.
 - Il processo di presa (del gesso) influisce appena nella fissazione dell'inchiostro.
 - L'applicazione di sostanze con una certa capacità fissatrice nei *medias* di stampa, come il *Bonding Agent*[®], favorisce anch'essa la fissazione dell'inchiostro negli intonaci di calce stampati a secco. Anche nei gessi la presenza di questa sostanza migliora un po' la fissazione.
 - La stampa a secco si comporta meglio che al buon fresco in caso di processi di degradazione superficiale. Ciò si deve al fatto che la penetrazione dell'inchiostro è maggiore in questi casi.
 - Nei processi di invecchiamento la resistenza dell'inchiostro è minore quanto più esso è concentrato in superficie.

BIBLIOGRAFÍA

A

AAVV. "Colour Printer, Fuji Xerox Phaser 8400 Solid Ink Printer" Revista *HWM*. Singapore: SPH Magazines Pte Ltd, Diciembre 2004. pp. 74-75. ISSN: 0219-5607.

AAVV. *Real Basílica de la Virgen de los Desamparados de Valencia. Restauración de los fondos pictóricos y escultóricos 1998-2001*. Valencia: Fundación para la Restauración de la Basílica de la Virgen de los Desamparados, 2001. 259 p. ISBN: 84-607-3486-2.

AAVV. *Sant Frances de Borja, esplendor. Restauració de les pintures murals de la Galeria Daurada del Palau Ducal de Gandía, V centenari*. Gandía: Ayuntamiento de Gandía, 2011. 107 p. ISBN: 978-8493622-9-9.

AAVV. "Solución propuesta para la exposición de los fragmentos conservados en la bóveda de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia". En: *16th International Meeting on Heritage Conservation. Vol. 3*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006, pp. 1699-1710.

AAVV. "Virtual Reintegration of Renaissance Mural Paintings". Revista *e-conservation*, 2010. N° 15, pp. 13-14.

ALEJANDRE SANCHEZ, Francisco Javier. *Historia, caracterización y restauración de morteros*. Sevilla: Univ. de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción, 2002. 152 p. ISBN: 84-472-0773-0.

ANGULO USATEGUI, José María; ROMERO YESA, Susana; ANGULO MARTÍNEZ, Ignacio. *Introducción a la robótica. Principios teóricos, construcción y programación de un robot educativo*. Madrid, España: Thomson, 2006. 426 p. ISBN: 84-9732-386-6.

ARQUILLO TORRES, Francisco. "El conocimiento de las posibilidades de recuperación de una obra de arte no debería ser exclusivo del especialista". En: *Preprints of the XVII International Meeting on Heritage Conservation*. Castellón: Fundación de la Comunidad Valenciana La Llum de les Imatges. Consellería de Cultura i Esport. Generalitat Valenciana, 2008, pp. 373-378.

B

BAE, JiHyun. *Color in Ink-jet Printing: Influence of Structural and Optical Characteristics of Textiles*. North Carolina State University: ProQuest. 2007. 190 p. ISBN: 0549551433.

BALDINI, Umberto. *Teoría de la restauración y unidad metodológica: Vol. 1*. Madrid: Nerea. S.A., 1997. 185 p. ISBN: 84-89569-09-6.

BASILE, Giuseppe. *Restauri in San Francesco ad Assisi. Il cantiere dell'utopia*. Perugia: Quattroemme, 2007. 380 p. ISBN: 8889398361.

BEKEY, George A. *Autonomous Robots: From Biological Inspiration To Implementation And Control*. London: MIT Press, 2005. 577 p. ISBN: 0-262-02578-7.

BERASATEGUI BERASATEGUI, Delfina; GIBERT ARMENGOL Vicenç. *Revoques y estucados: teoría y práctica*. Barcelona: Univ. Politèc. de Catalunya, 1999. 136 p. ISBN: 8483012847.

BLAZINCIC, Mitja; CLARKE, Andrew. "Physics of Ink-jet Printing". En: *Univerza v Ljubljani FMF Seminar*. Ljubljana: Faculty of Mathematics and Physics, University of Ljubljana, 2009, pp. 1-10.

BOSCH REIG, Ignacio; BALLESTER BORDES, María José; PEREPÉREZ VENTURA, Bernardo; BARBERÁ ORTEGA, Emilio. "Técnicas no-destructivas en la consolidación estructural. El caso de la basílica de Valencia.". Revista ARCHÉ (publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV). Editorial: Universidad Politécnica de Valencia, 2006. Nº 1, pp. 199-210.

BRANDI, Cesare. *Teoría de la restauración*. Madrid: Alianza Forma, 1999. 149 p. ISBN: 84-206-7939-9.

BRUCE GOLDSTEIN, E. *Sensación y percepción*. México: Thomson corporation, 2005. 684 p. ISBN: 9706864865.

BRÜNAHL, Jürgen. "Physics of Piezoelectric Shear Mode Inkjet Actuators". Royal Institute of Technology Condensed Matter Physics, Tesis Doctoral. Stockholm, 2003. 97 p. ISBN: 91-628-5675-8.

C

CECCARELLI, Marco. "Problems and issues for service robots in new applications". En: *International Journal of Social Robotics*. Netherlands: Springer, 2011. Volume 3, Issue 3, pp. 299-312. DOI: 10.1007/s12369-011-0097-8.

CECCARELLI, Marco. *Fundamentals of Mechanics of Robotic Manipulation*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2004. 312 p. ISBN: 1-4020-1810-X.

CECCARELLI, Marco; BLANCO-MORENO, Francisco; CARBONE Giuseppe; CIGOLA, Michela; ROIG, Pilar; REGIDOR, José Luis. "Solución Robotizada Para Restauración de Pinturas Murales". En: *CIPHI2010, V Congreso Internacional de Patrimonio e Historia de la Ingeniería*, Las Palmas, 2010.

CECCARELLI, Marco; BLANCO-MORENO, Francisco; ROIG, Pilar; REGIDOR, José Luis; CIGOLA, Michela. "A robotic solution for restoration of fresco paintings". En: *Studies in Conservation*, 2013. (*under review*).

CECCARELLI, Marco; CIGOLA, Michela. "Service robots for restoration of goods of cultural heritage in Service Robots and Robotics: Design and Application". Pennsylvania (USA): IGI Global Hershey, 2012, pp. 213-228. ISBN 978-1-4666-0291-5 (hardcover), ISBN 978-1-4666-0292-2 (ebook), DOI: 10.4018/978-1-4666-0291-5.ch012.

CECCARELLI, Marco; CIGOLA, Michela; OTTAVIANO, E; GALLOZZI, A; CARBONE, G; PELLICCIO, A. "A study of Feasibility of Using Robots in Architecture Analysis and Survey of a Historical Pavement". En: *11th International Workshop on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region*. Budapest: Budapest Polytechnic. Balatonfüred, Hungary, 2002, pp.113-118.

COLLADO MONTERO, Francisco José; LÓPEZ CRUZ, Olimpia; GARCÍA ORTEGA, M^a Angélica; MEDINA FLOREZ, Victor Jesús. "Estudio y conservación de los fragmentos de pintura mural y revoco descubiertos en la casa morisca de placeta de los castillas, 5 (Albaicín, Granada)". En: *IV Congreso del GEIC*. Cáceres, 25, 26 y 27 de noviembre de 2009

D

DELHOM SOLAZ, Sarai; REGIDOR ROS, José Luis. "Estabilidad de tintas Vivera/UV transferidas a superficies murales para reintegraciones pictóricas". En: *17th International Meeting on Heritage Conservation*. Castellón, Vila-real, Burriana: Ediciones Fundació la llum de les imatges, 2008, pp. 129-133.

DICARLO, J.M.; SAMPAT, N.; BHACHECH, M.; MCGUIRE, M; DISPOTO, G. "Building a fine art reproduction system from standard hardware" En: *Sensors and Camera Systems for Scientific, Industrial, and Digital Photography Applications V*. Editor por: Blouke, Morley M.; Sampat, Nitin; Motta, Ricardo J. Proceedings of the SPIE, Volume 5301, 2004, pp. 383-392.

DRIEGUEZ GARCÍA, Xavier. *Ink Jet Handbook: El Libro de la Inyección de Tinta*. Barcelona: Epson Ibérica, S.A., 1993. 140 p. ISBN: 84-7747-084-7.

F

FANCELLI, Paolo. "La actual dimensión estética de la Restauración ". En: *IV Congreso del GEIIC La Restauración en el S.XIX. Función, Estética e Imagen*. Cáceres: Universidad de Extremadura, 2009, pp. 229-239.

FISHBECK, K. H.; WRIGHT, A. T. (1986). *Shear mode transducer for drop-on-demand liquid ejector*. (US Patent 4,584,590).

FRASER, Bruce; MURPHY, Chris; BUNTING, Fred. *Uso y administración del color*. Madrid: ANAYA Multimedia, 2003. 496 p. ISBN 978-84-415-1572-7.

G

GARBERO, Mirko; VANNI, Marco; BALDI, Giancarlo. "CFD modelling of impact and spreading of droplets on a smooth surface". En: *18th Annual Conference on Liquid Atomization & Spray Systems*. Zaragoza: ILASS-Europe (Institute for Liquid Atomization and Spray System) and The Laboratory for Research in Combustion Technology (LITEC), 2002, pp. 123-128.

GIANNINI, Cristina; ROANI Roberta; LANTERNA Giancarlo; PICOLLO Marcello; VIÑAS Ariadna. *Diccionario de restauración y diagnóstico*. Donostia, San Sebastián: Nerea, 2008. 224 p. ISBN: 8496431010 9788496431010.

H

HOLIK, Herbert. *Handbook of Paper and Board*. Ravensburg, Germany: John Wiley & Sons, 2006. 505 p. ISBN: 3-527-30997-7.

HOWKINS, S. D. (1984). *Inkjet method and apparatus*. (US Patent 4,459,601).

HUE P., Le. "Progress and Trends in Ink-jet Printing Technology". Paper: *Journal of Imaging Science and Technology*. Editorial: IS&T The Society for Imaging Science and Technology, 1998. Vol. 42, pp.49-62.

HUTCHINGS, Ian M.; GRAHAM, Martin. *Inkjet Technology for Digital Fabrication*. Chichester, West Sussex, United Kingdom: Jhon Wiley & Sons Ltd, 2013. 390 p. ISBN: 978-0-470-68198-5.

J

JÜRGENS, Martin C. *The digital print: identification and preservation*. Los Angeles, The Getty Conservation Institute: Getty Publications, 2009. 304 p. ISBN: 978-0-89236-960-7.

K

KAPPEL, Ch.; HIRN, U.; DONOSER, M.; BAUER, W. "Measurement of printing ink penetration in uncoated papers and its influence on print quality". En: *94th Annual Meeting, Pulp and Paper Technical Association of Canada*. Canada: PAPTAC - Pulp and Paper Technical Association of Canada, 2008, pp. 539-542.

KIPPHAN, Helmut. *Handbook of print media: technologies and production methods*. Germany: Helmut Kipphan, 2001. ISBN: 3-540-67326-1.

KORVINK, Jan G.; SMITH, Patrick J.; SHIN, Dong-Youn. *Inkjet-based Micromanufacturing*. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2012. 371 p. ISBN: 978-3-527-31904-6.

KYSER, E. L.; SEARS, S. B. (1976). *Method and apparatus for recording with writing fluids and drop projection means therefore*. (US Patent 3,946,398).

L

LEACH, Robert. H. *The Printing Ink Manual*. The Netherlands: Springer, 1993. 993 p. ISBN: 0-948905-81-6

N

NASSER ASHGRIZ, Ri Li; CHANDRA, Sanjeev; ANDREWS, John R.; DRAPPEL, Stephan. "Apparent solidification contact angles of micro-droplets deposited on solid surfaces". En: *5th International Symposium on Contact Angle, Wettability and Adhesion, Vol.5*. Toronoto, Canadá: Mittal, K.L. - An imprint of BRILL, 2006, pp 25-46.

NICOLÓ SALMAZO, Alberta de; SPIAZZI, Anna Maria; DOMENICO SALMAZO, Toniolo. *La rinascita del Mantegna e dei Maestri della Capella Ovetari. La ricomposizione virtuale e il restauro. In occasione della Mostra Mantegna e Padova 1445-1460*. Roma: Skira Editore, 2006. 328 p. ISBN: 88-762-4800-5.

P

PERELAER, Jolke; SCHUBERT, Ulrich S. (2010). *Inkjet Printing and Alternative Sintering of Narrow Conductive Tracks on Flexible Substrates for Plastic Electronic Applications, Radio Frequency Identification Fundamentals and Applications Design Methods and Solutions*, Cristina Turcu (Ed.). Rijeka, Croatia: InTech, 2010. 324 p. ISBN: 978-953-7619-72-5.

POND, Stephen F. *Inkjet technology and product development strategies*. Carlsbad CA: Torrey Pines Research, 2000. 404 p. ISBN: 0970086008

POPLE, Stephen. *Complete Physics*. Oxford: Oxford University Press, 1999. 336 p. ISBN: 0199147345

R

RASMUSSEN, Adam; CHOVANCOVA, Veronika, FLEMING III, Paul D.; PEKAROVICOVA, Alexandra. "Light Fastness of Pigment-based and Dye-based Inkjet Inks" En: *Proceedings of the 57th TAGA Annual Technical Conference*. Toronto, Ontario, 2005, pp. 35-44.

REIG BALDÓ, Sara Joana. *Fuentes gráficas del arte valenciano. Uso y aplicación para la reintegración de obras de arte*. Director: Vicente Guerola Blay. Valencia, 2009. 124 p.

REGIDOR ROS, José Luis. "Las impresiones ink jet en los procesos de restauración de obras de arte" En: *Actas del XV Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Murcia: Ed. Ligia Comunicación y Tecnología, S.L, 2004, vol.2, pp.1005-1010. ISBN 84-606-3984-3.

REGIDOR ROS, José Luis; BLANCO-MORENO PÉREZ, Francisco; VALCÁRCEL ANDRÉS, Juan; SEARAVALDÉS, Diego; OLMO BORONAT, Daniel; ABAD PEIRÓ, José. "Un sistema digital de reproducción de obras de arte aplicado a la restauración pictórica. El caso del mural de López Ruiz en el teatro Leal de La Laguna". En: *17th International Meeting on Heritage Conservation*. Castellón, Vila-real, Burriana: Ediciones Fundació La Llum de les Imatges, 2008, pp. 171-174.

REGIDOR ROS, José Luis; DELHOM SOLAZ, Sarai; VALCARCEL ANDRES, Juan; ZALBIDEAMUÑOZ, Maria Antonia; SORIANO SANCHO, Pilar. "Transferencia de impresiones inkjet, una herramienta para la reconstrucción pictórica de faltantes". Revista *ARCHÉ*. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la UPV. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia, 2008. Nº 3, pp. 33-42.

REGIDOR ROS, José Luis; PALUMBO, María; GOMEZ, G.; CLAVEL, I. "Restauración y solución propuesta para la exposición de los fragmentos conservados en la bóveda de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia". Revista *ARCHÉ* (publicación del Instituto Universitario de Restauración de la UPV). Editorial: Universidad Politécnica de Valencia, 2006. Nº 1, pp. 45-52.

REGIDOR ROS, José Luis.; ROIG PICAZO, Pilar; ABAD, José Luis; GOMEZ PORTELA, Julio. "Pictorial restoration of frescos by transferring inkjet prints: the case of Palomino's frescos in the church of Santos Juanes in Valencia", Revista *ARCHÉ* (publicación del Instituto Universitario de Restauración de la UPV). Editorial: Universidad Politécnica de Valencia, 2007. Nº 2, pp. 31-38.

REGIDOR ROS, José Luis; ROIG PICAZO, Pilar; BLANCO-MORENO, Francisco; HERRAEZ BOQUERA, José. "Últimos avances en la restauración pictórica de los frescos de Palomino en la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia ". En: *17th International Meeting on Heritage Conservation*. Castellón, Vila-real, Burriana: Ediciones Fundació la Ilum de les imatges, 2008, pp. 697-700.

REGIDOR ROS, José Luis; ROIG PICAZO, Pilar; MARTINEZ BAZAN, M^a Luisa. "Estabilidad, protección y aceptación de las impresiones ink jet en procesos de creación y conservación de obras de arte". Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Valencia, 2005. 389 p. ISBN: 84-688-7629-1.

REGIDOR ROS, José Luis; VALCÁRCEL ANDRÉS, Juan; BLANCO-MORENO PÉREZ, Francisco. "Readaptación dimensional de la obra pictórica La glorificación de San Francisco de Borja a su espacio arquitectónico mediante el sistema REGIID". En: *Congreso Internacional de Restauración de pinturas sobre lienzo de grande formato*. Valencia-Gandía: Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio. Universidad Politécnica de Valencia, 2010, pp.425-437. ISBN: 978-84-8363-610-7.

ROIG PICAZO, Pilar. "Digital Imaging for the Restoration of the Wall Paintings in the Church of Los Santos Juanes de Valencia, Spain". Revista *Kermes Art Conservation Restoration*. Fiesole: Ed. Nardini, 1999. N^o 34, pp. 18-28. ISBN 1122-3197.

ROIG PICAZO, Pilar. *Restauración de pintura mural. Iglesia de los Santos Juanes de Valencia*. Valencia: Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, 2009. 392 p. ISBN: 9788483631157.

ROIG PICAZO, Pilar; BOSCH REIG, Ignacio. *La iglesia de los Santos Juanes de Valencia. Proceso de intervención pictórica 1936-1990*. 1^a Ed. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 1991. 150 p. ISBN: 84-7721-120-5.

ROIG PICAZO, Pilar; BOSCH REIG, Ignacio. "Bases metodológicas para la recomposición de pintura mural mediante técnicas de tratamiento informatizado de la imagen" En: *IX Congreso de Conservación y Restauración de Bienes Culturales*. Sevilla: Ed. Excmo. Ayuntamiento de Sevilla, 1992, pp. 255-271.

ROIG PICAZO, Pilar; BOSCH REIG, Ignacio; ALONSO, J.L.; DOMENECH, Teresa.; MUÑOZ, Salvador. "Aproximación al estudio de la obra de A.Palomino: los frescos de la bóveda de la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia", En: *Congreso Nacional 'Madrid en el contexto de los hispánico desde la época de los Descubrimientos'. Vol. 2*. Madrid: Ed. Departamento de Historia del Arte II, Facultad de Geografía e Historia (U.C.M.), 1994, pp. 1405-1421.

ROMANO, Frank J. *Digital printing: mastering on-demand and variable data printing for profit*. San Diego, CA: Windsor Professional Information, LLC., 2000. 262 p. ISBN: 1-893190-01-3.

S

SÁNCHEZ PONS, Mercedes; BOSCH REIG, Ignacio; OSCA PONS, Julia. "Revisión de técnicas y criterios en torno a la reintegración de pinturas al fresco. Aplicación en las pinturas murales de la bóveda de la iglesia de los Santos Juanes de Valencia". Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Valencia, 2002. 311 p.

SANCHEZ PONS, Mercedes; REGIDOR ROS, José Luis. "Las nuevas tecnologías en los procesos de reintegración de pinturas murales. Tratamiento digital y sistemas de impresión digital aplicados en los frescos de A. Palomino en la Iglesia de los Santos Juanes de Valencia", En: *VII Congreso Internacional de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación*. Yaiza, Lanzarote, 2004, pp. 281-285.

SANCHEZ PONS, Mercedes; ROIG PICAZO, Pilar. ZALBIDEA MUÑOZ, Maria Antonia. "Analisi e ripercussioni sui restauri negli anni 1958-1963 dei dipinti murali di Antonio Palomino nella Chiesa de los Santos Juanes de Valencia bruciati durante la guerra civile spagnola. Processo attuale di restauro", En: *XXI Congressi sulle Pintture Murali. Riflessioni, Conoscenze, Interventi*. Bressanone, Venezia: Edizioni Arcadia Ricerche, 2005, pp.1073-1081.

STEMME, N. G. E. (1972). *Arrangement of writing mechanics for writing on paper with a colored liquid*. (US Patent 3,747,120).

SERRANO GONZALEZ, Elisa. "El marouflage en la cultura hispano-cubana". En: *Conferencias sobre Cultura Hispano-Cubana*. Habana Vieja: Centro Andaluz de la Habana, 2012, pp. 1-20.

STEINTMUELLER, Uwe; GULBINS, Jürgen. *The art of digitale fine art printing: using today's inkjet printers for quality prints*. Online: Digital outback photo, 2006. 310 p. ISBN: 0-9787497-0-7.

V

VALCÁRCEL ANDRÉS, Juan; REGIDOR ROS, José Luis; BLANCO-MORENO PÉREZ, Francisco. "Reconstrucción estética generada por imagen impresa digital (REGIID). Aplicación a la obra "La Glorificación de San Francisco de Borja", sita en la galería daurada del Palau Ducal de Gandia". Revista *ARCHÉ* (publicación del Instituto Universitario de Restauración de la UPV). Editorial: Universidad Politécnica de Valencia, 2009. N° 4, pp. 169-174.

W

WIJSHOFF, Herman. "The dynamics of the piezo inkjet printhead operation" En: *Physics Reports*. Amsterdam: Elsevier B.V., 2010. N° 491, pp. 77-177.

WONG, William S; SALLES, Alberto. *Flexible Electronics: Materials and Applications*. New York: Springer, 2009. 462 p. ISBN: 0387743634.

Y

YANG, Li; LENZ, Reiner; KRUSE, Björn. "Light Scattering and Ink Penetration Effectson Tone Reproduction". En: *Journal of the Optical Society of America*. Norrköping, Sweden: Institute of Science and Technology, Linköping University, 2001. Vol. 18, pp. 360-366.

Z

Zoltan, S. I. (1972). *Pulsed dropped ejecting system*. (US Patent 3,683,212).

Paginas web:

AEMET Agencia Estatal de Meteorología. [Sitio web]. [Consulta: 15 de Enero de 2013]. Disponible en: http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/radiacion_ozono

ARSUS Paper. [Sitio web]. [Consulta: 7 de Junio de 2011]. Disponible en: <http://www.arsuspaper.com/>, ruta: Restauración de pintura mural, Santos Juanes.

CIE *Commission Internationale de l'Eclairage*. [Sitio web]. [Consulta: 14 de Julio de 2012]. Disponible en: <http://www.cie.co.at/>

COOLUX® media systems. [Sitio web]. [Consulta: 23 de Julio de 2011]. Disponible en: <http://www.coolux.de/>, ruta: *showcase, museum, installation, virtual renaissance restoration*.

DIGITAL MEDIA FOR ARTISTS [sitio web]. [Consulta: 11 de mayo de 2011]. Disponible en: <http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Allgemein%3AModule/module/15518/sub/15627>

ERGOSOFT *rip solutions*. [Sitio web]. [Consulta: 28 de Julio de 2012]. Disponible en: <http://www.ergosoft.net/ergosoft/index.php>

FACTUMarte. [Sitio web]. [Consulta: 6 de Junio de 2011]. Disponible en: <http://www.factum-arte.com>, ruta: *Conservation*.

ICC International Color Consortium. [Sitio web]. [Consulta: 18 de Septiembre de 2012]. Disponible en: <http://www.color.org/index.xalter>

INKTEC Corporation. [Sitio web]. [Consulta: 8 de Abril de 2012]. Disponible en: http://www.inktec.com/english/product_info/inkjet.asp, ruta: products, inkjet inks.

IFR International Federation of Robotics. [Sitio web]. [Consulta: 5 de Febrero de 2012]. Disponible en: <http://www.ifr.org/>, ruta: service robots.

TABER Industries [Sitio web]. [Consulta: 23 de Octubre de 2012]. Disponible en: <http://www.taberindustries.com/>

Wilhelm Imaging Research. [Sitio web]. [Consulta: 23 de Julio de 2011].
Disponible en: <http://www.wilhelm-research.com/>

X-Rite. [Sitio web]. [Consulta: 10 de Julio de 2012]. Disponible en: <http://www.xrite.com/>

ANEXOS

ANEXO I. GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA

A

a*: Inicial que corresponde dentro del sistema *CIELab* a las coordenadas rojo/verde.

Acrílico: Técnica pictórica que se engloba dentro de los temples polímero. Básicamente se compone de pigmentos emulsionados en un polímero acrílico. Aunque en un principio es soluble en agua, una vez polimeriza, se convierte en insoluble.

Actuador: Dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, eléctrica o neumática en una acción automatizada. Existen varios tipos de actuadores como son: electrónicos, hidráulicos, neumáticos o eléctricos.

Acuarela: Técnica pictórica que pertenece a los llamados temples de goma. Los pigmentos son finamente molidos y aglutinados en una goma vegetal. La goma arábica es la más común. Su poder cubriente es muy bajo.

Aditivo: En las tintas se encuentran en un bajo porcentaje pero determinan las propiedades y el comportamiento de la tinta. Son escogidos en función del sistema de inyección del cabezal para controlar la formación de las gotas y para asegurar una correcta interacción de la tinta con el soporte.

Anastilosis: Es un término arqueológico que designa la técnica de reconstrucción de un monumento en ruinas gracias al estudio metódico del ajuste de los diferentes elementos que componen su arquitectura.

Arriccio: (*Revoco*). Mortero irregular compuesto de cal y arena de granulometría diversa. Tiene dos propósitos: asegurar el agarre y servir como reserva de humedad a la capa siguiente (→ intonaco). Presenta un tamaño medio de partícula (diámetro máximo del árido de 1,5 mm) y se aplica en espesores que van de 1,5 a 2 centímetros. Sirve además para nivelar la superficie del muro y reducir sus defectos.

B

b*: Inicial que corresponde dentro del sistema *CIELab* a las coordenadas amarillo/azul.

Banding: En impresión se refiere al efecto de rallado o líneas paralelas (*striping effect*) que se produce en una imagen impresa. Este problema puede deberse a: Fallo o obstrucción de cabezales, sangrado de gotas por pasada (→ *Dot gain banding*), desajustes entre *media*-impresora (→ *feed compensation*), tensiones irregulares en el *media* (→ *media skewing*), exceso de calor en el cabezal o restricciones de tinta.

Bend-mode: (Presión por curvatura). Tecnología de inyección utilizada por los *cabezales piezoeléctricos (PIJ)*. El sistema se sirve de la presión ejercida por el lado convexo de la curvatura que se forma al excitar el cristal piezoeléctrico sobre el diafragma flexible de la cámara de inyección, para forzar la expulsión de la gota de tinta.

Bonding agent: Solución acuosa utilizada por modelos de impresoras *inkjet* de producción que imprimen sobre papeles si estucado o coating. El *HP Bonding Agent* es una tecnología exclusiva de líquido incoloro que se aplica sólo en los lugares precisos donde la tinta se va a imprimir. Mejora la densidad óptica y la adherencia del pigmento al papel, proporcionando una mayor durabilidad y calidad de la impresión.

Brillometro: Dispositivo utilizado para la medición de la reflexión especular de una superficie.

C

Cabezal piezoeléctrico (PIJ): Estos cabezales se sirven de las propiedades físicas de ciertos minerales capaces de modificar su forma cuando se les aplica una determinada carga eléctrica. En función de su diseño, existen cuatro tipos: “compresión del cilindro de inyección” (→ *squeeze method*), “presión por curvatura” (→ *bend-mode*), “empuje puntual” (→ *pushing method*) y “empuje lateral” (→ *shear-mode*).

Cabezal térmico (bubble jet) (TIJ): Para conseguir “lanzar” las gotas de tinta desde las boquillas del cabezal hasta el soporte receptor, éste sistema se sirve del calor producido por microcalentadores que elevan la temperatura de la tinta provocando la formación de burbujas de gas. En este cambio de fase de líquido a gas, las burbujas se expanden ocupando el espacio que previamente había sido reservado a la tinta a temperatura ambiente, este aumento del volumen en la cavidad donde se almacena la tinta que será inyectada, fuerza a su expulsión a través de las boquillas del cabezal.

Calibrar: En el mundo de la Administración del Color, este término se refiere al hecho de cambiar el comportamiento de un dispositivo para buscar su consistencia (fiabilidad y fidelidad).

Cal Aérea: Gracias a su contenido en hidróxido cálcico. Da lugar a morteros que absorben el CO₂ del aire para proporcionar resistencias a largo plazo, muestran una excepcional maleabilidad, una muy pequeña retracción y son permeables al vapor de agua, aunque no al agua.

Cal Hidráulica: Cal con contenido en silicato bicálcico. Gracias a esto puede fraguar en presencia de agua y desarrollar resistencias a corto plazo. Las bajas resistencias que proporciona en comparación con el cemento la hacen apta para su empleo en materiales delicados.

Canvas: *Media* de impresión textil con una capa de preparación.

CIE: (*Commission Internationale de l'Eclairage*). Asociación internacional de científicos relacionados con el color.

CIEL *a*b*: Modelo cromático tridimensional utilizado en colorimetría para describir los colores percibidos por el ojo humano. Es el espacio estándar utilizado actualmente por los espectrofotómetros. ($\rightarrow L^*$) ($\rightarrow a^*$) ($\rightarrow b^*$).

CIJ: Sistema de cabezal de impresión continua (\rightarrow *Continuous Inkjet*). Dentro de esta tecnología se diferencian dos tipos de impresoras en función del procedimiento utilizado para la desviación de las gotas de tinta. Según esto encontraremos sistemas de \rightarrow *Deflexión binaria* y \rightarrow *Deflexión multiple*.

Clutch: Sistema mecánico tipo embrague, utilizado en impresoras para activar o desactivar ciertos mecanismo a través del movimiento de otras partes. Pueden encontrarse en los módulos de alimentación de papel o desencadenar procesos más complejos como liberar o frenar un sistema *encoder* a través del carro de inyección.

CMS: \rightarrow *Color Management System*.

CMYK: Cuatricromía de tintas que suelen utilizar las impresoras de producción. Las iniciales corresponden al Negro (K), Magenta (M), Amarillo (Y) y Cian (C). En la actualidad la impresoras fotográficas tienden a integrar cada vez más colores.

Coating (Estucado): Acabado que se aplica a los *medias* específicos de impresión para facilitar la recepción y fijación de la tinta. Los pigmentos son el componente principal de esta capa de preparación. Estos pueden ser de una única clase, aunque comúnmente suelen emplearse combinados. La arcilla, el carbonato de calcio, el talco, el dióxido de titanio son algunos de estos pigmentos. El porcentaje de pigmento de esta capa representa el 85-95 % de su peso. (Holik, 2006: 57).

Colorante: En las tintas determina su color. Gracias a su capacidad de absorber ciertas longitudes de onda y pueden ser solubles en agua (colorantes) o estar en dispersión (pigmentos insolubles). Según esto tendremos tintas de tipo → *DYE* o → *Pigmentadas*.

ColorChecker®: Nombre de marca que comercializa → *targets* para la generación de → perfiles icc.

Color Management System: Conocida como *Administración de color* es el sistema que permite, en el mundo de la reproducción digital, reconciliar las señales de control RGB y CMYK con los valores → *CIE* basados en la percepción, consiguiendo mantener la realidad cromática de entrada (colores captados por dispositivos como cámaras o escáneres) con la de salida (colores reproducidos por dispositivos de salida como las impresoras). Dentro de esta arquitectura, el → *PCS* es el encargado de comunicar los diversos dispositivos gracias a la interpretación de los *perfiles icc*.

Consumibles: Hace referencia a los accesorios utilizados en una impresora; cartuchos, cabezales intercambiables y *medias*.

Consolidación: En el ámbito de la restauración, se refiere a los tratamientos aplicados a una obra para devolver la cohesión perdida de los materiales que la componen.

Continuous Inkjet: A diferencia de los sistemas *DOD* estos funcionan produciendo un flujo constante de gotas de tinta, formadas gracias a un complejo sistema ultrasónico de alta frecuencia que las proyecta constantemente hacia el soporte de impresión (Korvink, Smith y Shin, 2012: 2). El flujo continuo de tinta está cargado eléctricamente y es desviado parcialmente por impulsos electromagnéticos hacia el mismo circuito de tinta o hacia el soporte de impresión. Según hacia donde se desvíen las gotas, el sistema será de *Deflexión binaria* o de *Deflexión múltiple*.

CPU: *Central Processing Unit*. Es el procesador encargado de gestionar la información de un dispositivo electrónico.

D

Deflexión binaria: En este sistema de impresión, las gotas cargadas eléctricamente que se desvían parcialmente por impulsos electromagnéticos terminan en el circuito de tinta. El resto continúan su trayectoria hacia el soporte de impresión.

Deflexión múltiple: En este sistema de impresión, las gotas cargadas eléctricamente que se desvían parcialmente por impulsos electromagnéticos terminan en el soporte de impresión. El resto continúan su trayectoria hacia el circuito de tinta.

DOD: Sistema de cabezal de impresión por demanda (→ *Drop-On-Demand*). Dentro de esta tecnología se diferencian dos grandes familias en función del procedimiento utilizado para la formación de las gotas de tinta. Cabezales → *TIJ* y → *PIJ*.

Dot gain banding: Fenómeno que se produce en impresoras con tintas solventes cuando el disolvente no se evapora con la suficiente rapidez causando la difusión del pigmento entre → *pasadas*. La causa más común es una baja temperatura en el calentador del inyector. Esta temperatura tiene que ser lo suficientemente alta para evaporar el disolvente de la tinta pero sin llegar a sobrepasar el límite en el que puede producirse el pandeo del papel (*media buckling*) o que se estropeen las boquillas del inyector.

DPI: *dots per inch*.

Drop-On-Demand: A diferencia de los sistemas *CIJ* en este caso no existe un flujo de tinta continuo, sino que se inyecta sólo cuando lo precisa la imagen a representar. En estos sistemas encontramos dos tipos de cabezales, térmicos y piezoeléctricos.

DYE (Tintas): Estas tintas se sirven de los tintes para abarcar una amplia gama cromática con colores muy luminosos. La ventaja de estos tintes es que el tamaño de su partícula es muy inferior al de los pigmentos lográndose producir más color a una menor concentración. El problema fundamental que presentan estas tintas es su escasa resistencia a la luz natural, por lo que no son recomendables para impresiones que tengan que estar expuestas a luz natural directa durante largos periodos de tiempo.

E

Eflorescencia: Depósitos de sal en la superficie de una pintura mural.

Encoder: Se trata de un sensor electro-opto-mecánico que proporciona información de la posición angular o lineal de un dispositivo. Suelen instalarse en las impresoras para determinar la posición del carro de inyectores o del eje que desplaza el papel. Pueden ser en forma de disco o banda escalada que pasa a través de un detector de horquilla óptica.

Espectrofotómetro: En colorimetría, instrumento utilizado para medir la luz emitida por una fuente o reflejada.

Estratigrafía: Corte o sección transversal realizado en este caso a un mortero, para estudiar su composición y comprobar la penetración de la tinta en su retícula cristalina.

F

Feed compensation: Capacidad del → *software* y/o impresora para compensar el avance del → *media* de forma positiva (hacia delante) o negativa (hacia atrás). Este ajuste es necesario cuando aparecen finas franjas blancas entre → *pasadas* (esto indica que el avance del *media* es demasiado rápido respecto a la superposición de las pasadas). También puede ser necesario ajustar el avance, cuando aparecen franjas oscuras entre pasadas (esto indica que el *media* no está avanzando lo suficiente entre pasadas).

Flatbed: Anglicismo utilizado para denominar a impresoras de base plana capaces de imprimir soportes rígidos.

Fresco: (*Buon Fresco*) Técnica pictórica que utiliza como aglutinante el proceso de carbonatación de la cal para fijar los pigmentos.

G

Gamut: Es el espectro de colores que una impresora en particular puede producir (Steintmueller y Gulbins, 2006: 1-23).

Glossy: Anglicismo utilizado para referirse al acabado brillante de un *media* de impresión. Los papeles fotográficos suelen tener este tipo de denominación.

Gouache: Acuarela opaca.

GU: (Gloss unit / Unidad de brillo). Unidad utilizada por los instrumentos de medición del brillo de una superficie (→ brillómetro).

H

Hardware: Conjunto de los componentes que integran la parte material de un ordenador.

I

ICC: (International Color Consortium®). Consorcio creado en 1993 por empresas relacionadas con el mundo del color, con el objetivo de normalizar y estandarizar la arquitectura de conexión colorimétrica entre dispositivos de reproducción digital. El resultado de esta cooperación fue el desarrollo de la especificación → *perfil icc*.

ICR: Instituto Central para la Restauración de Roma.

IEEE: Robotics and Automation Society.

IFR: International Federation of Robotics.

Impresora de impacto (impact printer): Trasmiten la tinta al soporte mediante el impacto de un elemento percutor sobre una cinta entintada que entra en contacto con la superficie de impresión.

Impresora sin impacto (nonimpact): Este otro grupo de impresoras se diferencia de las anteriores en que no necesitan contactar con el soporte para aplicar la tinta. A pesar de que son muchas las que se encuentran englobadas bajo esta definición, su forma de trabajar difiere mucho de unas a otras. Dentro de esta gran familia podemos distinguir tres grandes grupos que abarcan hoy en día prácticamente todas las soluciones de aplicación comercial: impresoras → *inkjet* o de inyección de tinta, de *transferencia térmica* y *láser*.

Intonaco: Término italiano utilizado para denominar a la última capa que se aplica sobre el → *arriccio* y que permite pintar al → *fresco*. Tradicionalmente se trata de una mezcla de arena (con dimensiones granulares de menos de dos milímetros) y cal.

Inkjet: Tecnología de impresión basada en la inyección de la tinta. Esta tecnología es utilizada por las → impresoras sin impacto.

L

L*: Inicial que corresponde dentro del sistema *CIELab* a la coordenadas de claridad.

Laguna: Interrupción parcial o total del tejido figurativo de una obra, que puede llegar a abarcar desde la pérdida estructural de la imagen, en cuanto a forma y color, hasta la *matérica*. (FANCELLI, 2009: 233).

LCB: (Lisa Con Bonding). Acrónimo utilizado por esta tesis para referirse a la superficie lisa de una probeta impresa donde además se ha aplicado el regulador y fijativo → *bonding agent*.

Líquida (tinta): Dentro de las tintas en estado líquido e Independientemente de que su vehículo sea polar, apolar o mezcla de ambos, según la sustancia colorante se pueden diferenciar dos tipos: → DYE o → Pigmentadas.

LSB: (Lisa Sin Bonding). Acrónimo utilizado por esta tesis para referirse a la superficie lisa de una probeta impresa donde no se ha aplicado el regulador y fijativo → *bonding agent*.

M

Mac OS X: Sistema operativo utilizado por la plataforma Apple®.

Marouflage: La palabra *marouflage* o *marouflée*, deriva del termino francés *maroufler* (encolar, engrudar). Se le da dos acepciones, una indica la propia técnica del asentado de los lienzos mediante un adhesivo a los muros o techos de una edificación; la otra por extensión, cuando es referida a cualquier tela fijada sobre soportes rígidos transportables.

Técnica originada en el barroco, cuando se intentaba transferir al muro todas las cualidades técnicas y plásticas de la pintura al óleo, llegando a pintar fragmentos de telas de diferentes dimensiones y adherirlos a superficies planas o cóncavas, mediante cola, engrudo o albayalde. (Serrano, 2012: 2).

MC: Acrónimo utilizado en esta tesis para referirse al *media* de impresión tipo → *canvas*.

Media: Anglismo utilizado para referirse a los soportes fabricados específicamente para imprimir. Suelen llevar preparaciones especiales por el anverso de tipo → *coating* para la correcta fijación de la tinta. En ocasiones el reverso lleva tratamientos que evitan el combado del papel.

Media skewing: Se produce cuando el → *media* no está cargado en la impresora con una tensión uniforme. El resultado son rallas solapadas en uno de los lados del *media* y una superposición de pasadas en el otro extremo. Esto indica que el *media* no está avanzando uniformemente a través de los rodillos de arrastre.

Metamerismo: En el campo de la percepción del color es un fenómeno psicofísico definido generalmente como la situación en la cual dos muestras de color coinciden bajo unas condiciones determinadas (fuente de luz, observador, geometría...) pero no bajo otras diferentes. Según las circunstancias de observación existen varios tipos de metamerismos: metamerismo de iluminancia, metamerismo geométrico, metamerismo de observador y metamerismo de campo.

MF: Acrónimo utilizado en esta tesis para referirse al *media* de impresión tipo *fotográfico*.

Microcalentador: Parte del cabezal térmico (TIJ) encargada de calentar al tinta para la formación de la gota de tinta.

Motor de pasos: Son utilizados para desplazar el soporte de impresión en tramos de avance que vienen determinados por la VDV.

MR: Acrónimo utilizado en esta tesis para referirse al *media* de impresión tipo *recubierto*.

Mural printing machine (impresora de pared): Estas impresoras son denominadas comercialmente como *ArtROBO airbrushing printers* y han sido diseñadas para imprimir sobre cualquier tipo de superficie vertical. Son capaces de reproducir imágenes a todo color sobre vehículos, paredes, muebles y muchos otros objetos.

N

NEF: *Nikon Electronic Format*. Formato específico de las cámaras digitales Nikon.

P

Papelgel®: Es un material copolímero laminar, imprimible y biodegradable. De aspecto muy similar a los papeles convencionales de calidad fotográfica, permite transferir imágenes fotográficas de gran calidad a objetos con volumen, sin limitación de tamaño, forma o textura. Dicha patente pertenece a la empresa *ARSUS paper*.

Pasada: Es el recorrido que hace el carro de inyectores de una impresora a lo largo de su guía. En este trayecto va depositando las gotas de tinta sobre el *media*. La imagen se forma por la superposición de estas pasadas.

PCB: *Printed Circuit Board*. Son placas con circuitos impresos donde se conectan los componentes electrónicos de un dispositivo.

PCS: (*Profile Connection Space*). Conocido también como *espacio de conexión de perfiles*, es el encargado de gestionar la comunicación entre un espacio de color y otro.

Perfil icc: En el ámbito de la Gestión del color, se trata del conjunto de datos que caracterizan a un dispositivo de entrada o salida, según los estándares del *International Color Consortium®* (ICC).

Perfilar: Argot utilizado para referirse al proceso con el cual caracterizamos el color de un dispositivo de entrada o salida a través de la Administración del color (→ *CMS*).

Periférico: En informática, se utiliza para denominar a los dispositivos auxiliares e independientes que se conectan a la unidad central de procesamiento de una computadora y a través de los cuales, la computadora se comunica con el mundo exterior. Las impresoras pertenecen a estos dispositivos.

Pigmentadas (Tintas): Actualmente son las más difundidas entre los usuarios que buscan una buena permanencia de sus reproducciones. La clave de su resistencia a la decoloración es la dispersión de pigmentos encapsulados en resinas. Con esta formulación la cantidad de tinta retenida en superficie es mayor, lo que se traduce en mayor intensidad de color. A diferencia de las tintas *Dye* estas tintas son resistentes al agua, no se decoloran tan rápidamente y tiene mayor durabilidad a la intemperie. Por el contrario tienen menos luminosidad, aunque a simple vista no se aprecia esta reducción de *gamut*.

PIJ: Cabezal de impresión con tecnología *Piezoelectric Inkjet*. (→ *Cabezal piezoeléctrico*).

Plementeria: Es el conjunto de paños de piedras o dovelas que, a modo de cerramiento, cubren el espacio entre los nervios de una bóveda nervada, como una bóveda de crucería. Cada uno de los paños se denomina plemento. Son elementos pasivos que no tienen función estructural y se apoyan sobre los arcos de la bóveda, que son los elementos activos.

ppp: puntos por pulgada. Son el número de puntos individuales de tinta que una impresora es capaz de reproducir en un espacio lineal de una pulgada.

ProfileMaker: *software* específico para la creación de perfiles de color de dispositivos informáticos.

Pushing method: Cabezal piezoeléctrico *PIJ* “empuje puntual” (*pushing method*) fue desarrollado por Howkins y consiste en un elemento piezo que incide puntualmente el zona posterior de la cámara de inyección.

R

REGIID: Reconstrucción Estética Generada por Imagen Impresa Digital.

Reintegración cromática: En restauración se refiere al proceso de mitigar la presencia de una *laguna* o pérdida pictórica. Existen diferentes técnicas que permiten al restaurador hacerlo de forma objetiva (sin introducir rasgos estéticos que desvirtúen la “esencia” de la obra). Algunas de las técnicas utilizadas son el → *tratteggio* o *rigatino* y el puntillismo.

Resolución: Es la calidad que una impresora puede conseguir. Los puntos por pulgada (→ *ppp*) en inglés *dots per inch (DPI)*, es la unidad de medida utilizada para cuantificar la resolución de impresión.

Revoque: Se trata de una capa o enlucido compuesto por una mezcla de cal y arena u otros materiales semejantes que se utiliza para revocar un paramento.

RCB: (Rugosa Con Bonding). Acrónimo utilizado por esta tesis para referirse a la superficie rugosa de una probeta impresa donde además se ha aplicado el regulador y fijativo → *bonding agent*.

RIP: (*Raster Image Processor*). Procesador de imágenes de trama. *Software* independiente encargado de la gestión de impresión de un archivo digital, gracias al cual es posible imprimir imágenes con resoluciones y tamaños mucho mayores a los que soportan los software convencionales de edición o maquetación.

Robot de servicio: (según la *IFR*). Robot que opera de manera automática o semiautomática para realizar servicios útiles al bienestar de los humanos o a su equipamiento, excluyendo las operaciones de fabricación.

Roll-to-Roll printer: Sólo imprimen sobre soportes flexibles ya que disponen únicamente de un sistema *roll-to-roll*, pero gracias a esto permiten imprimir hasta anchuras de 5m.

RSB: (Rugosa Sin Bonding). Acrónimo utilizado por esta tesis para referirse a la superficie rugosa de una probeta impresa donde no se ha aplicado el regulador y fijativo → *bonding agent*.

S

Sangrado: (*Color bleeding*). Aceptación utilizada en el mundo de la impresión para referirse a la difusión superficial de las gotas de tinta en el soporte. El resultado es una gota de contorno poco definido. Como consecuencia, se produce una pérdida de definición de la imagen y una modificación de los colores. El grado de difusión de la tinta tiene que ver con las características del soporte (capacidad de absorción), el tipo de tinta (velocidad de secado) y con la tecnología de inyección (el diseño del inyector y la distancia que lo separa del soporte).

Settings: Dentro del *software* de impresión, son aquellos parámetros que escoge el usuario para definir las características de impresión (como la calidad o el tipo de papel).

Shear-mode: Cabezal piezoeléctrico *PIJ* descubierto por Fishbeck. En estos cabezales, el campo eléctrico se dispone de forma perpendicular a la polarización de los elementos piezo. El tamaño de las gotas está en función de: el voltaje aplicado a la placa piezo, la duración del pulso o deformación, y el diámetro de las boquillas.

Software: (Según la → *IEEE*) En contraposición a los componentes físicos denominados *hardware*, es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de computación.

Sólida (tinta): También llamadas de cambio de fase, están compuestas por un vehículo ceroso termoplástico que a temperatura ambiente se mantienen en estado sólido pero que al aplicarle calor se fluidifica.

Squeeze method: Cabezal piezoeléctrico *PIJ* inventado por Steven Zoltan en 1972. Consiste en un canal piezoeléctrico que al ser excitado por impulsos eléctricos comprime la tinta que pasa a través de éste.

Subflorescencias: Depósitos de sal en las partes internas de un mortero.

T

Target: Paleta compuesta por parches de color, utilizada como referencia para el ajuste colorimétrico de los dispositivos de reproducción digital.

T.ACR: Abreviatura utilizada en esta tesis para referirse al mortero pintado con la técnica → acrílica.

T.ACU: Abreviatura utilizada en esta tesis para referirse al mortero pintado con la técnica → acuarela.

Tensión superficial: La tensión superficial es un efecto de atracción intramolecular y es la responsable de la forma esférica de las gotas de un líquido.

T.FRE: Abreviatura utilizada en esta tesis para referirse al mortero pintado con la técnica al → fresco.

T.GOU: Abreviatura utilizada en esta tesis para referirse al mortero pintado con la técnica del → gouache.

TIFF: (*Tagged Image File Format*) Es un formato de archivo informático para imágenes.

TIJ: Cabezal de impresión con tecnología *Thermal Inkjet*. También llamada *Bubble Jet*. (→ *Cabezal térmico*).

Tintero: Depósito que utilizan las impresoras (normalmente de gran formato) para almacenar la tinta de los cartuchos en el carro de inyección.

Tratteggio: También conocido como *rigatino* es una técnica que consiste en la yuxtaposición de trazos verticales de color puro realizados a mano alzada mediante pincel. De cerca los trazos se distinguen perfectamente, pero a cierta distancia nuestro sistema de percepción los fusiona en manchas cromáticas (GIANNINI *et al.*, 2008: 180).

V

VDH: Acrónimo que hace referencia a Velocidad de Desplazamiento Horizontal del carro de inyección a lo largo de su guía. Esta velocidad es inversamente proporcional a la calidad de impresión.

VDV: Acrónimo que hace referencia a Velocidad de Desplazamiento Vertical de una impresora. Según el dispositivo, será la velocidad a la que avance el papel o la guía que porta el carro de inyección. Esta velocidad es inversamente proporcional a la calidad de impresión.

Vehículo: En las tintas de impresión, es el medio en el que se disuelve o dispersa el colorante y el resto de sustancias que componen la tinta.

Viscosidad (tinta): Propiedad que determina la fluidicidad de una tinta, es decir, la facilidad que tiene de cambiar su estado al aumentar la temperatura.

W

Wa: (*Water Absorption*) Unidad de índice de absorción utilizado por el *kit* de esponjas de CTS.

Y

Yeso arquero: Es un tipo de yeso de alta dureza utilizado para moldes en la industria cerámica que resisten altas presiones o incluso para la reproducción de mármol.

ANEXO II. DATOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

En este anexo se incluyen todos los datos utilizados en la tesis para la confección de las gráficas. La interpretación se hace a partir de los valores promedios.

II.1 Datos de blancura. (Punto 4.3.1 - Pag.192).

Para determinar la blancura de las superficies murales y de los *medias HP*, se ha utilizado el espectrofotómetro i1 de X-RITE. Este instrumento define un color asignándole valores numéricos que corresponden al sistema internacional CIELab.

Para una mayor objetividad de los resultados, se han realizado cinco disparos en cada tono de blanco. El valor final de cada parámetro es el promedio de las cinco tomas.

Blanco de los <i>media HP</i> y de las superficies murales.							Promedio	Desviación
Blanco de <i>Media HP</i> Canvas	L*	95,7	95,7	95,8	95,8	95,8	95,76	0,0547
	a*	1	0,9	0,9	1	1	0,96	0,0547
	b*	4,6	4,6	4,7	4,8	4,9	4,72	0,1303
Blanco de <i>Media HP</i> Foto	L*	93,9	94	94	93,9	93,9	93,94	0,0547
	a*	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,28	0,0447
	b*	-4,5	-4,4	-4,6	-4,5	-4,9	-4,58	0,1923
Blanco de <i>Media HP</i> Recubierto	L*	93	93	93,2	93,1	93,1	93,08	0,0836
	a*	1,1	1,1	1,1	1	1	1,06	0,0547
	b*	-7,4	-7,5	-7,6	-7,5	-7,7	-7,54	0,1140
Blanco de Mortero A	L*	93,5	94	94	91,5	93,1	93,22	1,0329
	a*	1,8	1,2	1,5	2,2	2,5	1,84	0,5224
	b*	1,1	1,4	0,8	0,4	0,4	0,82	0,4381
Blanco de Mortero B	L*	95,8	95,3	95,1	93,9	95,6	95,14	0,7436
	a*	-0,3	-0,3	-0,4	-0,2	-0,1	-0,26	0,1140
	b*	0,7	1	1	0,9	0,8	0,88	0,1303
Blanco de Revoque C	L*	94,7	94,6	94,9	94,6	94,6	94,68	0,1303
	a*	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,0707
	b*	3,2	3	2,8	2,7	2,9	2,92	0,1923
Blanco de Revoque D	L*	92,5	92,9	92,6	92,6	92,5	92,62	0,1643
	a*	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,64	0,0547
	b*	4	3,7	3,7	3,7	4,1	3,84	0,1949
Blanco de Mortero E	L*	90,9	90,1	90,1	89,9	89,2	90,04	0,6066
	a*	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,0707
	b*	1,9	2,1	2,3	2,8	2,2	2,26	0,3361
Blanco de Mortero F	L*	90,8	91,4	91,6	92,6	92,8	91,84	0,8414
	a*	-0,1	0,1	0	-0,3	-0,1	-0,08	0,1483
	b*	2,5	2	2	2,7	1,9	2,22	0,3563

II.2 Datos de brillo. (Punto 4.3.2 - Pag.197)

Para esta prueba se ha utilizado el brillómetro *Minolta Multigloss MG-268*. Los siguientes datos se agrupan según el tipo de superficie medida. A su vez, los valores de brillo de cada soporte están divididos en dos: Antes de ser impresos y tras la impresión directa *inkjet*.

Brillo de los <i>medias HP</i> antes de ser impresos.							Promedio	Desviación
Blanco de <i>Media HP Canvas</i>	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	0
	85°	1,5	1,7	1,6	1,6	1,7	1,62	0,0836
Blanco de <i>Media HP Foto</i>	20°	10,6	17,6	14,6	17,4	18,7	15,78	3,2668
	60°	32,4	42,5	41,5	41,2	43,3	40,18	4,4279
	85°	72,9	82,4	80,7	79,2	83,2	79,68	4,0935
Blanco de <i>Media HP Recubierto</i>	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	2,3	2,2	2,3	2,3	2,3	2,28	0,0447
	85°	1,7	1,9	1,9	1,5	1,7	1,74	0,1673

Brillo de los <i>medias HP</i> después de ser impresos.							Promedio	Desviación
Rojo de <i>Media HP Canvas</i>	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
	85°	1,7	1,7	1,4	1,7	1,7	1,64	0,1341
Rojo de <i>Media HP Foto</i>	20°	23,7	22,4	25,2	23,8	25,7	24,16	1,3126
	60°	46,7	45,7	46,9	47,1	48,5	46,98	1,0059
	85°	88,7	87,8	88,9	87,7	88,5	88,32	0,5403
Rojo de <i>Media HP Recubierto</i>	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,32	0,0447
	60°	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,84	0,0547
	85°	2,7	2,4	2,2	2,2	2,6	2,42	0,2280

Brillo de las superficies murales antes de ser impresas.							Promedio	Desviación
Blanco de Mortero A superficie lisa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	1,9	2	2	2,1	1,8	1,96	0,1140
	85°	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,28	0,1095
Blanco de Mortero A superficie rugosa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	2,1	1,9	1,7	2,1	1,7	1,9	0,2
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Blanco de Mortero B superficie lisa	20°	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,18	0,0447
	60°	2,8	2,8	2,9	2,8	2,8	2,82	0,0447
	85°	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,0707
Blanco de Mortero B superficie rugosa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	1,7	1,8	2	2	2	1,9	0,1414
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Blanco de Revoque C superficie lisa	20°	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	1,22	0,0836
	60°	3,4	3,3	3,4	3,5	3,4	3,4	0,0707
	85°	4,8	4,3	3,5	3,1	2,6	3,66	0,8905
Blanco de Revoque C superficie rugosa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	2,8	2,7	2,8	2,8	2,8	2,78	0,0447
	85°	0,7	0,8	0,9	0,9	1	0,86	0,1140

Brillo de las superficies murales antes de ser impresas.							Promedio	Desviación
Blanco de Revoque D superficie lisa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	0
	85°	1,6	1,5	1,7	1,6	1,7	1,62	0,0836
Blanco de Revoque D superficie rugosa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	2	2,1	2,2	2,3	2,3	2,18	0,1303
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Blanco de Mortero E superficie lisa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	2,1	2	2,1	2,1	2	2,06	0,0547
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Blanco de Mortero E superficie rugosa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	2	1,7	1,7	1,7	0,7	1,56	0,4979
	85°	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,12	0,0447
Blanco de Mortero F superficie lisa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	1,6	1,8	1,8	1,7	1,7	1,72	0,0836
	85°	0,1	0,1	0,2	0	0,2	0,12	0,0836
Blanco de Mortero F superficie rugosa	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	1,5	1,7	1,7	1,6	1,7	1,64	0,0894
	85°	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,14	0,0547

Brillo de las técnicas pintóricas sobre el mortero tipo B.							Promedio	Desviación
Rojo de Acuarela superficie lisa	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9	0,84	0,0547
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de Acuarela superficie rugosa	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,6	0,6	0,6	0,6	0,8	0,64	0,0894
	85°	0,1	0,1	0	0	0	0,04	0,0547
Rojo de Gouache superficie lisa	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,98	0,1303
	85°	0,9	0,8	0,9	0,7	0,4	0,74	0,2073
Rojo de Gouache superficie rugosa	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,84	0,0547
	85°	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,26	0,0894
Rojo de Acrílico superficie lisa	20°	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,22	0,0447
	60°	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,14	0,0547
	85°	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,12	0,0447
Rojo de Acrílico superficie rugosa	20°	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,18	0,0447
	60°	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,78	0,0447
	85°	0	0	0,1	0,1	0,1	0,06	0,0547
Rojo de Fresco superficie lisa	20°	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0
	60°	2,6	2,6	2,6	2,8	2,6	2,64	0,0894
	85°	1,9	1,7	1,4	1,1	0,8	1,38	0,4438
Rojo de Fresco superficie rugosa	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	1,7	1,7	1,8	1,8	2	1,8	0,1224
	85°	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	0,58	0,1303

Brillo de los morteros impresos al fresco.							Promedio	Desviación
Rojo de Mortero A1 superficie LSB	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,78	0,0447
	85°	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,26	0,0547
Rojo de Mortero A1 superficie LCB	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de Mortero A1 superficie RSB	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,78	0,0447
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de Mortero A1 superficie RCB	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,56	0,0547
	85°	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,08	0,0447
Rojo de Mortero B1 superficie LSB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	0,9	0,9	0,9	1,1	0,9	0,94	0,0894
	85°	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,22	0,0447
Rojo de Mortero B1 superficie LCB	20°	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0
	60°	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
	85°	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,14	0,0547
Rojo de Mortero B1 superficie RSB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,74	0,0547
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de Mortero B1 superficie RCB	20°	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,44	0,0547
	60°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0
	85°	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Rojo de RevoqueC1 superficie LSB	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	3,7	3,7	3,6	3,6	3,8	3,68	0,0836
	85°	5,1	4,9	5,6	4,8	4,6	5	0,3807
Rojo de RevoqueC1 superficie LCB	20°	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0
	60°	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,16	0,0547
	85°	6,1	6,1	6,3	5,8	5,8	6,02	0,2167
Rojo de RevoqueC1 superficie RSB	20°	0,9	0,9	0,9	0,9	0,2	0,76	0,3130
	60°	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,34	0,0547
	85°	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,22	0,0447
Rojo de RevoqueC1 superficie RCB	20°	0,9	0,2	0,8	0,9	0,8	0,72	0,2949
	60°	2,1	2,1	2	2	2	2,04	0,0547
	85°	0,9	1	0,9	0,9	1	0,94	0,0547

Brillo de los morteros impresos al fresco.							Promedio	Desviación
Rojo de RevoqueD1 superficie LSB	20°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	60°	3,2	3,2	3	3,2	3	3,12	0,1095
	85°	1,9	1,9	2	1,9	2,1	1,96	0,0894
Rojo de RevoqueD1 superficie LCB	20°	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0
	60°	2,9	2,9	3	3,1	3	2,98	0,0836
	85°	1,7	1,7	1,9	2	1,7	1,8	0,1414
Rojo de RevoqueD1 superficie RSB	20°	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0
	60°	1,8	2	2	2	2	1,96	0,0894
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de RevoqueD1 superficie RCB	20°	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,82	0,0447
	60°	1,8	1,7	1,7	1,7	1,8	1,74	0,0547
	85°	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,14	0,0547
Rojo de Mortero E1 superficie LSB	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0
	85°	0	0	0	0	0,1	0,02	0,0447
Rojo de Mortero E1 superficie LCB	20°	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0
	60°	0,6	0,6	0,6	0,6	0,2	0,52	0,1788
	85°	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,12	0,0447
Rojo de Mortero E1 superficie RSB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,62	0,0447
	85°	0,1	0	0	0	0	0,02	0,0447
Rojo de Mortero E1 superficie RCB	20°	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0
	60°	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,56	0,0547
	85°	0	0	0	0	0	0	0
Rojo de Mortero F1 superficie LSB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,76	0,0894
	85°	0	0	0	0,1	0,1	0,04	0,0547
Rojo de Mortero F1 superficie LCB	20°	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0
	60°	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,78	0,0447
	85°	0	0	0	0	0,1	0,02	0,0447
Rojo de Mortero F1 superficie RSB	20°	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,46	0,0547
	60°	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,68	0,0447
	85°	0	0	0	0	0	0	0
Rojo de Mortero F1 superficie RCB	20°	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,46	0,0547
	60°	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,7	0,1
	85°	0	0	0	0	0	0	0

Brillo de los morteros impresos al seco.							Promedio	Desviación
Rojo de Mortero A2 superficie LSB	20°	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,54	0,0547
	60°	1,7	1,7	1,7	1,6	1,8	1,7	0,0707
	85°	0	0,1	0	0,2	0,2	0,1	0,1
Rojo de Mortero A2 superficie LCB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,68	0,0447
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de Mortero A2 superficie RSB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,84	0,0547
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de Mortero A2 superficie RCB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
	85°	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	0,0447
Rojo de Mortero B2 superficie LSB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	2,1	2	1,8	1,7	1,7	1,86	0,1816
	85°	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,22	0,0447
Rojo de Mortero B2 superficie LCB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	1,4	1,3	1,5	1,5	1,4	1,42	0,0836
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de Mortero B2 superficie RSB	20°	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,46	0,0547
	60°	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,78	0,0447
	85°	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,12	0,0447
Rojo de Mortero B2 superficie RCB	20°	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,46	0,0547
	60°	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,64	0,0547
	85°	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Rojo de RevoqueC2 superficie LSB	20°	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,82	0,0447
	60°	2,2	2,1	2,1	2,1	2,2	2,14	0,0547
	85°	3,9	4,6	4,6	4,6	4,7	4,48	0,3271
Rojo de RevoqueC2 superficie LCB	20°	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,74	0,0547
	60°	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,62	0,0447
	85°	6,5	6	5	5,8	6,5	5,96	0,6188
Rojo de RevoqueC2 superficie RSB	20°	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
	60°	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0
	85°	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0,14	0,0894
Rojo de RevoqueC2 superficie RCB	20°	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,82	0,0447
	60°	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,32	0,0447
	85°	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,28	0,109

Brillo de los morteros impresos al seco.							Promedio	Desviación
Rojo de RevoqueD2 superficie LSB	20°	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0
	60°	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,24	0,0547
	85°	2,7	2,5	2,9	3,2	2,8	2,82	0,2588
Rojo de RevoqueD2 superficie LCB	20°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0
	60°	2,2	2,4	2,6	2,6	2,6	2,48	0,1788
	85°	3,6	3,9	4,3	4,1	4,4	4,06	0,3209
Rojo de RevoqueD2 superficie RSB	20°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0
	60°	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,16	0,0547
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de RevoqueD2 superficie RCB	20°	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	60°	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
	85°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0
Rojo de Mortero E2 superficie LSB	20°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0
	60°	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,18	0,0447
	85°	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	0,1224
Rojo de Mortero E2 superficie LCB	20°	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,54	0,0547
	60°	1,9	1,8	1,9	1,9	1,9	1,88	0,0447
	85°	1,7	1,7	1,9	2,2	2,4	1,98	0,3114
Rojo de Mortero E2 superficie RSB	20°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0
	60°	1	1,1	1,1	0,9	1	1,02	0,0836
	85°	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Rojo de Mortero E2 superficie RCB	20°	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,52	0,0447
	60°	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,82	0,0447
	85°	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,12	0,0447
Rojo de Mortero F2 superficie LSB	20°	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
	60°	2,2	2,3	2,1	2	1,9	2,1	0,1581
	85°	0,9	0	0,7	0,7	0,7	0,6	0,3464
Rojo de Mortero F2 superficie LCB	20°	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0
	60°	1,9	1,9	1,7	1,5	1,6	1,72	0,1788
	85°	1,2	1,2	0,8	0,7	0,7	0,92	0,2588
Rojo de Mortero F2 superficie RSB	20°	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0
	60°	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
	85°	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Rojo de Mortero F2 superficie RCB	20°	0,6	0,5	0,6	0,6	0	0,46	0,2607
	60°	1	0,9	0,9	1	1	0,96	0,0547
	85°	0	0,1	0,1	0,1	0	0,06	0,0547

II.3 Datos de penetración. (Punto 4.3.4 - Pag.220).

Hay que tener en cuenta que a pesar de realizar las medidas en micras mediante el *software* de la cámara digital del microscopio, los valores son aproximados.

Para comparar mejor la penetración de la tinta en los diferentes morteros, se ha diferenciado entre la retención superficial y la difusión interna. En los morteros, el porcentaje de tinta retenida a nivel superficial es más evidente que en los revoques de yeso, donde la difusión interna es excesiva. Comparando estos dos tipos de absorción por separado, se puede determinar cual de los mortero es el que presenta una capacidad mayor de retención o de difusión de la tinta de impresión.

Los valores que aparecen en las tablas, utilizan como unidad de medida la micra (μm).

Retención superficial de la tinta roja en el <i>media</i> específico de impresión.						Promedio	Desviación
Canvas	28,434	29,392	27,821	28,153	29,254	28,610	0,6871

Retención superficial del color rojo en las técnicas pictóricas sobre el mortero tipo B.						Promedio	Desviación
Fresco	175,189	175,453	175,722	175,231	176,121	175,543	0,3862
Acuarela	36,155	37,215	37,414	37,156	37,251	37,038	0,5029
Gouache	44,033	45,121	45,655	45,721	45,498	45,205	0,6955
Acrílico	36,154	35,422	35,129	35,741	36,224	35,734	0,4690

Difusión interna del color rojo en las técnicas pictóricas sobre el mortero tipo B.						Promedio	Desviación
Fresco	670,656	671,451	671,72	671,21	671,93	671,393	0,4937
Acuarela	0	0	0	0	0	0	0
Gouache	0	0	0	0	0	0	0
Acrílico	0	0	0	0	0	0	0

Retención superficial de la tinta roja en los morteros impresos al fresco.						Promedio	Desviación
Mortero A1 superficie LSB	28,711	27,423	27,654	28,193	28,234	28,043	0,5101
Mortero A1 superficie LCB	42,808	42,765	42,531	43,123	42,623	42,77	0,2262
Mortero A1 superficie RSB	30,144	28,343	28,726	29,671	29,314	29,239	0,7204
Mortero A1 superficie RCB	49,594	49,621	49,641	48,821	48,732	49,281	0,4626
Mortero B1 superficie LSB	33,256	32,122	33,263	33,421	33,618	33,136	0,5857
Mortero B1 superficie LCB	53,778	52,824	53,246	53,362	53,429	53,327	0,3444
Mortero B1 superficie RSB	27,144	27,387	28,431	29,122	28,221	28,061	0,8036
Mortero B1 superficie RCB	59,569	59,432	59,443	59,611	59,441	59,499	0,0843
Revoque C1 superficie LSB	0	0	0	0	0	0	0
Revoque C1 superficie LCB	138,605	139,128	139,207	138,821	138,912	138,934	0,2416
Revoque C1 superficie RSB	0	0	0	0	0	0	0
Revoque C1 superficie RCB	174,781	174,183	174,231	174,892	174,223	174,462	0,3445
Revoque D1 superficie LSB	0	0	0	0	0	0	0
Revoque D1 superficie LCB	130,849	131,221	131,451	131,633	131,852	131,401	0,3862
Revoque D1 superficie RSB	0	0	0	0	0	0	0
Revoque D1 superficie RCB	191,338	191,571	192,211	192,373	192,421	191,982	0,4954
Mortero E1 superficie LSB	37,247	36,625	35,822	35,918	36,233	36,369	0,5825
Mortero E1 superficie LCB	42,171	42,831	42,912	43,121	42,184	42,643	0,4386
Mortero E1 superficie RSB	36,711	35,514	36,128	36,487	35,716	36,111	0,5035
Mortero E1 superficie RCB	105,286	104,721	104,848	105,136	105,144	105,027	0,2336
Mortero F1 superficie LSB	48,268	47,73	47,897	47,831	48,133	47,971	0,2222
Mortero F1 superficie LCB	27,833	27,942	28,123	28,242	28,321	28,092	0,2033
Mortero F1 superficie RSB	51,023	50,73	49,861	50,231	49,632	50,295	0,5812
Mortero F1 superficie RCB	62,503	62,621	63,131	63,178	62,764	62,839	0,3025

Difusión interna de la tinta roja en los morteros impresos al fresco.						Promedio	Desviación
Mortero A1 superficie LSB	76,713	76,541	75,821	75,732	76,215	76,204	0,4307
Mortero A1 superficie LCB	135,008	134,827	134,762	134,621	134,826	134,808	0,1394
Mortero A1 superficie RSB	66,968	67,238	67,431	67,278	67,872	67,357	0,3325
Mortero A1 superficie RCB	103,858	102,168	102,733	102,642	103,412	102,962	0,6690
Mortero B1 superficie LSB	126,793	125,234	126,326	125,436	125,518	125,861	0,6663
Mortero B1 superficie LCB	172,234	171,968	171,831	172,223	172,432	172,137	0,237
Mortero B1 superficie RSB	165,469	166,254	166,524	166,141	167,211	166,319	0,6316
Mortero B1 superficie RCB	161,989	160,877	160,921	161,661	161,482	161,386	0,4805
Revoque C1 superficie LSB	763,431	762,322	763,225	762,132	763,431	762,908	0,6310
Revoque C1 superficie LCB	553,808	554,221	554,755	554,63	554,857	554,454	0,4346
Revoque C1 superficie RSB	776,325	775,626	776,138	777,23	776,131	776,29	0,5861
Revoque C1 superficie RCB	522,991	523,271	523,655	523,732	523,911	523,512	0,3733
Revoque D1 superficie LSB	810,256	811,235	811,458	810,365	811,354	810,933	0,5755
Revoque D1 superficie LCB	501,031	502,204	502,331	501,43	501,784	501,756	0,5394
Revoque D1 superficie RSB	810,375	811,123	811,332	811,42	811,75	811,2	0,5135
Revoque D1 superficie RCB	712,236	712,432	713,221	713,431	713,628	712,989	0,6194
Mortero E1 superficie LSB	101,358	100,876	101,212	100,621	101,271	101,067	0,3093
Mortero E1 superficie LCB	127,558	126,481	126,793	127,411	127,294	127,107	0,4531
Mortero E1 superficie RSB	255,959	255,465	254,192	255,632	255,352	255,32	0,6708
Mortero E1 superficie RCB	207,614	206,845	206,89	206,732	206,846	206,985	0,3562
Mortero F1 superficie LSB	96,995	97,123	97,231	97,437	97,231	97,203	0,1627
Mortero F1 superficie LCB	189,501	189,436	189,324	189,43	189,764	189,491	0,1652
Mortero F1 superficie RSB	367,369	366,518	366,213	365,891	366,144	366,427	0,5720
Mortero F1 superficie RCB	129,599	129,48	129,587	129,689	129,341	129,539	0,1333

Retención superficial de la tinta roja en los morteros impresos al seco.						Promedio	Desviación
Mortero A2 superficie LSB	134,217	135,331	136,121	134,826	134,731	135,045	0,7196
Mortero A2 superficie LCB	130,798	131,136	131,344	131,423	131,662	131,272	0,3252
Mortero A2 superficie RSB	157,33	155,832	156,246	157,12	157,914	156,888	0,8410
Mortero A2 superficie RCB	131,411	132,266	131,562	131,621	131,739	131,719	0,3273
Mortero B2 superficie LSB	112,685	113,125	112,476	112,897	112,745	112,785	0,2424
Mortero B2 superficie LCB	98,857	97,621	97,431	97,921	98,232	98,012	0,5615
Mortero B2 superficie RSB	212,589	211,431	211,821	212,321	212,652	212,162	0,5240
Mortero B2 superficie RCB	159,116	159,231	159,343	158,736	158,837	159,052	0,2583
Revoque C2 superficie LSB	174,321	173,676	173,872	173,491	174,189	173,909	0,3458
Revoque C2 superficie LCB	102,046	101,786	101,822	102,231	102,185	102,014	0,2038
Revoque C2 superficie RSB	97,939	99,121	98,631	98,732	97,832	98,451	0,5489
Revoque C2 superficie RCB	197,792	196,833	196,745	197,541	197,831	197,348	0,5235
Revoque D2 superficie LSB	155,647	156,738	155,873	155,747	156,622	156,125	0,5142
Revoque D2 superficie LCB	98,857	99,104	98,605	98,412	98,125	98,620	0,3804
Revoque D2 superficie RSB	144,575	145,238	144,438	145,832	146,108	145,238	0,7398
Revoque D2 superficie RCB	158,172	159,132	158,246	158,369	158,782	158,540	0,4062
Mortero E2 superficie LSB	178,582	177,631	177,774	178,248	178,361	178,119	0,4021
Mortero E2 superficie LCB	213,661	214,212	214,321	214,535	214,721	214,29	0,4026
Mortero E2 superficie RSB	276,368	275,841	275,431	276,138	274,122	275,58	0,8871
Mortero E2 superficie RCB	194,297	194,831	193,761	193,827	193,918	194,126	0,4450
Mortero F2 superficie LSB	284,022	283,138	283,438	283,561	284,121	283,656	0,4108
Mortero F2 superficie LCB	267,873	267,215	266,724	266,547	266,833	267,038	0,5268
Mortero F2 superficie RSB	376,211	378,415	377,211	376,483	376,722	377,008	0,8679
Mortero F2 superficie RCB	250,781	251,132	250,621	250,531	250,428	250,698	0,2747

Difusión interna de la tinta roja en los morteros impresos al seco.						Promedio	Desviación
Mortero A2 superficie LSB	372,037	373,123	372,721	372,662	373,456	372,799	0,5343
Mortero A2 superficie LCB	207,282	207,368	207,691	208,133	208,197	207,734	0,4223
Mortero A2 superficie RSB	522,99	521,819	522,862	523,132	523,231	522,806	0,5696
Mortero A2 superficie RCB	190,164	191,637	190,541	191,254	190,864	190,892	0,5788
Mortero B2 superficie LSB	340,148	340,339	341,213	340,721	340,668	340,617	0,4080
Mortero B2 superficie LCB	132,023	133,432	132,436	133,214	133,523	132,925	0,6616
Mortero B2 superficie RSB	514,495	512,728	512,431	513,221	513,116	513,198	0,7903
Mortero B2 superficie RCB	340,961	341,283	342,121	341,921	341,722	341,601	0,4738
Revoque C2 superficie LSB	669,683	668,123	668,721	668,921	669,546	668,998	0,6359
Revoque C2 superficie LCB	585,979	585,631	585,233	584,873	584,766	585,296	0,5105
Revoque C2 superficie RSB	586,772	585,678	584,832	585,321	585,293	585,579	0,7313
Revoque C2 superficie RCB	497,478	497,328	497,921	496,826	496,738	497,258	0,4873
Revoque D2 superficie LSB	653,221	652,821	652,731	652,521	652,883	652,835	0,2553
Revoque D2 superficie LCB	637,791	637,544	637,421	636,821	636,946	637,304	0,4092
Revoque D2 superficie RSB	520,439	518,689	519,232	519,421	519,635	519,483	0,6392
Revoque D2 superficie RCB	432,211	431,893	431,762	432,127	432,221	432,042	0,2051
Mortero E2 superficie LSB	365,659	364,221	364,821	364,912	365,332	364,989	0,5455
Mortero E2 superficie LCB	377,599	376,821	376,331	376,248	376,151	376,63	0,6000
Mortero E2 superficie RSB	492,105	492,211	491,732	491,873	491,659	491,916	0,2369
Mortero E2 superficie RCB	325,324	326,123	325,411	325,631	326,841	325,866	0,6270
Mortero F2 superficie LSB	382,431	384,321	383,667	383,348	383,421	383,437	0,6809
Mortero F2 superficie LCB	405,024	405,123	404,832	404,761	404,521	404,852	0,2351
Mortero F2 superficie RSB	495,488	496,136	496,254	496,346	496,388	496,122	0,3675
Mortero F2 superficie RCB	401,862	401,842	400,734	400,53	401,622	401,318	0,6373

II.4 Datos de absorción. (Punto 4.3.5 - Pag.247).

Para medir la absorción se ha utilizado el *KIT-Esponjas de Contacto de CTS®*. Los promedios obtenidos, corresponden a las cuatro mediciones realizadas en cada una de las superficies.

La humedad extra que aporta la esponja, continúa arrastrando las partículas de tinta hacia el interior, pudiendo desvirtuar la profundidad de penetración de las muestras estratigráficas. Ésta es la razón fundamental por la que no se han hecho pruebas de absorción en toda la superficie de la probeta.

Los valores que aparecen en la siguiente tabla, utilizan como unidad de medida el índice de absorción (W_a) que se obtiene con la siguiente fórmula:

$$W_a (\text{g/cm}^2 \cdot \text{min}) = (P_i - P_f) / 23,76 \times t$$

Absorción de las superficies murales impresas.						
	A 3-4 R	B 6-7 R	C 3-4 L	D 6-7 L	Promedio	Desviación
Técnica Fresco sobre mortero B	0,1216	0,1039	0,1228	0,0955	0,1109	0,0134
Mortero A1	0,0694	0,0673	0,0833	0,0808	0,0752	0,0080
Mortero A2	0,0467	0,0500	0,0698	0,0698	0,0590	0,0124
Mortero B1	0,1153	0,0757	0,1384	0,1342	0,1159	0,0286
Mortero B2	0,0530	0,0370	0,0353	0,0437	0,0422	0,0080
Revoque C1	0,1835	0,1927	0,1990	0,1923	0,1918	0,0063
Revoque C2	0,1287	0,1014	0,1338	0,0997	0,1159	0,0178
Revoque D1	0,1418	0,1477	0,1603	0,1763	0,1565	0,0152
Revoque D2	0,1123	0,1161	0,1241	0,1313	0,1209	0,0084
Mortero E1	0,1700	0,1574	0,1649	0,1544	0,1616	0,0070
Mortero E2	0,0799	0,0871	0,0862	0,0740	0,0818	0,0061
Mortero F1	0,1927	0,1822	0,1868	0,1813	0,1857	0,0052
Mortero F2	0,1708	0,1409	0,1346	0,1321	0,1446	0,0178

II.5 Datos de decoloración. (Punto 4.3.8 - Pag.265).

Para medir la decoloración de los morteros impresos al fresco y al seco, se ha utilizado el espectrofotómetro *i1*[®]. Los promedios han sido calculados a partir de cinco disparos.

FRESCO		(Referencia)		(3 Meses)		(2 Meses)		(1 Mes)	
		Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
Color 1	L*	41,3	0,5	63,3	0,5	62,2	0,9	62,2	0,2
	a*	-5	0,8	-25,8	0,7	-25,9	0,5	-23,2	0,7
	b*	-33,9	0,5	-25,90	0,05	-26,9	0,2	-26,1	0,8
	C	34,2	0,6	36,52	0,19	37,4	0,9	34,94	0,07
	h	261,56	0,13	225,1	0,6	226,1	0,4	228,3	0,3
Color 2	L*	58,9	0,4	84,88	0,18	81,4	0,2	80,26	0,15
	a*	38,3	0,7	3,1	0,3	7,72	0,11	6,8	0,7
	b*	25,4	0,5	22,38	0,16	26,8	0,4	31,2	0,8
	C	46	0,2	22,6	0,2	27,9	0,4	31,9	0,8
	h	33,5	0,5	82	0,6	73,96	0,09	77,7	0,4
Color 3	L*	83,2	0,2	87,2	0,16	85,4	0,3	84,5	0,3
	a*	9,8	0,5	-1,06	0,15	0,5	0,3	1,7	0,2
	b*	67,86	0,17	33,8	0,4	46,3	0,9	48	0,7
	C	68,5	0,2	33,8	0,4	46,3	0,9	48	0,7
	h	81,78	0,19	91,8	0,3	89,4	0,5	87,9	0,3
Color 4	L*	32,4	0,3	57,6	0,3	50,3	0,4	49,4	0,4
	a*	3,2	0,9	-21,4	0,4	-21,6	0,4	-18,9	0,6
	b*	-4,46	0,15	-2,6	0,5	1,1	0,9	-0,6	0,4
	C	5,7	0,5	21,5	0,3	21,6	0,5	18,9	0,3
	h	311,7	0,5	187	0,4	177,2	0,3	183,72	0,03
Color 6	L*	55,6	0,3	67	0,4	63,8	0,5	62	0,2
	a*	-26,2	0,8	-27,2	0,5	-30,4	0,4	-30,3	0,9
	b*	28,6	0,16	19,2	0,9	2	0,8	26,66	0,02
	C	38,8	0,3	33,3	0,8	38,8	0,8	40,36	0,11
	h	132,5	0,7	144,88	0,09	141,7	0,7	138,68	0,13
Color 7	L*	40,7	0,2	69	0,4	60,9	0,4	57,6	0,8
	a*	13,8	0,4	-11,4	1,3	-11,8	0,9	-11,4	0,8
	b*	12,1	0,12	18,6	0,4	20,22	0,06	21,6	0,6
	C	18,4	0,3	21,8	0,5	23,4	0,6	24,4	0,9
	h	41,3	0,8	121,54	0,13	120,32	0,11	117,8	0,3
Color 8	L*	65,3	0,3	82,6	0,5	79,9	0,3	80,1	0,4
	a*	11,9	0,13	-7,6	0,3	-7,9	0,6	-7,4	0,3
	b*	38,9	0,2	22,2	0,5	28,8	0,5	30,4	0,8
	C	40,7	0,4	23,5	0,6	29,9	0,4	31,3	0,8
	h	73	0,3	108,9	0,7	105,6	0,8	103,7	0,7

SECO		(Referencia)		(3 Meses)		(2 Meses)		(1 Mes)	
		Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
Color 1	L*	61,48	0,16	91	0,6	79,8	0,8	76,8	0,7
	a*	-14,9	0,3	-2,54	0,13	-15,1	0,5	-17,24	0,01
	b*	-28,1	0,6	1,3	0,3	-12,7	0,9	-17,1	0,8
	C	31,8	0,5	2,9	0,1	19,8	0,9	24,3	0,02
	h	242,1	0,7	153,8	0,1	220,08	0,19	224,8	0,9
Color 2	L*	73,7	0,3	92,3	0,2	90,72	0,13	90,4	0,3
	a*	19,74	0,03	-0,22	0,04	-0,4	0,3	0,5	0,2
	b*	13,6	0,7	10,7	0,4	15,0	0,3	17,4	0,3
	C	24	0,3	10,7	0,4	15,0	0,3	17,4	0,3
	h	34,7	0,8	91,24	0,13	91,4	0,3	88,4	0,7
Color 3	L*	88	0,3	91,7	0,4	90,22	0,19	90,8	0,19
	a*	3	0,3	-0,38	0,11	-0,74	0,11	-0,32	0,16
	b*	39,9	0,4	14,5	0,2	19,8	0,7	27,6	0,2
	C	40	0,3	14,5	0,2	19,8	0,7	27,6	0,2
	h	85,8	0,2	91,5	0,4	92,2	0,3	90,7	0,3
Color 4	L*	63,9	0,4	90,1	0,3	84,1	0,2	82,94	0,17
	a*	-4,9	0,13	-3,22	0,13	-8,9	0,4	-10,2	0,4
	b*	-7,16	0,7	6,06	0,15	4,6	0,3	3,9	0,7
	C	8,6	0,2	6,86	0,05	9,96	0,19	10,9	0,2
	h	234,7	0,16	117,8	0,4	152,8	0,6	158,9	0,3
Color 6	L*	73,52	0,3	89,5	0,2	84,08	0,12	82,74	0,15
	a*	-20,5	0,7	-4,20	0,12	-9,8	0,4	-12,8	0,3
	b*	12,2	0,5	9,98	0,15	13,02	0,02	12,9	0,2
	C	23,9	0,19	10,82	0,16	15,7	0,5	18,2	0,3
	h	149,3	0,2	112,8	0,8	128,7	0,2	134,6	0,5
Color 7	L*	67,6	0,8	90,8	0,3	86,5	0,4	83,2	0,4
	a*	-1,6	0,3	-2,0	0,3	-5,3	0,4	-7,5	0,2
	b*	5	0,4	10,14	0,09	12,1	0,3	15,7	0,6
	C	5,3	0,3	10,34	0,15	13,2	0,2	17,4	0,6
	h	107,5	0,4	100,9	1,8	113,8	0,9	115,6	0,6
Color 8	L*	74,1	0,5	91,94	0,05	88,7	0,3	86,6	0,2
	a*	-0,3	0,5	-0,9	0,2	-1,8	0,7	-4,7	0,3
	b*	16,3	0,5	11,7	0,5	16,1	0,5	20,1	0,2
	C	16,3	0,5	11,7	0,6	16,2	0,6	20,66	0,13
	h	91	0,7	94,7	0,9	96,2	0,3	103	0,04

Probeta A1 Impresa al FRESCO. Cálculo de incrementos: 3 meses, 2 meses y 1 mes.																
3 Meses	L*(Ref.)	L*(3M)	ΔL^* (3M-Ref.)	a*(Ref.)	a*(3M)	Δa^* (3M-Ref.)	b*(Ref.)	b*(3M)	Δb^* (3M-Ref.)	C*(Ref.)	C*(3M)	ΔC^* (3M-Ref.)	h (Ref.)	h (3M)	Δh (3M-Ref.)	ΔE^*
Color 1	41,3	63,3	22	-5,04	-25,8	-20,8	-33,9	-25,90	8,0	34,2	36,52	2,3	261,56	225,1	-36,5	31,29
Color 2	58,9	84,88	26	38,3	3,1	-35,2	25,4	22,38	-3,0	46	22,6	-23,4	33,5	82	48,5	43,85
Color 3	83,2	87,2	4	9,8	-1,06	-10,9	67,86	33,8	-34,1	68,5	33,8	-34,7	81,78	91,8	10	36
Color 4	32,4	57,6	25,2	3,2	-21,4	-24,62	-4,46	-2,6	1,84	5,7	21,5	15,84	311,7	187	-124,7	35,25
Color 6	55,6	67	11,4	-26,2	-27,2	-1	28,60	19,2	-9,4	38,8	33,3	-5,5	132,5	144,88	12,4	14,84
Color 7	40,7	69	28,3	13,8	-11,4	-25,2	12,10	18,6	6,5	18,4	21,8	3,4	41,3	121,54	80,2	38,45
Color 8	65,3	82,6	17,3	11,90	-7,6	-19,5	38,9	22,2	-16,7	40,7	23,5	-17,2	73	108,9	35,9	31,02
2 Meses	L*(Ref.)	L*(2M)	ΔL^* (2M-Ref.)	a*(Ref.)	a*(2M)	Δa^* (2M-Ref.)	b*(Ref.)	b*(2M)	Δb^* (2M-Ref.)	C*(Ref.)	C*(2M)	ΔC^* (2M-Ref.)	h (Ref.)	h (2M)	Δh (2M-Ref.)	ΔE^*
Color 1	41,3	62,2	21	-5,04	-25,9	-20,9	-33,9	-26,9	7,0	34,2	37,4	3,2	261,56	226,1	-35,5	30,42
Color 2	58,9	81,4	22,5	38,3	7,72	-30,6	25,4	26,8	1,5	46	27,9	-18,1	33,5	73,96	40,5	38,03
Color 3	83,2	85,4	2,2	9,8	0,5	-9,3	67,86	46,3	-21,6	68,5	46,3	-22,2	81,78	89,4	7,6	23,62
Color 4	32,4	50,3	17,8	3,2	-21,6	-24,8	-4,46	1,1	5,52	5,7	21,6	15,94	311,7	177,2	-134,5	31,04
Color 6	55,6	63,8	8,3	-26,2	-30,4	-4,2	28,6	24	-4,6	38,8	38,8	0	132,5	141,7	9,2	10,35
Color 7	40,7	60,9	20,2	13,8	-11,8	-25,6	12,1	20,22	8,1	18,4	23,4	5	41,3	120,32	79	33,59
Color 8	65,3	79,9	14,6	11,90	-7,9	-19,8	38,9	28,8	-10,1	40,7	29,9	-10,8	73	105,6	32,6	26,63
1 Mes	L*(Ref.)	L*(1M)	ΔL^* (1M-Ref.)	a*(Ref.)	a*(1M)	Δa^* (1M-Ref.)	b*(Ref.)	b*(1M)	Δb^* (1M-Ref.)	C*(Ref.)	C*(1M)	ΔC^* (1M-Ref.)	h (Ref.)	h (1M)	Δh (1M-Ref.)	ΔE^*
Color 1	41,3	62,2	20,9	-5,04	-23	-18,2	-33,9	-26,1	7,8	34,2	34,94	0,7	261,56	228,3	-33,3	28,79
Color 2	58,9	80,26	21,4	38,3	6,8	-31,5	25,4	31,2	5,8	46	31,9	-14,1	33,5	77,7	44,2	38,5
Color 3	83,2	84,5	1,3	9,8	1,7	-8,1	67,86	48	-19,8	68,5	40	-28,5	81,78	87,9	6,1	21,46
Color 4	32,4	49,4	16,9	3,2	-18,9	-22,16	-4,46	-0,6	3,86	5,7	18,9	13,24	311,7	183,72	-127,98	28,15
Color 6	55,6	62	6,4	-26,2	-30,3	-4,1	28,60	26,66	-1,9	38,8	40,36	1,5	132,5	138,68	6,2	7,87
Color 7	40,7	57,6	16,9	13,8	-11,4	-25,2	12,10	21,6	9,5	18,4	24,4	6	41,3	117,8	76,5	31,78
Color 8	65,3	80,1	14,8	11,90	-7,4	-19,3	38,9	30,4	-8,6	40,7	31,3	-9,4	73	103,7	30,7	25,78
Probeta A2 Impresa al SECO. Cálculo de incrementos de: 3 meses, 2 meses y 1 mes.																
3 Meses	L*(Ref.)	L*(3M)	ΔL^* (3M-Ref.)	a*(Ref.)	a*(3M)	Δa^* (3M-Ref.)	b*(Ref.)	b*(3M)	Δb^* (3M-Ref.)	C*(Ref.)	C*(3M)	ΔC^* (3M-Ref.)	h (Ref.)	h (3M)	Δh (3M-Ref.)	ΔE^*
Color 1	61,48	91	29,5	-14,9	-2,54	12,4	-28,1	1,3	29,4	31,8	2,9	-28,9	242,1	153,8	-88,3	43,46
Color 2	73,7	92,3	18,6	19,74	-0,22	-20	13,6	10,7	-2,9	24	10,7	-13,3	34,7	91,24	56,5	27,44
Color 3	88	91,7	3,7	3	-0,38	-3,4	39,9	14,5	-25,4	40	14,5	-25,5	85,8	91,5	5,7	25,89
Color 4	63,9	90,1	26,20	-4,9	-3,22	1,68	-7,16	6,06	13,22	8,6	6,86	-1,74	234,7	117,8	-116,9	29,39
Color 6	73,52	89,5	16	-20,5	-4,2	16,3	12,2	9,98	-2,2	23,9	10,82	-13,1	149,3	112,8	-36,5	22,93
Color 7	67,6	90,8	23,2	-1,6	-2	-0,4	5	10,14	5,1	5,3	10,34	5	107,5	100,9	-6,6	23,77
Color 8	74,1	91,94	17,8	-0,3	-0,9	-0,6	16,3	11,7	-4,6	16,3	11,7	-4,6	91	94,7	3,7	18,43
2 Meses	L*(Ref.)	L*(2M)	ΔL^* (2M-Ref.)	a*(Ref.)	a*(2M)	Δa^* (2M-Ref.)	b*(Ref.)	b*(2M)	Δb^* (2M-Ref.)	C*(Ref.)	C*(2M)	ΔC^* (2M-Ref.)	h (Ref.)	h (2M)	Δh (2M-Ref.)	ΔE^*
Color 1	61,48	78,8	17,3	-14,9	-15,1	-0,2	-28,1	-12,7	15,4	31,8	19,8	-12	242,1	220,08	-22,02	23,18
Color 2	73,7	90,72	17,02	19,74	-0,4	-20,14	13,6	15	1,4	24	15	-9	34,7	91,4	56,7	26,41
Color 3	88	90,22	2,2	3	-0,74	-3,7	39,9	19,8	-20,1	40	19,8	-20,2	85,8	92,2	6,4	20,57
Color 4	63,9	84,1	20,2	-4,9	-8,9	-4	-7,16	4,6	11,76	8,6	9,96	1,36	234,7	152,8	-81,9	23,71
Color 6	73,52	84,08	10,6	-20,5	-9,8	10,7	12,2	13,02	0,8	23,9	15,7	-8,2	149,3	128,7	-20,6	15,06
Color 7	67,6	86,5	18,9	-1,6	-5,3	-3,7	5	12,1	7,1	5,3	13,2	7,9	107,5	113,8	6,3	20,53
Color 8	74,1	88,7	14,6	-0,3	-1,8	-1,5	16,3	16,1	-0,2	16,3	16,2	0	91	96,2	5,2	14,68
1 Mes	L*(Ref.)	L*(1M)	ΔL^* (1M-Ref.)	a*(Ref.)	a*(1M)	Δa^* (1M-Ref.)	b*(Ref.)	b*(1M)	Δb^* (1M-Ref.)	C*(Ref.)	C*(1M)	ΔC^* (1M-Ref.)	h (Ref.)	h (1M)	Δh (1M-Ref.)	ΔE^*
Color 1	61,48	76,8	15,3	-14,9	-17,24	-2,3	-28,1	-17,1	11	31,8	24,3	-7,5	242,1	224,8	-17,3	19,005
Color 2	73,7	90,4	16,7	19,74	0,5	-19,2	13,6	17,4	3,8	24	17,4	-6,6	34,7	88,4	53,7	25,8
Color 3	88	90,8	2,8	3	-0,32	-3,3	39,9	27,6	-12,3	40	27,6	-12,4	85,8	90,7	4,9	13,04
Color 4	63,9	82,94	19,04	-4,9	-10,2	-5,30	-7,16	3,9	11,06	8,6	10,9	2,3	234,7	158,9	-75,8	22,6
Color 6	73,52	82,74	9,2	-20,5	-12,8	7,7	12,2	12,9	0,7	23,9	18,2	-5,7	149,3	134,6	-14,7	12,03
Color 7	67,6	83,2	15,6	-1,6	-7,5	-5,9	5	15,7	10,7	5,3	17,4	12,1	107,5	115,6	8,1	19,8
Color 8	74,1	86,6	12,5	-0,3	-4,7	-4,4	16,3	20,1	3,8	16,3	20,66	4,4	91	103	12	13,8

FRESCO	CLARIDAD				CROMA				TONO						
3 Meses	L*(Ref.)		L*(3M)	ΔL^* (3M-Ref.)	C*(Ref.)		C*(3M)	ΔC^* (3M-Ref.)	h (Ref.)		h (3M)	Δh (3M-Ref.)			
Color 1	41,3	Medio	63,3	Claro	22	34,2	Medio	36,52	Medio	2,3	261,56	Azul Turquesado	225,1	Cyan-Turquesa	-36,5
Color 2	58,9	Claro	84,88	Muy Claro	26	46	Vivo	22,6	Débil	-23,4	33,5	Rojo	82	Amarillo anaranjado	48,5
Color 3	83,2	Muy Claro	87,2	Blanco	4	68,5	Vivo	33,8	Medio	-34,7	81,78	Amarillo anaranjado	91,8	Amarillo	10
Color 4	32,4	Oscuro	57,6	Claro	25,2	5,7	Grisáceo	21,5	Débil	15,84	311,7	Violeta-Púrpura	187	Esmeralda cianado	-124,7
Color 6	55,6	Medio	67	Claro	11,4	38,8	Medio	33,3	Medio	-5,5	132,5	Limón-Verde	144,88	Verde limonado	12,4
Color 7	40,7	Medio	69	Claro	28,3	18,4	Débil	21,8	Débil	3,4	41,3	Rojo-Naranja	121,54	Limón	80,2
Color 8	65,3	Claro	82,6	Muy Claro	17,3	40,7	Medio	23,5	Débil	-17,2	73	Naranja-Amarillo	108,9	Amarillo-limón	35,9
2 Meses	L*(Ref.)		L*(2M)	ΔL^* (2M-Ref.)	C*(Ref.)		C*(2M)	ΔC^* (2M-Ref.)	h (Ref.)		h (2M)	Δh (2M-Ref.)			
Color 1	41,3	Medio	62,2	Claro	21	34,2	Medio	37,4	Medio	3,2	261,56	Azul Turquesado	226,1	Cyan-Turquesa	-35,5
Color 2	58,9	Claro	81,4	Muy Claro	22,5	46	Vivo	27,9	Medio	-18,1	33,5	Rojo	73,96	Naranja-Amarillo	40,5
Color 3	83,2	Muy Claro	85,4	Muy Claro	2,2	68,5	Vivo	46,3	Fuerte	-22,2	81,78	Amarillo anaranjado	89,4	Amarillo	7,6
Color 4	32,4	Oscuro	50,3	Medio	17,8	5,7	Grisáceo	21,6	Débil	-15,94	311,7	Violeta-Púrpura	177,2	Esmeralda	-134,5
Color 6	55,6	Medio	63,8	Claro	8,3	38,8	Medio	38,8	Medio	0	132,5	Limón-Verde	141,7	Verde limonado	9,2
Color 7	40,7	Medio	60,9	Claro	20,2	18,4	Débil	23,4	Débil	5	41,3	Rojo-Naranja	120,32	Limón	79
Color 8	65,3	Claro	79,9	Muy Claro	14,6	40,7	Medio	29,9	Medio	-10,8	73	Naranja-Amarillo	105,6	Amarillo-limón	32,6
1 Mes	L*(Ref.)		L*(1M)	ΔL^* (1M-Ref.)	C*(Ref.)		C*(1M)	ΔC^* (1M-Ref.)	h (Ref.)		h (1M)	Δh (1M-Ref.)			
Color 1	41,3	Medio	62,2	Claro	20,9	34,2	Medio	34,94	Medio	0,7	261,56	Azul Turquesado	228,3	Cyan-Turquesa	-33,3
Color 2	58,9	Claro	80,26	Muy Claro	21,4	46	Vivo	31,9	Medio	-14,1	33,5	Rojo	77,7	Naranja-Amarillo	44,2
Color 3	83,2	Muy Claro	84,5	Muy claro	1,3	68,5	Vivo	40	Medio	-28,5	81,78	Amarillo anaranjado	87,9	Amarillo	6,1
Color 4	32,4	Oscuro	49,4	Medio	16,9	5,7	Grisáceo	18,9	Débil	13,24	311,7	Violeta-Púrpura	183,72	Esmeralda cianado	-127,98
Color 6	55,6	Medio	62	Claro	6,4	38,8	Medio	40,36	Medio	1,5	132,5	Limón-Verde	138,68	Limón-Verde	6,2
Color 7	40,7	Medio	57,6	Claro	16,9	18,4	Débil	24,4	Débil	6	41,3	Rojo-Naranja	117,8	Limón	76,5
Color 8	65,3	Claro	80,1	Muy Claro	14,8	40,7	Medio	31,3	Medio	-9,4	73	Naranja-Amarillo	103,7	Amarillo-limón	30,7
SECO	CLARIDAD				CROMA				TONO						
3 Meses	L*(Ref.)		L*(3M)	ΔL^* (3M-Ref.)	C*(Ref.)		C*(3M)	ΔC^* (3M-Ref.)	h (Ref.)		h (3M)	Δh (3M-Ref.)			
Color 1	61,48	Medio	91	Blanco	29,5	31,8	Medio	2,9	Grisáceo	-28,9	242,1	Turquesa	153,8	Verde esmeraldado	-88,3
Color 2	73,7	Claro	92,3	Blanco	18,6	24	Débil	10,7	Débil	-13,3	34,7	Rojo anaranjado	91,24	Amarillo	56,5
Color 3	88	Muy Claro	91,7	Blanco	3,7	40	Medio	14,5	Débil	-25,5	85,8	Amarillo anaranjado	91,5	Amarillo	5,7
Color 4	63,9	Oscuro	90,1	Blanco	26,20	8,6	Débil	6,86	Grisáceo	-1,74	234,7	Turquesa cianado	117,8	Limón	-116,9
Color 6	73,52	Medio	89,5	Blanco	16,0	23,9	Débil	10,82	Débil	-13,1	149,3	Verde	112,8	Limón amarillento	-36,5
Color 7	67,6	Medio	90,8	Blanco	23,2	5,3	Grisáceo	10,34	Débil	5	107,5	Amarillo-limón	100,9	Amarillo limonado	-6,6
Color 8	74,1	Claro	91,94	Blanco	17,8	16,3	Débil	11,7	Débil	-4,6	91	Amarillo	94,7	Amarillo limonado	3,7
2 Meses	L*(Ref.)		L*(2M)	ΔL^* (2M-Ref.)	C*(Ref.)		C*(2M)	ΔC^* (2M-Ref.)	h (Ref.)		h (2M)	Δh (2M-Ref.)			
Color 1	61,48	Medio	78,8	Muy Claro	17,3	31,8	Medio	19,8	Débil	-12	242,1	Turquesa	220,08	Cyan-Turquesa	-22,02
Color 2	73,7	Claro	90,72	Blanco	17,02	24	Débil	15	Débil	-9	34,7	Rojo anaranjado	91,4	Amarillo	56,7
Color 3	88	Muy Claro	90,22	Blanco	2,2	40	Medio	19,8	Débil	-20,2	85,8	Amarillo anaranjado	92,2	Amarillo	6,4
Color 4	63,9	Oscuro	84,1	Muy claro	20,2	8,6	Débil	9,96	Débil	1,36	234,7	Turquesa cianado	152,8	Verde	-81,9
Color 6	73,52	Medio	84,08	Muy claro	10,6	23,9	Débil	15,7	Débil	-8,2	149,3	Verde	128,7	Limón verdoso	-20,6
Color 7	67,6	Medio	86,5	Blanco	18,9	5,3	Grisáceo	13,2	Débil	7,9	107,5	Amarillo-limón	113,8	Limón amarillento	6,3
Color 8	74,1	Claro	88,7	Blanco	14,6	16,3	Débil	16,2	Débil	0	91	Amarillo	96,2	Amarillo limonado	5,2
1 Mes	L*(Ref.)		L*(1M)	ΔL^* (1M-Ref.)	C*(Ref.)		C*(1M)	ΔC^* (1M-Ref.)	h (Ref.)		h (1M)	Δh (1M-Ref.)			
Color 1	61,48	Medio	76,8	Blanco	15,3	31,8	Medio	24,3	Débil	-7,5	242,1	Turquesa	224,8	Cyan-Turquesa	-17,3
Color 2	73,7	Claro	90,4	Blanco	16,7	24	Débil	17,4	Débil	-6,6	34,7	Rojo anaranjado	88,4	Amarillo	53,7
Color 3	88	Muy Claro	90,8	Muy claro	2,8	40	Medio	27,6	Medio	-12,4	85,8	Amarillo anaranjado	90,7	Amarillo	4,9
Color 4	63,9	Oscuro	82,94	Muy claro	10,04	8,6	Débil	10,9	Débil	2,3	234,7	Turquesa cianado	158,9	Verde esmeraldado	-75,80
Color 6	73,52	Medio	83,74	Muy claro	9,2	23,9	Débil	18,2	Débil	-5,7	149,3	Verde	134,6	Limón-Verde	-14,7
Color 7	67,6	Medio	82,2	Muy claro	15,6	5,3	Grisáceo	17,4	Débil	12,1	107,5	Amarillo-limón	115,6	Limón	8,1
Color 8	74,1	Claro	86,6	Blanco	12,5	16,3	Débil	20,66	Débil	4,4	91	Amarillo	103	Amarillo-limón	12

ANEXO III. FICHAS TÉCNICAS DE PRODUCTOS



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD CARTUCHO DE TINTA NEGRA (K)

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O EL PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

Identificación de la sustancia o del preparado.	51655 Series
Empleo de la Sustancia/Preparación.	Impresión con chorro de tinta
Versión.	05
Fecha de revisión.	04-08-2010
Familia química.	Tinta
Nº CAS.	Mezcla
Identificación de la Empresa.	Hewlett Packard Española, S.L. C/Vicente Aleixandre, 1 Parque empresarial Las Rozas Las Rozas 28230 Madrid España 3491-6348800 Teléfono 91 6348800
	Linea telefónica de Hewlett-Packard de efectos sobre la salud (Llamada gratuita en EE.UU.) 1-800-457-4209 (Directo) 1-503-494-7199 Línea de asistencia al cliente de HP (Llamada gratuita en EE.UU.) 1-800-474-6836 (Directo) 1-208-323-2551 Correo electrónico: hpcustomer.inquires@hp.com Número de teléfono del Centro de Información de Envenenamiento 093 317 4400

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Descripción general para emergencias.	El contacto con la piel y los ojos puede causar irritación
Efectos graves en la salud.	Cualquier peligro potencial se presupone que es debido a la exposición a los componentes.
Contacto con la piel.	2-pirrolidona El contacto con la piel puede provocar irritaciones.
Contacto con los ojos.	2-pirrolidona El contacto con los ojos puede provocar irritaciones.
Inhalación.	Alcohol isopropílico El contacto con los ojos puede provocar irritaciones graves. 2-pirrolidona La inhalación puede provocar irritación respiratoria. Alcohol isopropílico La inhalación puede provocar somnolencia o mareo.
Ingestión.	2-pirrolidona La ingestión puede causar náuseas, vómitos y diarrea.
Potenciales efectos sobre la salud	Las vías potenciales de sobreexposición a este producto son el contacto con la piel y con los ojos
Vías de exposición.	La inhalación de vapor y la ingestión no se consideran vías significativas de exposición a este producto en condiciones normales de uso.
Efectos crónicos sobre la salud.	No se dispone de datos completos de toxicidad para esta formulación específica Negro carbón: Los estudios de inhalación crónica realizados con finas partículas de polvo provocan tumores pulmonares en animales. La clasificación de la IARC se basó en estos resultados. La IARC concluyó además que "no hay pruebas concluyentes que muestren que el negro carbón no sea cancerígeno en humanos". No se espera que se produzca la inhalación de finas partículas de polvo en condiciones normales de uso de esta tinta.

Carcinogenicidad.	La IARC clasifica el negro carbón como carcinógeno de Grupo 2B (la sustancia es posiblemente cancerígena para los humanos). ningún otro componente de esta preparación se ha clasificado como cancerígeno según la ACGIH, EU, IARC, MAK, NTP u OSHA.
Información adicional.	Esta tinta negra no está clasificada según la Directiva de la UE 1999/45/CE.
Clasificación.	No clasificado.
Peligros físicos.	No clasificado como factor de riesgo.
Riesgos para la salud.	No clasificado como peligroso para la salud.
Peligros para el medio ambiente.	No clasificado como peligro para el medio ambiente.

3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Componentes	Nº CAS	Porcentaje	No. CE	Clasificación
Tinta Negra				
Alcoholo isopropílico	67-63-0	< 2,5	200-661-7	F;R11, Xi;R36, R67
Negro carbón	1333-86-4	< 5	215-609-9	
2-pirrolidona	616-45-5	< 15	210-483-1	Xi;R36/38
Agua	7732-18-5	< 80	231-791-2	

Comentarios sobre la composición.	Este suministro de tinta contiene una formulación de tinta acuosa. Este producto ha sido valorado según los criterios especificados en las directivas de la UE 67/548/CEE y 1999/45/CE y sus enmiendas. Para consultar el texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, consulte la Sección 16.
--	---

4. PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación.	Salga al aire libre. Si persisten los síntomas, busque atención médica.
Contacto con la piel.	Lavar perfectamente las zonas afectadas con agua y jabón suave. Si la irritación persiste, busque atención médica.
Contacto con los ojos.	No frotarse los ojos. Aclarar inmediatamente con abundante agua limpia y tibia (con baja presión) durante al menos 15 minutos o hasta que se eliminen las partículas. Si la irritación persiste busque atención médica.
Ingestión.	Si se ha ingerido una gran cantidad, busque atención médica.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción adecuados.	CO ₂ , agua, sustancias químicas secas, o espuma
Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad.	Ningún conocido.
Peligros poco comunes de explosión y de incendio.	Ningún conocido.
Productos de combustión peligrosos.	Consultar la sección 10.
Peligros específicos.	Ningún conocido.
Métodos específicos.	No se ha establecido ninguno.
Productos de combustión peligrosos.	Consultar la sección 10.

6. MEDIDAS EN CASO DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL

Precauciones personales.	Use un equipo de protección apropiado.
Precauciones medioambientales.	No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. No arrojar a las aguas corrientes ni sanitarias.
Información adicional.	Empapar en material absorbente inerte. Aspirar o barrer lentamente el material y depositarlo en una bolsa o en cualquier otro envase sellado. Eliminar según las normativas locales, estatales y federales. Véase también la sección 13, Consideraciones sobre residuos.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación.	Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa
Almacenamiento.	Manténgase fuera del alcance de los niños. Mantener alejado del frío o calor extremos.

8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

Valores límites de exposición.

España			
Componentes	Type	Valor	
Alcohol isopropílico (67-63-0)	Media ponderada en el Tiempo (TWA)	400.0000 ppm	
	STEL	998.0000 MG/M3 1250.0000 MG/M3 500.0000ppm	
Negro carbón (1333-86-4)	Media Ponderada en el tiempo (TWA)	3.5000 MG/M3	
Datos adicionales de exposición.	No se han establecido los límites de exposición para este producto.		
Protección respiratoria.	Asegure una ventilación adecuada.		
Protección de los ojos.	Si se emplea en otras condiciones diferentes a las normales (como en el caso de un gran vertido), pueden requerirse gafas protectoras y mascarillas.		
Protección de la piel y del cuerpo.	No es necesario si se emplea en condiciones normales. Si se utiliza en condiciones normales, no se requieren guantes protectores.		
General.	Utilizar un equipo de protección personal para minimizar la exposición a la piel y a los ojos.		
Medidas de higiene.	Manipular según las buenas prácticas de seguridad e higiene en el trabajo.		

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto.	No disponible.
Estado física.	Líquido.
Forma.	No disponible.
Color.	Negro.
Olor.	No disponible.
Umbral de olor.	No disponible.
pH.	7.8 - 8.4
Punto de ebullición.	>= 93,3 °C (>= 200 °F)
Punto de inflamación.	55 - 57.8 °C (131 - 136 °F) Vaso cerrado Pensky-Martens; No se ha detectado ignición, combustión sostenida ni inflamación en la Prueba de combustión sostenida (método en US 49CFR173, Apéndice H).
Límites de inflamabilidad en aire, Superior, % por volumen.	No disponible.
Límites de inflamabilidad en aire, Inferior, % por volumen.	No disponible.
Presión de vapor.	Sin determinar.
Densidad relativa.	No disponible.
Solubilidad (Agua).	Soluble en agua.
Coefficiente de reparto (n-octanol/agua).	Sin determinar
Viscosidad.	>= 2 cp
Densidad de vapor.	No disponible.
Velocidad de evaporación.	Sin determinar.
Punto de fusión.	No disponible.
Punto de congelación.	No disponible.
Temperatura de autoignición.	No disponible.
Gravedad específica.	1 - 1.2
Densidad aparente.	1 . 1.2 gm/ml
VOC.	< 3%

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
Productos de descomposición peligrosa.	Al descomponerse, este producto puede emitir óxido de nitrógeno gaseoso, monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrocarburos de bajo peso molecular.
Estabilidad.	Estable en condiciones de almacenamiento recomendadas.
Materiales a evitar.	Incompatibles con bases fuertes y agentes oxidantes.
Polimerización peligrosa.	No sucederá.
11. INFORMACIÓN	
Lesiones oculares graves/irritación ocular.	No disponible.
Sensibilización cutánea.	No disponible.
Más información.	No se dispone de datos completos de toxicidad para formulación específica. Consultar la sección 2 para obtener información sobre posibles efectos en la salud y la sección 4 para obtener información sobre primeros auxilios.
12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA	
Toxicidad acuática.	CL50/96h/Pimephales promelas =>750 mg/L
13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN	
Instrucciones para la eliminación.	Eliminar según las normas locales, estatales y federales. El programa de reciclaje de suministros Planet Partners (marca registrada) de HP permite realizar un reciclaje cómodo y sencillo de suministros LaserJet y de chorro de tinta de HP. Para obtener más información y determinar si este servicio está disponible en su localidad, visite la Web http://www.hp.com/recycle .
14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE	
ADR	No está regulado como sustancias peligrosas
IATA	
Nombre de envío adecuado.	No aplicable.
Clase de peligrosidad.	No aplicable.
Número de UN.	Ninguno.
Grupo de envasado.	Sin objeto.
Excepciones de envasado.	Ninguno.
Etiquetas requeridas.	Ninguno.
Envasado no a granel.	Ninguno.
IMDG.	No está regulado como sustancias peligrosas.
General.	No se considera producto peligroso en DOT, IATA, ADR, IMDG o RID de EE.UU. Sin ignición ni combustión inflamable sostenida, según el método de prueba de combustión sostenida recomendado en el Manual de pruebas y criterios de las NU, Parte III subsección 32.5.2. Consulte la sección 3.3.1.3 de la Regulación de materias peligrosas.
15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA	
Etiquetado.	2-pirrolidona, Agua, Alcohol isopropílico, Negro carbón.
Contiene.	Este producto no necesita etiquetado según la Directiva de la UE 1999/45/CE.
Etiquetado EC.	Todas las sustancias químicas de este producto HP se han notificado o están exentas de notificación en virtud de las leyes de notificación de sustancias químicas en los siguientes países: EE.UU. (TSCA), UE (EINECS/ELINCS), Suiza, Canadá (DSL/NDSL), Australia, Japón, Filipinas, Corea del Sur, Nueva Zelanda y China.
Información sobre normativas.	

16. OTRA INFORMACIÓN

Texto de las frases-R en secciones 2 y 3.	R11 Altamente inflamable. R36 Irrita los ojos. R36/38 Irrita los ojos y la piel. R67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
Información adicional.	Esta Ficha de Seguridad se ha redactado según la Directiva de la UE 91/155/CEE tal y como se modifica en 2001/58/CE.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD CARTUCHO DE TINTA TRICOLOR (C M Y)

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O EL PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

Identificación de la sustancia o del preparado.	C6578 Series
Empleo de la Sustancia/Preparación.	Impresión con chorro de tinta
Nº Seleccionable.	78
Fecha de revisión.	24-07-2007
Familia química.	Tinta
Nº SDS.	149755
Identificación de la Empresa.	Hewlett Packard Española, S.L. C/Vicente Aleixandre, 1 Parque empresarial Las Rozas Las Rozas 28230 Madrid, España 3491-6348800 Teléfono 91 6348800
	Línea telefónica de Hewlett-Packard de efectos sobre la salud (Llamada gratuita en EE.UU.) 1-800-457-4209 (Directo) 1-503-494-7199
	Línea de asistencia al cliente de HP (Llamada gratuita en EE.UU.) 1-800-474-6836 (Directo) 1-208-323-2551
	Correo electrónico: hpcustomer.inquires@hp.com
	Número de teléfono del Centro de Información de Envenenamiento 093 317 4400

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Clasificación.	R52/53, S81
Descripción general para emergencias.	El contacto con la piel y los ojos puede causar irritación
Efectos graves en la salud.	Cualquier peligro potencial se presupone que es debido a la exposición a los componentes.
Contacto con la piel.	<i>1,5-pentanodiol</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones. <i>2-pirrolidona</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones. <i>Alquildiol de amino</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones. <i>Alquildiol de etilo</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones leves. <i>Etoxilato de alquildiol</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones graves. <i>Nitrato de amonio</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones. <i>Nitrato de metal n°2</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones.
Contacto con los ojos.	<i>1,5-pentanodiol</i> El contacto con los ojos puede provocar irritaciones. <i>2-pirrolidona</i> El contacto con los ojos puede provocar irritaciones. <i>Alquildiol de amino</i> El contacto con los ojos puede provocar irritaciones. <i>Alquildiol de etilo</i> El contacto con los ojos puede provocar irritaciones moderadas. <i>Etoxilato de alquildiol</i> El contacto con los ojos puede provocar una irritación de moderada a severa y una posible lesión ocular. <i>Nitrato de amonio</i> El contacto con los ojos puede provocar irritaciones. <i>Nitrato de metal n°2</i> El contacto con los ojos puede provocar irritaciones.

Inhalación	<p><i>2-pirrolidona</i> La inhalación puede provocar irritación respiratoria.</p> <p><i>Alquildiol de amino</i> La inhalación puede provocar irritación respiratoria.</p> <p><i>Nitrato de amonio</i> La inhalación puede provocar irritación respiratoria.</p> <p><i>Nitrato de metal n°2</i> La inhalación puede provocar irritación respiratoria.</p>
Ingestión	<p><i>2-pirrolidona</i> La ingestión puede causar náuseas, vómitos y diarrea.</p> <p><i>Etoxilato de alquildiol</i> La ingestión puede producir irritación en la boca y garganta, así como náuseas, vómitos y diarrea.</p> <p><i>Nitrato de amonio</i> Contiene sales de nitrato; puede provocar metemoglobinemia</p> <p><i>Nitrato de metal n°2</i> Contiene sales de nitrato; puede provocar metemoglobinemia</p> <p><i>Substituted phthalocyanine salt 2</i> Nocivo por ingestión.</p>
Potenciales efectos sobre la salud. Vías de exposición	<p>Las vías potenciales de sobreexposición a este producto son el contacto con la piel y con los ojos.</p> <p>La inhalación de vapor y la ingestión no se consideran vías significativas de exposición a este producto en condiciones normales de uso.</p> <p>No se dispone de datos completos de toxicidad para esta formulación específica.</p>
Efectos crónicos sobre la salud.	<p>Tinta Cian: Sal de ftalocianina sustituida: La exposición por ingestión prolongada puede provocar efectos graves para la salud.</p>
Carcinogenicidad.	<p>Ninguno de los componentes presentes en esta formulación en concentraciones iguales o superiores al 0,1% figuran en las listas de la UE, el MAK, la IARC, el NTP, la ACGIH o la OSHA.</p>
Información adicional.	<p>Esta tinta cian se ha clasificado, en cuanto a sus efectos sobre el medio ambiente, según la Directiva de la UE 1994/45/CE con R52-53. Las tintas magenta y amarilla no están clasificadas según la Directiva de la UE 1999/45/CE.</p>

3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Componentes	Nº CAS	Porcentaje	No. CE	Clasificación de la UE
Tinta Cian				
1,5-pentanodiol	111-29-5	< 10	203-854-4	
Alquildiol de etilo	Propietario	< 7,5	Propietario	
2-pirrolidona	616-45-5	< 7,5	210-483-1	Xi;R36/38
Nitrato de metal n°2	Propietario	< 7,5	Propietario	F: R36/37/38, 8
Etoxilato de alquildiol	Propietario	< 2,5	Propietario	Xn: R21/22, 38, 41
Sal de ftalocianina sustituida n°2	Propietario	< 2,5	Propietario	Xn, N: R22, 48/22: 51/53
Nitrato de amonio	6484-52-2	< 2,5	229-347-8	Xi, O: R36/37/38, 52, 8
Agua	7732-18-5	> 60	231-791-2	
Tinta Magenta				
1,5-pentanodiol	111-29-5	< 10	203-854-4	
Alquildiol de etilo	Propietario	< 7,5	Propietario	
2-pirrolidona	616-45-5	< 7,5	210-483-1	Xi;R36/38
Nitrato de metal n°2	Propietario	< 7,5	Propietario	F: R36/37/38, 8
Etoxilato de alquildiol	Propietario	< 2,5	Propietario	Xn: R21/22, 38, 41
Alquildiol de amino	Propietario	< 2,5	Propietario	
Nitrato de amonio	6484-52-2	< 2,5	229-347-8	Xi, O: R36/37/38, 52, 8
Agua	7732-18-5	> 60	231-791-2	
Tinta Amarilla				
1,5-pentanodiol	111-29-5	< 10	203-854-4	
Alquildiol de etilo	Propietario	< 7,5	Propietario	
2-pirrolidona	616-45-5	< 7,5	210-483-1	Xi;R36/38
Nitrato de metal n°2	Propietario	< 7,5	Propietario	F: R36/37/38, 8
Etoxilato de alquildiol	Propietario	< 2,5	Propietario	Xn: R21/22, 38, 41
Nitrato de amonio	6484-52-2	< 2,5	229-347-8	Xi, O: R36/37/38, 52, 8
Agua	7732-18-5	> 60	231-791-2	

Comentarios sobre la composición.	Este suministro de tinta contiene una formulación de tinta acuosa. Este producto ha sido valorado según los criterios especificados en las directivas de la UE 67/548/CEE y 1999/45/CE y sus enmiendas. Para consultar el texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, consulte la Sección 16.
4. PRIMEROS AUXILIOS	
Inhalación.	Salga al aire libre. Si persisten los síntomas, busque atención médica.
Contacto con la piel.	Lavar perfectamente las zonas afectadas con agua y jabón suave. Si la irritación persiste busque atención médica.
Contacto con los ojos.	No frotarse los ojos. Aclarar inmediatamente con abundante agua limpia y tibia (con baja presión) durante al menos 15 minutos o hasta que se eliminen las partículas. Si la irritación persiste busque atención médica.
Ingestión.	Si se ha ingerido una gran cantidad, busque atención médica.
5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS	
Punto de inflamación y método.	>200 °F; Pinsky-Martens Closed Cup.
Productos de combustión peligrosos.	Consultar la sección 10.
Medios de extinción adecuados.	CO2, agua, sustancias químicas secas, o espuma
Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad.	Ningún conocido.
Peligros poco comunes de explosión y de incendio.	Ningún conocido.
Procedimientos especiales para extinción de incendios.	No se ha establecido ninguno.
6. MEDIDAS EN CASO DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL	
Precauciones personales.	Use un equipo de protección apropiado.
Precauciones medioambientales.	No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. No arrojar a las aguas corrientes ni sanitarias.
Información adicional.	Empapar en material absorbente inerte. Aspirar o barrer lentamente el material y depositarlo en una bolsa o en cualquier otro envase sellado. Eliminar según las normativas locales, estatales y federales. Véase también la sección 13, Consideraciones sobre residuos.
7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO	
Manipulación.	Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa
Almacenamiento.	Manténgase fuera del alcance de los niños. Mantener alejado del frío o calor extremos.
8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL	
Valores límites de exposición.	No se han establecido los límites de exposición para este producto.
Equipos de protección personal.	
General.	Utilizar un equipo de protección personal para minimizar la exposición a la piel y a los ojos.
Medidas de higiene.	Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas y respetar las prácticas de seguridad.
Pautas de exposición.	Utilizar en un área bien ventilada.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

pH.	6.5 - 8.75
Presión de vapor.	Sin determinar
Punto de ebullición.	Sin determinar
Solubilidad.	Soluble en agua
Gravedad específica.	1 - 1.2
Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV).	< 3 %
Punto de inflamación.	> 200 °F
Viscosidad.	> 2 cp
Densidad de vapor.	> 1 (aire = 1,0)
Velocidad de evaporación.	Sin determinar
Inflamabilidad.	Sin determinar
Propiedad de oxidación.	Sin determinar
Color.	Cian, Magenta, Amarillo

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad.	Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.
Polimerización peligrosa.	No ocurrirá.
Productos de descomposición peligrosa.	De la descomposición, este producto puede dar origen a óxidos de nitrógeno gaseoso, monóxido de carbono, dióxido de carbono y/o hidrocarburos de bajo peso molecular.
Incompatibilidad.	Incompatible con bases fuertes y agentes oxidantes.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Esta formulación de tinta no se ha probado para efectos toxicológicos.

Consultar la sección 3 para obtener información sobre posibles efectos en la salud y la sección 4 para obtener información sobre primeros auxilios.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Toxicidad acuática.	Tinta Amarilla: CL50/96h/Pimephales promelas =< 400mg/L Toxicidad estática aguda, supervivencia (100mg/L) = 100% Toxicidad estática aguda, supervivencia (10mg/L) = 100%
	Tinta Cian: CL50/96h/Pimephales promelas =< 400mg/L Toxicidad estática aguda, supervivencia (100mg/L) = 100% Toxicidad estática aguda, supervivencia (10mg/L) = 100%
	Tinta Magenta: CL50/96h/Pimephales promelas =< 400mg/L Toxicidad estática aguda, supervivencia (100mg/L) = 100% Toxicidad estática aguda, supervivencia (10mg/L) = 100%

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Instrucciones para la eliminación.	Eliminar según las normas locales, estatales y federales. El programa de reciclaje de suministros Planet Partners (marca registrada) de HP permite realizar un reciclaje cómodo y sencillo de suministros LaserJet y de chorro de tinta de HP. Para obtener más información y determinar si este servicio está disponible en su localidad, visite la Web http://www.hp.com/recycle .
---	---

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

General No existe ningún artículo normativo en DOT, IATA, ADR, IMDG, ni RID en Estados Unidos.

IATA

Nombre de envío adecuado.	No aplicable.
Clase de peligrosidad.	No aplicable.
Precauciones específicas.	Ninguno.
Grupo de envasado.	Sin objeto.
Excepciones de envasado.	Ninguno.
Número de identificación (UN).	Ninguno.
Grupo de envasado.	Sin objeto.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Normativas Internacionales.	Todas las sustancias químicas de este producto HP se han notificado o están exentas de notificación en virtud de las leyes de notificación de sustancias químicas en los siguientes países: EE.UU. (TSCA), UE (EINECS/ELINCS), Suiza, Canadá (DSL/NDL), Australia, Japón, Filipinas, Corea del Sur, Nueva Zelanda y China.
Etiquetado de la UE.	Este producto no necesita etiquetado según la Directiva de la UE 1999/45/CE.
Frases de riesgo.	R52/53 Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
Frases de seguridad.	S61 Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD BONDING AGENT

1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O EL PREPARADO Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA

Identificación de la sustancia o del preparado.	C8754A
Empleo de la Sustancia/Preparación.	Impresión con chorro de tinta
Fecha de revisión.	08-03-2008
Familia química.	Tinta
Nº SDS.	222056
Identificación de la Empresa.	Hewlett Packard Española, S.L. C/Vicente Aleixandre, 1 Parque empresarial Las Rozas Las Rozas 28230 Madrid, España 3491-6348800 Teléfono 91 6348800

Línea telefónica de Hewlett-Packard de efectos sobre la salud
(Llamada gratuita en EE.UU.) 1-800-457-4209
(Directo) 1-503-494-7199
Línea de asistencia al cliente de HP
(Llamada gratuita en EE.UU.) 1-800-474-6836
(Directo) 1-208-323-2551
Correo electrónico: hpcustomer.inquires@hp.com
Número de teléfono del Centro de Información de Envenenamiento 093 317 4400

2. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Componente o sustancia	Nº CAS	Porcentaje	No. CE	Clasificación de la UE
Bonding Agent				
Agua	7732-18-5	< 60	231-791-2	
Alquidíol de etilo	Propietario	< 20	Propietario	
Heteromonocycle, 4-Methyl-, 4-oxide, methanesulfonate	Propietario	< 10	Propietario	
guanidine-formaldehyde polymer, methanesulfonate salt		< 2.5		
dimethylamine-epichlorohydrin polymer, methanesulfonate salt		< 2.5		
heteromonocycle, 4-methyl-, 4-oxide	Propietario	< 2.5	Propietario	

Comentarios sobre la composición Este suministro de tinta contiene una formulación de tinta acuosa. Este producto ha sido valorado según los criterios especificados en las directivas de la UE 67/548/CEE y 1999/45/CE y sus enmiendas. Para el texto completo de las frases R mencionadas en esta sección, ver la Sección 16.

3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Clasificación.	Este producto no se ha clasificado según la directiva de la UE 1999/45/CE.
Descripción general para emergencias.	El contacto con la piel y los ojos puede causar irritación.
Efectos graves en la salud.	Cualquier peligro potencial se presupone que es debido a la exposición a los componentes.

Contacto con la piel.	<i>Alquildiol de etilo</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones leves. <i>dimethylamine-epichlorohydrin polymer, methanesulfonate salt</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones. <i>guanidine-formaldehyde polymer, methanesulfonate salt</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones. <i>Heteromonocycle, 4-methyl-, 4-oxide, methanesulfonate</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones leves. <i>heteromonocycle, 4-methyl-, 4-oxide</i> El contacto con la piel puede provocar irritaciones.
Contacto con los ojos	<i>Alquildiol de etilo</i> El contacto con los ojos puede provocar irritación moderada. <i>dimethylamine-epichlorohydrin polymer, methanesulfonate salt</i> El contacto con los ojos puede provocar irritaciones. <i>guanidine-formaldehyde polymer, methanesulfonate salt</i> El contacto con los ojos puede provocar irritaciones. <i>Heteromonocycle, 4-methyl-, 4-oxide, methanesulfonate</i> Esta sustancia provoca una ligera irritación ocular. <i>heteromonocycle, 4-methyl-, 4-oxide</i> El contacto con los ojos puede provocar irritaciones.
Inhalación.	<i>heteromonocycle, 4-methyl-, 4-oxide</i> La inhalación puede provocar irritación respiratoria.
Ingestión.	<i>heteromonocycle, 4-methyl-, 4-oxide</i> La ingestión puede causar náuseas, vómitos y diarrea.
Potenciales efectos sobre la salud Vías de exposición.	Las vías potenciales de sobreexposición a este producto son el contacto con la piel y con los ojos La inhalación de vapor y la ingestión no se consideran vías significativas de exposición a este producto en condiciones normales de uso. No se dispone de datos completos de toxicidad para esta formulación específica
Efecto crónicos sobre la salud.	Ninguno conocido.
Carcinogenicidad.	Ninguno de los componentes presentes en esta formulación en concentraciones iguales o superiores al 0,1% figuran en listas de la UE, el MAK, la IARC, el NTP, la ACGIH o la OSHA.
Información Adicional.	Esta tinta de fijación clara no está clasificada según la Directiva de la UE 1999/45/CE.
4. PRIMEROS AUXILIOS	
Procedimientos de primeros auxilios	
Inhalación.	Salga al aire libre. Si persisten los síntomas, busque atención médica.
Contacto con la piel.	Lavar perfectamente las zonas afectadas con agua y jabón suave. Si la irritación persiste busque atención médica.
Contacto con los ojos.	No frotarse los ojos. Aclarar inmediatamente con abundante agua limpia y tibia (con baja presión) durante al menos 15 minutos o hasta que se eliminen las partículas. Si la irritación persiste busque atención médica.
Ingestión.	Si se ha ingerido una gran cantidad, busque atención médica.
5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS	
Punto de inflamación y método.	>100 °C (>212.0 °F); Pensky-Martens Closed Cup.
Temperatura de autoignición.	Sin determinar.
Productos de combustión peligrosos.	Consultar la sección 10.
Medios de extinción adecuados.	CO ₂ , agua, sustancias químicas secas, o espuma
Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad.	Ningún conocido.
Peligros poco comunes de explosión y de incendio.	La combustión genera gases tóxicos de fluorido/fluorine compounds.
Procedimientos especiales para extinción de incendios.	Si es necesario, llevar aparato respiratorio autónomo para la lucha contra el fuego.

6. MEDIDAS EN CASO DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL

Precauciones personales.	Use un equipo de protección apropiado.
Precauciones medioambientales.	No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. No arrojar a las aguas corrientes ni sanitarias.
Información adicional.	Empapar en material absorbente inerte. Aspirar o barrer lentamente el material y depositarlo en una bolsa o en cualquier otro envase sellado. Eliminar según las normativas locales, estatales y federales. Véase también la sección 13, Consideraciones sobre residuos.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación.	Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa
Almacenamiento.	Manténgase fuera del alcance de los niños. Mantener alejado del frío o calor extremos.

8. CONTROLES DE LA EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

Valores límites de exposición.	No se han establecido los límites de exposición para este producto.
Equipos de protección personal.	
General.	Utilizar un equipo de protección personal para minimizar la exposición a la piel y a los ojos.
Medidas de higiene.	Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas y respetar las prácticas de seguridad.
Pautas de exposición.	Utilizar en un área bien ventilada.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

pH.	4
Presión de vapor.	Sin determinar.
Punto de ebullición.	Sin determinar.
Solubilidad.	Soluble en agua.
Gravedad específica.	1 - 1.1
Punto de inflamación.	> 100 °C (> 212 °F)
Densidad de vapor.	> 1 (aire = 1,0)
Velocidad de evaporación.	Sin determinar.
Inflamabilidad.	Sin determinar.
Propiedad de oxidación.	Sin determinar.
Color.	Incoloro.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad.	Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.
Polimerización peligrosa.	No ocurrirá.
Productos de descomposición peligrosa.	De la descomposición, este producto puede dar origen a óxidos de nitrógeno gaseoso, monóxido de carbono, dióxido de carbono y/o hidrocarburos de bajo peso molecular. La descomposición de este producto puede dar origen a óxidos de fósforo, fluoruro de hidrógeno e hidrocarburos fluorados.
Incompatibilidad.	Incompatible con bases fuertes y agentes oxidantes.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Ésta formulación de tinta no se ha probado para efectos toxicológicos. Consultar la sección 3 para obtener información sobre posibles efectos en la salud y la sección 4 para obtener información sobre primeros auxilios.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Toxicidad acuática.	Este producto no ha sido probado para determinar el impacto ecológico.
----------------------------	--

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Instrucciones para la eliminación. Eliminar según las normas locales, estatales y federales. No permita que este material se drene en los drenajes/suministros de agua.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

General No existe ningún artículo normativo en DOT, IATA, ADR, IMDG, ni RID en Estados Unidos.

ADR

Nombre de envío adecuado. No aplicable.
Clase de peligrosidad. No aplicable.
Excepciones de envasado. Ninguno.
Número de identificación (UN). Ninguno.
Grupo de envasado. Sin objeto.

DOT

Nombre de envío adecuado. No aplicable.
Clase de peligrosidad. No aplicable.
Excepciones de envasado. Ninguno.
Número de identificación (UN). Ninguno.
Grupo de envasado. Sin objeto.

IATA

Nombre de envío adecuado. No aplicable.
Clase de peligrosidad. No aplicable.
Excepciones de envasado. Ninguno.
Número de identificación (UN). Ninguno.
Grupo de envasado. Sin objeto.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Normativas Internacionales. Todas las sustancias químicas de este producto HP se han notificado o están exentas de notificación en virtud de las leyes de notificación de sustancias químicas en los siguientes países: EE.UU. (TSCA), UE (EINECS/ELINCS), Suiza, Canadá (DSL/NDSL), Australia, Japón, Filipinas, Corea del Sur, Nueva Zelanda y China.

Etiquetado de la UE. Este producto no necesita etiquetado según la Directiva de la UE 1999/45/CE.



CAL HIDRÁULICA CRUALYS®

1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Cal blanca hidráulica natural con bajo porcentaje de sales solubles.

Doble propiedad:

Aérea. En razón de su contenido en hidróxido cálcico. Da lugar a morteros que absorben el CO₂ del aire para proporcionar resistencias a largo plazo, muestran una excepcional maleabilidad, una muy pequeña retracción y son permeables al vapor de agua aunque no al agua.

Hidráulica. En razón de su contenido bicálcico. Por ello fragua en presencia de agua y desarrolla resistencias a corto plazo. Las bajas resistencias que proporciona en comparación con el cemento la hacen apta para su empleo con materiales delicados.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS

	MÍNIMO	MÁXIMO	(valor según UNE 459-1)
Resistencia a compresión a 28 días (Mpa).	3,5	10	
Inicio de fraguado (minutos).	60		
Final de fraguado (minutos).		900	
Estabilidad (mm).		2	
Rechazo a 90µm (%).		15	
Rechazo a 200µm (%).		5	

3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS (%)

	MÍNIMO	MÁXIMO	(valor según UNE 459-1)
Agua libre.		2,00	
SO ₃ .		3,00	
CaO libre.	20,00		

4. PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN

Morteros tradicionales.	Especialmente aquellos destinados a restauración y rehabilitación. Para enlucidos exteriores e interiores.
Mampostería y rejuntado de piedra y ladrillos antiguos.	
Morteros empleados en obras rústicas y en bioconstrucción.	Especialmente cuando se pretenda resaltar el color natural de los áridos.
Revestimiento y rejuntado de materiales tradicionales o delicados.	(ladrillos cocidos a baja temperatura, arenisca, caliza).
Argamasa de refuerzo.	

5. RECOMENDACIONES DE USO

Humedecer el soporte con antelación. Conservar la humedad protegiendo las superficies del sol y el viento.

6. PRINCIPALES PRECAUCIONES

Conservar el saco en lugar sin humedad.

Evitar la aplicación:

en frío. (< 5 °C)
en caliente. (> 30 °C)



MALTAMIX® TG

1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Mortero-estuco "grueso" listo para su uso a base de cal apagada (Grassello de Cal) microfiltrada estacionada. Inertes seleccionados (0,0 - 0,3 mm) y una resina específicamente estudiada.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS / QUÍMICAS

Color.	Gris.
Aspecto.	Pasta densa.
pH.	13.

3. PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN

Se utiliza para la realización de intónacos, estucados y reconstrucciones.

4. RECOMENDACIONES DE USO

Aplicable en varias capas con un espesor máximo de 10 mm por aplicación. Se le puede añadir barro cocido triturado, puzolana, cal hidráulica y natural.



MALTAMIX® TM

1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Mortero-estuco "mediano" listo para su uso a base de cal apagada (Grassello de Cal) microfiltrada estacionada. Inertes seleccionados (0,0 - 0,3 mm) y una resina específicamente estudiada.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS / QUÍMICAS

Color.	Gris claro.
Aspecto.	Pasta densa.
pH.	13.

3. PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN

Se utiliza para la realización de intónacos, estucados y reconstrucciones.

4. RECOMENDACIONES DE USO

Aplicable en varias capas con un espesor máximo de 5 mm por aplicación. Se le puede añadir barro cocido triturado, puzolana, cal hidráulica y natural.



ESCAYOLA CERÁMICA

1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Yeso cerámico de alta porosidad. Se obtiene de materia prima de excelente calidad y con los más modernos procedimientos de cocción.

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS

Pureza del Dihidrato.	Superior al 93%.
Residuos.	(Por tamiz de 900 mallas por cm ²) Trazas. (Por tamiz de 4900 mallas por cm ²) 1%.
Principio de fraguado.	8-16 minutos.
Final de fraguado.	28-36 minutos.
Dureza .	250 Kg/cm ²
Expansión lineal.	0,15%.

4. PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN

Especialmente indicado para la fabricación de moldes de colaje en la Industria Cerámica.

5. RECOMENDACIONES DE USO

Se vierte el yeso en el agua (nunca al revés), se deja humedecer y se amasa durante un minuto aproximadamente, batiendo suave y uniformemente para evitar la formación de burbujas de aire. Los recipientes deben estar limpios.

Recomendamos la relación yeso/agua abajo indicada. Trabajando con menor cantidad de agua aumentan las resistencias, pero será más corto el tiempo disponible para el vaciado.

Yeso/Agua. 1,25-1,35:1

6. PRINCIPALES PRECAUCIONES

Almacenaje. En sitios secos sobre rastreles de madera y cuidado su ventilación. De esta forma puede guardarse durante meses conservando sus propiedades.

ANEXO IV. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS



ESPONJA DE CONTACTO - KIT

Método para la valoración *in situ* de la eficacia de tratamientos hidro-repelentes sobre superficies monumentales.

La metodología de la esponja de contacto ha sido propuesta como un método simple y rápido para valorar la eficacia de un tratamiento hidro-repelente en superficies de piedra y de estucados. Los métodos actualmente usados (tubo Karsten o "de la pipeta"), presentan algunas dificultades operativas (adherencia, tratamiento de los datos, etc.), que obligan a recurrir a la intervención de técnicos especializados. Con el presente método desarrollado por CNR-ICVBC de Florencia, el operador puede directamente calcular la absorción de agua utilizando la fórmula específica basada en las diferencias de peso.

1. DOTACIÓN

El Kit se compone de:

- 3 Soportes de contacto en policarbonato.
- 3 Esponjas de contacto.
- 3 Jeringuillas de plástico de 10 cc.
- 3 Aguja estranguladas diam. 0,9 mm.
- 3 Bolsitas de polietileno.

2. METODOLOGÍA DE PRUEBA

Para efectuar la medida es necesaria una balanza con precisión decimal en el caso de materiales poco absorbentes (ej. CL 201J) o con precisión centesimal (ej. AV 412) o de milésimas (ej. PA 413) si la absorción es muy reducida. La exactitud de los resultados dependen de la precisión de dicha balanza. La metodología se diferencia según la disponibilidad de la balanza.

- A - Con balanza en obra:**
- 1.- Se impregna bien la esponja de contacto con agua **desmineralizada** hasta su completa dilatación, se escurre cuidadosamente, se seca con papel absorbente hasta dejarla apenas húmeda, y después se pone en el soporte de contacto de policarbonato.
 - 2.- Con la jeringuilla se añaden 6/7 ml de agua **desmineralizada** a la esponja. La cantidad de agua a añadir ha de ser tal que, después de una prueba preliminar, una vez puesta la esponja de contacto en la zona a examen, el agua no gotee.
 - 3.- Se cierra el soporte de policarbonato con su tapa, y se pesa. Se obtiene **PI** (peso inicial).
 - 4.- Se quita la tapa y se posiciona el soporte con la esponja de contacto sobre la superficie de la piedra, en zonas lo más planas posibles, manteniéndola prensada hasta tocar el borde del soporte con la superficie (máxima carga), por un tiempo establecido (de 1 a 5 minutos en función de las condiciones del material).
 - 5.- Después se cierra el soporte y se vuelve a pesar. Se obtiene
- B - Sin balanza en obra:**
- 1.- Se prepara la esponja de contacto poco húmeda (como se describe en A-1), se posiciona en el soporte de policarbonato, cerrado por su tapa, y se inserta en la bolsita de polietileno junto con la jeringuilla de plástico de 10 ml rellena con agua **desmineralizada**.
 - 2.- La bolsita así preparada se pesa en el laboratorio y se obtiene el **PI** (peso inicial).
 - 3.- La bolsita se lleva *in situ*.
 - 4.- El soporte de plástico se extrae de la bolsa y se abre, la esponja se carga con agua **desmineralizada** con la jeringuilla, hasta conseguir la cantidad predeterminada, como en el caso precedente (ver punto A-2).
 - 5.- Se coloca el soporte con la esponja de contacto sobre la superficie de la piedra, en zonas lo más planas posibles, manteniéndola apretada hasta que toque el borde del soporte la superficie (máxima carga), por un tiempo establecido (de 1 a 5 minutos en función de las condiciones del material).
 - 6.- Transcurrido el tiempo de contacto, el soporte de policarbonato se vuelve a cerrar con la tapa y se coloca en la bolsa junto con la jeringuilla.
 - 7.- El saco se manda al laboratorio y se pesa nuevamente, obteniendo el **Pf** (peso final).

3. CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA

$$W_a \text{ (g/cm}^2 \cdot \text{min)} = (P_i - P_f) / 23,76 \cdot t$$

- t = tiempo de contacto en minutos.
- P_i = peso inicial en gramos.
- P_f = peso final en gramos.
- 23,76 = superficie de la esponja en cm².

Como para cualquier medida es posible recoger un sólo dato, pero se aconseja efectuar más medidas (al menos 3), y calcular después un valor medio.

En la **metodología A** se puede repetir la medida usando la misma esponja, manteniendo las mismas modalidades para cada prueba en diferentes zonas de la misma área, y calcular después el valor medio.

En la **metodología B** para poder efectuar más medidas, es necesario poner a disposición más bolsitas que contengan el sistema completo ya pesado.

4. INFORME DE PRUEBA

- Valor medio W_a calculado para los puntos considerados (g/cm² · min).
- La cantidad de agua añadida sobre la esponja (ml).
- Tiempo de contacto.
- Los valores de temperatura (°C) y humedad relativa (RH) ambientales (si es posible).

A tener en cuenta:

La esponja ha de enjuagarse después del test para evitar la formación de microorganismos. La absorción puede ser influenciada por la presencia de humedad en el material de prueba, que a su vez depende de las condiciones termo-higrométricas de ambiente donde se encuentra expuesto.

Por este motivo, si queremos valorar la eficiencia de un tratamiento protector mediante pruebas "antes/después", se deberían efectuar las medidas en las mismas condiciones ambientales.

Mejor sería dejar una porción de la superficie no tratada y efectuar las medidas contemporáneamente a las del área tratada con el hidrorrepelente, desvinculándose de las variaciones ambientales.

La confrontación no se da antes/después, sino tratado/no tratado en las mismas condiciones ambientales.



ABRASÍMETRO LINEAL TABER 5750

Sistema para determinar la resistencia al desgaste superficial de un material.

El medidor lineal de desgaste Taber® (Abrasímetro Modelo 5750), ha sido diseñado para poner a prueba tanto superficies curvas como planas. Esto lo convierte en un instrumento capaz de evaluar productos con diferentes acabados tanto en húmedo como en seco.

El Taber incorpora un brazo horizontal que se mueve alternativamente en un movimiento lineal. El extremo de este brazo monta un cojinete de precisión por el que se desliza un eje estriado. Esto permite que la punta de abrasión tenga un movimiento de "libre flotación" vertical, facilitando su adaptación a las irregularidades de la superficie y evitando los rebotes.

Para ampliar su versatilidad y realizar diferentes tipos de test, la parte inferior de su eje estriado puede ser configurado con diferentes cabezales intercambiables. Mientras que en la superior de dicho eje, existe un soporte donde se puede poner o quitar peso modificando la presión de todo el eje de abrasión.

A medida que el brazo horizontal se desliza de un lado a otro, el cabezal de abrasión sube o baja verticalmente adaptándose a la superficie. Para asegurara la correcta ubicación de la muestra, existe una guía de alineación láser que nos permite visualizar sobre la probeta, por donde se producirá la línea de desgaste.

Su menú permite al usuario seleccionar la velocidad, la longitud de la carrera del brazo y la carga de prueba.

Incluye seis botones de velocidad prefijada, junto con la capacidad para ajustar la velocidad de 2 a 75 golpes por minuto.

Permite once longitudes de carrera estándar que van desde 0,2 pulgadas a 4,0 pulgadas.

La peso base de todo el sistema de "libre flotación" es de 350 gramos, pero además dispone de tres discos de 250g que se suministran con el aparato. Opcionalmente también existen pesos que van desde los 10 a los 250 gramos para llegar a los 2100 gramos.

Los accesorios opcionales pueden también ser utilizados para disminuir la carga. Por ejemplo, un eje estriado de aluminio de 150 mm más el kit de cabezal plástico *Wearaser Collet*®, puede llevar la carga mínima sobre la muestra a los 60 gramos.

1. DOTACIÓN

El sistema incluye:

- Eje estriado más soporte superior para alojar el peso.
- 3 Discos de peso extra. Total 250g.
- Cabezal *Wearaser Collet*® de acero inoxidable para montaje de puntas de abrasión.
- Puntas de abrasión *Wearaser*® CS-10 y H-18.
- Profundímetro para la colocación adecuada de las puntas de abrasión *Wearaser*®.

2. CABEZALES

Los accesorios intercambiables que ofrece este abrasímetro lineal Taber®, permiten ajustar el ensayo obteniendo diferentes pruebas de desgaste y abrasión en función del tipo de superficie.

Wearaser Collet Kit®:

El *kit Wearaser Collet*® se suministra como accesorio de serie con el abrasímetro lineal Taber. Este accesorio acepta puntas de abrasión *Wearaser*® de 1/4" de diámetro. La punta de abrasión sólo debe sobresalir aproximadamente 1/8" para evitar su deformación.

Existen tres tipos de *kit Wearaser Collet*® de 1/4" de diámetro que se diferencia por su peso:

- De acero inoxidable (98g) Es el suministrado con el instrumento.
- De aluminio (28g).
- De plástico (16g) Para superficies que requieran una carga ligera.

Para ensayos sobre superficies planas, se puede utilizar:

- *Wearaser Collet jumbo*® (43g) de 1/2" de diámetro para puntas de mayor tamaño.
- Universal (98g), ofrece una superficie de 1 ó 2 pulgadas de diámetro. Ideal para erosionar superficies planas. Para adherir el abrasivo se ha de utilizar el adhesivo *Weardisc Taber*® o cinta de doble cara.

Crockmeter Kit®:

Este *kit* permite realizar ensayos de frotado con textil impregnado en disolvente.

Existen diferentes tipos:

- El *Kit Crockmeter*® de acero inoxidable (166g). Se trata de un cilindro acrílico con un diametro de contacto de 16mm.
- El *Square Crock Finger*® (28g) Soporte rectangular que cubre un área de 1,75" x 1,75" y que se acopla al kit anterior.

3. PUNTAS DE ABRASIÓN

El abrasivo se suministra con el Abrasímetro lineal Taber® y se denominan *Wearaser*®. Está compuesto de partículas de carburo de silicio o de óxido de aluminio abrasivas embebidas en un elástico o vitrificados (arcilla) aglutinante, los *Wearasers* están diseñados de modo que el material aglutinante se descompone durante el uso.

El tiempo que el abrasivo durará depende de la carga, la textura superficial y características de fricción del material sometido a prueba y frecuencia de reparamiento.

Wearaser®: Utilizando una fórmula patentada y desarrollada por Industrias Taber, se ofrecen dos tipos de materiales de fricción:

- Calibrase® elástico identificado por la referencia "CS".
- Calibrase® no elástico identificado por la referencia "H".

Configuración de Tamaños: Existen tres tamaños que utilizan su respectivo cabezal portador:

- *Wearaser*® Estándar de 1/4" de diámetro para el *kit Wearaser Collet*® de 1/4".
- *Wearaser Jumbo*® de 1/2" de diámetro para el *kit Wearaser Collet jumbo*® de 1/2". Estas puntas debe limitarse a muestras planas o muestras que tengan poco o ningún cambio superficial.
- *Weardisc*™ de 3/4" de diámetro y de 3,16" para el *kit Universal*. Taber® recomienda la aplicación del disco abrasímetro *Weardisc*™ sobre el *kit Universal* mediante un adhesivo sensible a la presión.

Configuración de Durezas: Elásticos:

- CS-8 Calibrase. Acción abrasiva extremadamente suave, diseñado para cargas ligeras.
- CS-10F Calibrase. Acción abrasiva suave, diseñado para cargas ligeras.
- CS-10 Calibrase. Acción abrasiva media.
- CS-17 Calibrase. Acción abrasiva media / fuerte.

No elásticos:

- H-10 Calibrase. Acción abrasiva media.
- H-12 Calibrase. Acción abrasiva media / fuerte.
- H-22 Calibrase. Acción abrasiva fuerte.
- H-38 Calibrase. Acción abrasiva suave, compuesto por partículas abrasivas muy finas.

Especiales:

- CS-2 Calibrase. Sin material abrasivo.
- CS-5 Calibrase. Compuesto de fieltro densamente compactado. Puede ser utilizado para las pruebas de frote seco o en húmedo. Sólo disponible en 1/2" Jumbo.
- CS-7 Calibrase. Similar a la CS-5, pero permite una abrasión mayor. Sólo disponible en 1/2" Jumbo.
- Borrador. De acuerdo con la norma MIL 12397. Acción de abrasión muy suave, diseñado para operar con cargas ligeras.

Otros:

- *Crocking Cloth*®. Textil estandarizado utilizado originalmente para determinar la solidez de los colores sobre tejidos mediante ensayos de frotado / abrasión en seco o húmedo. Se monta en el *Kit Crockmeter*®.
- *Steel Wool*®. Lana de acero disponible en grados muy finos (0, 00, 000 ó 0000). Se utiliza para evaluar la resistencia a los arañazos. Se monta en el *Square Crock Finger*®.
- Esponja de nilón (por ejemplo 3M Scotchbrite®) Similar a la lana de acero. Utilizada para producir micro ralladuras o arañazos. Scotchbrite® almohadillas están disponibles en diferentes grados de abrasividad, y la sujeción recomendado es el *kit* de estropajo abrasivo Taber.



BRILLÓMETRO MULTIGLOSS MG-268

Instrumento de medición del brillo de una superficie.

Es un compacto medidor de brillo ultra portátil con tres ángulos de medición en plena conformidad con las normas ISO, ASTM, DIN, BS y las normas JIS. Con sólo dos teclas de operación, todas las funciones, como la configuración de idioma, calibración, medición y estadísticas se pueden realizar con facilidad. Con los tres ángulos de 20°, 60° y 85° se pueden medir todo tipo de superficies, desde las más brillantes hasta las más mates.

1. GEOMETRÍAS DE MEDICIÓN Y NORMAS CUMPLIDAS

Geometría.	20° (Superficies de alto brillo).	60° (Superficies de brillo medio).	85° (Superficies mates).
Aplicación.	General		
ASTM C584.		●	
ASTM D523.	●	●	●
ASTM D2457.	●	●	●
AS 1580 (602.2).	●	●	●
BS 3900 D5.	●	●	●
DIN 67530.	●	●	●
DIN EN ISO 2813^(*).	●	●	●
JIS Z 8741.	●	●	●
MFT 30064.	●	●	●
EN ISO 7668 (Brillo espejo)	●	●	●

La geometría 60° es la más usada comúnmente debido a su aplicación sobre materiales de brillo medio. Sin embargo, experimentalmente está demostrado que cuando la lectura a 60° excede 70 GU es recomendable pasar a la geometría 20° para su mejor resolución. De la misma forma, cuando la lectura cae por debajo de las 10 GU debería optarse por una geometría 85° por la misma razón.

2. OTRAS ESPECIFICACIONES

Área de medición.	20° : 10 × 10 mm. 60° : 9 × 15 mm. 85° : 5 × 38 mm.
Rango de medición.	20° : 0.0~2,000 GU. 60° : 0.0~1,000 GU. 85° : 0.0~160 GU.
Resolución.	0.0~99.9 GU : 0.1 GU. 100~2,000 GU : 1 GU.
Precisión de medida.	0.0~99.9 GU : 0.2 GU. 100~2,000 GU : 0.2%.
Precisión de medida.	0.5'' (cada medida).

(*) Norma escogida para la medición del brillo de las superficies murales. Ver Norma DIN EN ISO 2813 en [Pag.xxx].