

# FILIGRANAS LAS HUELLAS DEL AGUA



MINISTRO DE HACIENDA Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS  
Cristóbal Montoro Romero

SUBSECRETARIA DE HACIENDA Y ADMINISTRACIONES PÚBLICAS  
Pilar Platero Sanz

PRESIDENTE-DIRECTOR GENERAL DE LA REAL CASA DE LA MONEDA  
Jaime Sánchez Revenga

DIRECTOR DEL MUSEO CASA DE LA MONEDA  
Rafael Feria y Pérez

## EXPOSICIÓN

COMISARIO  
José María Pérez García

ASISTENTE  
Ana Isabel Osorno Nieto

CONSERVADORA  
Isabel Encinas Bodega

COORDINACIÓN  
Montserrat Carmona Vidal

DISEÑO  
Feltreiro

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE  
Taller de Museografía del MCM  
Feltreiro

TRANSPORTES  
SIT

SEGUROS  
Generali Seguros

## CATÁLOGO

DISEÑO  
Publiequipo, S.L.  
María Alonso García

## TEXTOS

Marino Ayala Campinún  
José María Pérez García  
Luis Santos y Ganges

## FOTOGRAFÍAS

Marino Ayala Campinún  
Hanjo Jeon  
Jorge Martín Burguillo  
Rafael Sáiz San Martín

## ILUSTRACIONES

Beatriz Tapia de las Heras

## AGRADECIMIENTOS

La Real Casa de la Moneda quisiera agradecer su participación en "Filigranas, las huellas del agua" a las siguientes personas y entidades:

Marino Ayala Campinún  
Luis Santos y Ganges  
Rafael Calvo Zumel  
Carlos García Cuadrado

Ajuntament de Sant Joan Les Fonts  
Catedral de Burgos  
International Pulp & Paper Technology, S.A.  
Guarro Casas, S.A.  
Pere Valls, S.A.  
Fábrica de Papel de Seguridad de la FNMT-RCM en Burgos  
Equipo del Museo Casa de la Moneda

Impreso en Publiequipo S.L.  
ISBN: 978-84-89157-70-5  
Depósito legal: M-7818-2016

Madrid, 2016  
© De los textos sus autores.

# ÍNDICE

PRESENTACIÓN DEL PRESIDENTE-DIRECTOR GENERAL DE LA FNMT-RCM .....	7
PRESENTACIÓN DEL DIRECTOR DEL MUSEO CASA DE LA MONEDA .....	9
INTRODUCCIÓN .....	11
FILIGRANAS: MÁGICAS TRANSPARENCIAS DEL PAPEL .....	13
Introducción .....	16
Aproximación histórica de la marca al agua .....	17
Actuales fabricantes en España de papel artesano y de filigranas .....	43
La marca al agua papelera y su proceso de elaboración .....	48
Procesos manual y mecanizado de fabricación de papel .....	70
Marcas al agua / filigranas .....	73
Marcas al agua de líneas y marcas al agua sombreadas .....	78
Elaboración de mallas para las marcas sombreadas .....	85
<b>LAS MARCAS DE AGUA SOMBREADAS DEL PAPEL DE SEGURIDAD DE LA FNMT-RCM .....</b>	<b>91</b>
La naturaleza de la marca de agua sombreada en el papel de seguridad .....	94
Las características especiales del papel de seguridad .....	97
Las máquinas de forma redonda fabricantes de los billetes en España .....	98
Las primeras marcas de agua de los billetes españoles .....	108
La fabricación de las telas con marca de agua para forma redonda .....	113
El procedimiento técnico de realización de las ceras .....	119

LOS GRABADORES DE MARCAS DE AGUA DE LA FÁBRICA DE PAPEL .....	125
El grabado de las marcas de agua .....	127
Rafael Calvo Zumel .....	130
Carlos García Cuadrado .....	142
MÁS ALLÁ DE LA MARCA DE AGUA: EL PAPEL DE LOS BILLETES DE BANCO .....	153
La aparición del papel de seguridad, la marca de agua sombreada y los billetes de banco .....	156
Las características de seguridad papeleras más empleadas en los billetes .....	159
Lince, un billete de demostración de la FNMT-RCM .....	167
Las medidas de seguridad papeleras en Lince .....	170



**Las marcas de agua sombreadas del papel  
de seguridad de la FNMT-RCM**



Este capítulo tiene por objeto dar cuenta de las marcas de agua sombreadas y localizadas en los documentos de valor desde que la Fábrica Nacional de Moneda y Timbre comenzara a fabricarlos hasta la actualidad, centrandó el objetivo en la historia de la técnica.

El papel con marcas de agua producido con máquina de papel de forma redonda en la Fábrica de Papel que la FNMT-RCM tiene en la ciudad de Burgos ha sido y es una producción muy especial destinada a ser, como papel de seguridad, el admirable soporte material de los mejores documentos de valor.



*Fábrica de Papel de Seguridad de Burgos, 1953*

Hemos de entender por documento de valor aquel que por su propia naturaleza y utilidad está dotado de la mayor garantía posible, es decir, que presenta un conjunto de caracteres que dificultan al máximo su posible falsificación, tanto en las cualidades del papel como en las de su diseño y estampación.

En el contexto interno de la FNMT en la década de 1940, cuando esta entidad fabril del Estado creó su Sección de Documentos de Valor, debían ser considerados documentos de valor o 'valores' aquellos no nominativos y ajenos a la renta del Timbre, Aduanas y Loterías, que requirieran especiales cuidados técnicos para impedir su falsificación. Así, los billetes del Banco de España y los títulos de la Deuda Pública han sido los fundamentales documentos de valor fabricados por la FNMT desde sus comienzos en esta materia. Más tarde, se distinguiría entre media y alta seguridad en las producciones de la casa, e incluso entre documentos de valor, de garantía y de seguridad, si bien su diferenciación es variable en perspectiva histórica.

Por ello, junto al muy variopinto y amplio elenco de efectos timbrados (papel timbrado judicial, letras de cambio, pólizas de operaciones, papel de pagos y tasas, cédulas, etc.), a las listas y billetes de la lotería, a los documentos nacionales de identidad y los pasaportes, a los libros del registro civil y a tantas otras producciones especializadas de las artes gráficas, la FNMT ha venido produciendo diversos documentos de valor, los más distinguidos de los cuales han venido siendo los billetes de banco. Salvo los billetes fraccionarios de la posguerra, todos los billetes del Banco de España fabricados por la FNMT han sido estampados en papel superfino de algodón, con marca de agua sombreada y localizada.

Pero vayamos por partes. Empecemos por precisar qué significan y suponen las marcas de agua sombreadas y localizadas, así como las características del papel de seguridad, antes de acometer cómo se producían hasta la llegada de la era digital.

## 1. LA NATURALEZA DE LA MARCA DE AGUA SOMBREADA EN EL PAPEL DE SEGURIDAD

La marca de agua -o marca al agua- en el papel es una transparencia a modo de huella o impronta, resultado de una variación voluntaria en la opacidad del papel, que puede representar un nombre, un dibujo o un diseño más o menos elaborado.

Aunque es un asunto terminológico técnicamente en discusión y bien diverso según los idiomas, las tradiciones, los intereses disciplinares y los puntos de vista, podemos sostener que hay dos tipos básicos de marca de agua: la filigrana y la marca de agua sombreada.

La filigrana es el tipo más elemental y nítido de marca de agua, generada por un dibujo a base de hilos o líneas adosadas a la malla. Ingeniada en el Medievo, era ya frecuente en los papeles significativos desde la Edad Moderna y fue usada en los primeros billetes dieciochescos. El dibujo artesanal de hilo metálico pudo ser sustituido en ocasiones por una planchita delgada y finamente troquelada, lo que garantizaba que la filigrana resultante se pudiese repetir.

La marca de agua sombreada, por su parte, es un tipo perfeccionado de marca al agua, generada por un contramoldeado puntual de la malla. Fue inventada en 1848 por el británico William Henry Smith, quien mostró por primera vez sus resultados en la Exposición de París de 1849, incorporándose su técnica al papel de seguridad apenas seis años más tarde. La marca de agua sombreada puede llegar a ser muy detallista y sutil, con claroscuros entonados y sensación de profundidad, lo que permite dibujos complejos como por ejemplo las fisonomías de personajes reconocibles. La marca de agua sombreada se conforma en el papel en el inicio de su proceso de fabricación, por unas variaciones moduladas del grosor de la hoja debidas a la trama troquelada de la malla del molde. Así, la variación de alturas y profundidades en la tela metálica genera una gama de tonos en el papel, es decir, un efecto de sombreado, multitonal.

La marca de agua sombreada es desde la segunda mitad del siglo XIX la marca de agua por excelencia en el papel de seguridad, sobre todo en los billetes de banco. Porque la marca de agua de los billetes ha sido uno de los elementos de seguridad más tradicionales y durante mucho tiempo el que primero se verificaba cuando se tenía alguna duda sobre su autenticidad. De ahí que la inmensa mayoría de los billetes de banco hayan seguido incorporándola, aun existiendo ya variados y depurados recursos para la dotación de un gran nivel de seguridad contra la falsificación. Tal vez en el futuro se acabe por prescindir de este recurso contra la falsificación, dado el ritmo de los avances tecnológicos, pero hasta hoy, por tradición y por utilidad, se mantiene.

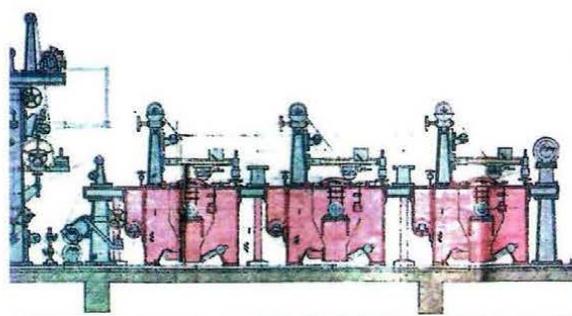
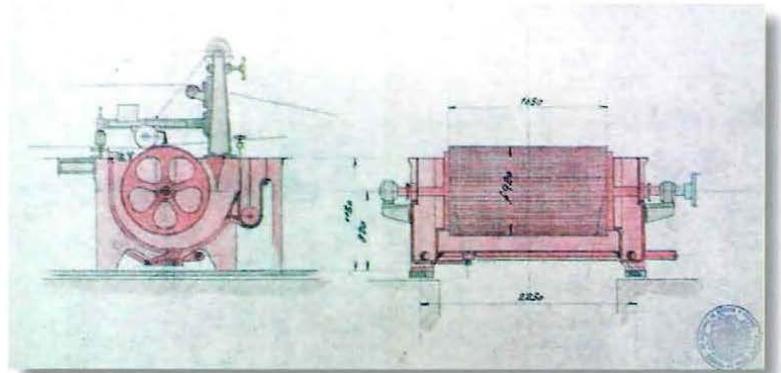
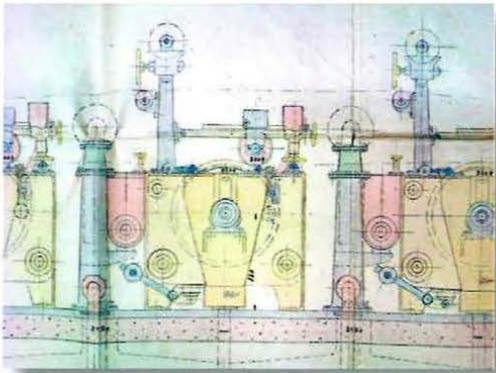
Por otro lado, las marcas de agua pueden estar en cualquier parte indistinta de la hoja o bien pueden estar en un sitio muy preciso de la hoja. Es decir, las marcas de agua pueden ser continuas o localizadas.

Las marcas de agua continuas pueden ser generadas en una máquina de papel de mesa plana dotada de *dandy roll*, o sea, un primer rodillo desgrotador de la máquina que incorpora troquelados generadores de marcas de agua de una mediana calidad en el papel recién formado. El *dandy roll*, que fue patentado en 1825 por los hermanos John y Christopher Phipps, tenía desde el principio la capacidad de incorporar filigranas, si bien esta utilidad se limitó al papel corporativo y al de garantía de menores exigencias antes de generalizarse su uso normal al papel de impresión.

Las marcas de agua localizadas, sin embargo, solamente se obtienen en máquina de papel de forma redonda, ya en la propia formación inicial de la hoja.

La forma redonda o bombo con tela para marcas de agua (cylinder mold, rouleau filigraneur, rullo filigranatore) es uno de los elementos clave de la máquina de forma redonda. El bombo es un rodillo o cilindro conformado externamente por tres o cuatro telas metálicas sobrepuestas -la externa, o las dos externas, con las marcas hincadas o troqueladas en puntos precisos-, técnica que permite lograr marcas de agua localizadas de gran calidad.

Desde hace siglo y medio, el papel de seguridad con mayor calidad y garantía suele incorporar marcas de agua sombreadas y localizadas en el punto adecuado, al menos desde que la casa británica *Portals Ltd.* lo introdujera en 1855 y lograra un éxito de largo alcance.



Formas redondas de una máquina de papel superfino. Planos del proyecto de 1944

En el universo de los billetes de banco, la preocupación por la mayor calidad implica a todas las actividades de producción, desde el diseño del billete a las operaciones de impresión pasando por las características del papel. Por lo que respecta al papel, se ha debido siempre procurar unas cualidades muy exigentes, referentes a su durabilidad, su resistencia al doble pliegue, a la tracción y a la perforación, su homogéneo gramaje, tono y satinado, su firmeza frente al manchado y a la penetración de las grasas, su calidad uniforme, su reconocimiento al tacto y -algo fundamental- su dificultosísima falsificación, introduciendo para ello los más apropiados elementos de seguridad, tales como las marcas de agua o las incorporaciones en el papel de fibras, hilos, bandas, tonos, etc.

Las marcas de agua son, por lo tanto, un elemento clave del papel de seguridad para los documentos de valor. Veamos entonces qué tipo de papel era y es éste, especialmente el de los billetes.

## 2. LAS CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL PAPEL DE SEGURIDAD

Siempre se procuró que el papel de los billetes del Banco de España fuese un papel especial, con una calidad extraordinaria o fuera de categoría: un papel extrafuerte (resistente y duradero) y a la vez superfino (de la mejor calidad a base de fibra de algodón), de específicas y exquisitas aptitudes ajustadas a su momento histórico.

Se trata de un papel a base de algodón. La fibra de algodón es el prototipo de las celulosas naturales, la forma más pura y resistente de fibra celulósica, razón por la que ha primado sobre otras fibras en la fabricación del papel de gran calidad. Para los billetes, la materia prima algodonesa no fue nunca, por su precio, la flor de algodón, sino los diversos subproductos de la industria textil algodonera.

La materia prima principal del papel de los billetes fabricado por la FNMT fue constituida por los retales de telas nuevas de algodón blanco ('trapos'), siendo sustituidos desde 1980 por la borra procedente de hilaturas de algodón blanco ('combers', borra de peinadora o *cotton comber*), ambos con fibras celulósicas maduras.

Los 'linters' de algodón (borra de desmotadora, purificada y blanqueada, o *cotton linter*) y otros materiales con fibras de algodón, de esparto y de lino fueron usados para fabricar otras labores de papel de seguridad. Los linters algodonesos, que durante los años cincuenta eran aún difíciles de importar, fueron sustituyendo al resto de primeras materias desde los años sesenta, además de aprovecharse en su caso los recortes del papel de billetes.

Entre los años cuarenta y los setenta del siglo XX, el papel de algodón para documentos de valor debía ser un papel sin cargas (salvo, en su caso, un dos por ciento de bióxido de titanio como opacante), con un gramaje medio como papel de impresión (82,5 gr/m<sup>2</sup> para los billetes de primera clase), alisado, encolado (para los billetes, encolado en la superficie con gelatina animal en un seis o siete por ciento de cola), satinado y perfectamente apto para ser impreso por los procedimientos calcográfico, litográfico y tipográfico.

Aunque todos los documentos de valor eran de algodón cien por cien, lo cierto es que, según el nivel de calidad determinado por su destino, debían estar hechos totalmente con recorte de trapo de algodón blanco nuevo de primera clase y exento de toda fibra extraña (los billetes) o bien aceptar un cierto porcentaje de trapo blanco nuevo de segunda clase, de recorte de papel de billetes o de linters de algodón. De este modo, en 1966, la FNMT disponía de una gradación jerárquica de los tipos de papel superfino a fabricar, desde el papel para los billetes de banco (de clase 1, 2, 3 y 4) hasta los diferentes tipos de papel de seguridad: papel de seguridad para documentos oficiales (títulos de la Deuda, pólizas...), papel para libros de seguridad (Registro Civil), papel de seguridad para usos diversos (Lotería, papel tira de seguridad...) y papel de seguridad en tres capas (pasaportes, tarjetas para uso de encendedores...).

Ahora bien, el papel de seguridad con marcas de agua sombreadas y localizadas debía ser fabricado en una planta papelera dotada de máquina de forma redonda y otros medios precisos, durante los años cuarenta en casas europeas y desde 1953 en la Fábrica de Papel de Seguridad de Burgos.

### 3. LAS MÁQUINAS DE FORMA REDONDA FABRICANTES DE LOS BILLETES EN ESPAÑA

La FNMT, que se formase en 1893 por la fusión de la Real Casa de la Moneda y de la Fábrica del Timbre del Estado, ha venido siendo una entidad fabril estatal cuyo fin primordial ha sido históricamente la fabricación de las monedas acuñadas por el Tesoro y la fabricación de los efectos timbrados requeridos por las administraciones públicas. Ahora bien, además de monedas se produjeron también medallas, y al amplísimo repertorio de los efectos constituyentes de la renta del timbre del Estado debían añadirse las labores especiales, desde los sellos de Correos a la impresión de todo tipo de documentos oficiales.

En 1924, la FNMT estuvo en condiciones de producir también obligaciones del Tesoro y en 1937 los certificados provisionales de moneda divisionaria, por encargo del Ministerio de Hacienda de la República. Pero fabricar

documentos de valor era un asunto que realmente sólo determinadas sociedades extranjeras podían resolver con solvencia contrastada. De hecho, el Banco de España tuvo que renunciar a producir los billetes en sus propios Talleres y, desde 1906, fueron todos hechos en Gran Bretaña.

La FNMT era una de las casas más avanzadas en materia de artes gráficas en el país, pero los billetes nunca fueron emitidos por las casas de moneda, sino por los bancos privilegiados por el Estado o excepcionalmente por la Hacienda pública.

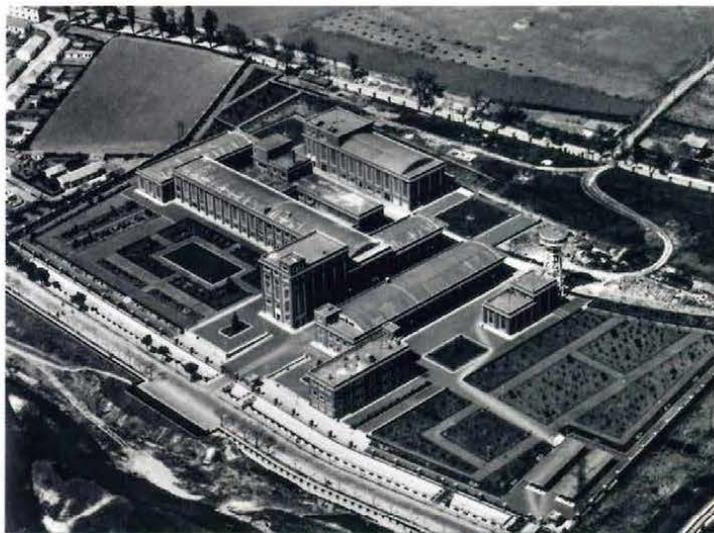
Sin embargo, el aprendizaje de las circunstancias de la guerra monetaria acaecida durante la Guerra Civil española, la necesidad perentoria de disponer de moneda fraccionaria en formato moneda papel ante la carestía de metales, la intervención directa del Ministerio de Hacienda en el Banco de España y, en fin, la mentalidad autárquica y estatalista imperante entre los dirigentes del Primer Franquismo, condujeron a la decisión de que la FNMT fabricase los billetes españoles. En 1940, el ministro de Hacienda José Larraz autorizó a la FNMT a fabricar billetes. Y en 1941, el ministro de Hacienda Joaquín Benjumea la convirtió en fabricante preferente, de modo que se convirtió en el ente fabril responsable de la producción de todos los billetes.

De este modo, la FNMT debió crear una Sección de Documentos de Valor. Ello se justificó en la necesidad de abordar la producción de los billetes de banco, así como también de los documentos de valor que le fuesen encargados por el Estado (como por ejemplo los títulos de la Deuda). La FNMT empezó a producir en los primeros años cuarenta los billetes del Banco de España.

Producir los billetes significó diseñar, grabar y estampar un papel de seguridad que debía ser importado sobre todo de Francia (*Papeteries de Rives*) y del Reino Unido (fundamentalmente *Portals Ltd.*). Pero la inspiración nacionalista y autárquica (con el eslogan de “independizarse del extranjero”), el enfoque militar y estatalista del billete como bien estratégico y la grave situación de los mercados internacionales por el conflicto de la II Guerra Mundial, llevaron a considerar que también era preciso que la FNMT dispusiera de una papelera especial de papeles superfinos.

Así pues, en 1943 el director general de la FNMT, Luis Auguet Durán, empezó a pensar en un proyecto de nueva papelera y dispuso que se situara en la ciudad de Burgos. Con la asistencia técnica de oficinas consultoras suizas y con la posibilidad de importar la maquinaria del neutral país helvético, se formó el proyecto y se construyó la Fábrica de Papel de Seguridad de Burgos, muy lentamente, entre 1944 y 1952, años penosos del desastre autárquico, en contraste con la voluntad invariable de instituir un cualificado servicio del Estado.

La FNMT, pues, construyó su propia papelera. Una papelera bien proyectada, bien edificada, bien dotada de medios técnicos y con una función muy especial que exigía un elevado grado de desarrollo tecnológico.

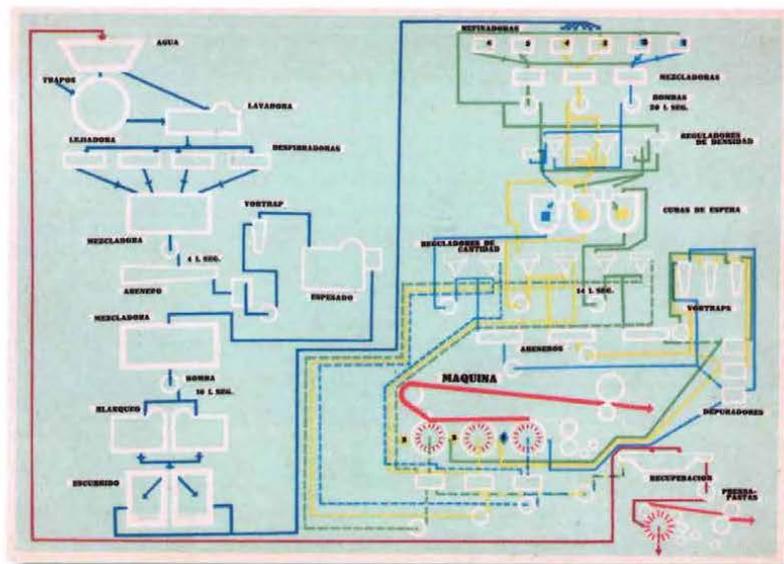


*Vistas aéreas de la Fábrica de Papel de Seguridad de Burgos, antes y después del Plan de Reorganización de 1971*

La Fábrica de Papel fue pensada para fabricar hasta 600 toneladas anuales de papel de seguridad, la mitad o menos para los billetes de banco y el resto para algunos de los documentos por los que se hacían efectivos el impuesto y renta del Timbre del Estado, la renta de aduanas, los recibos de las contribuciones e impuestos directos e indirectos, y los billetes, impresos y listas de la Lotería Nacional.

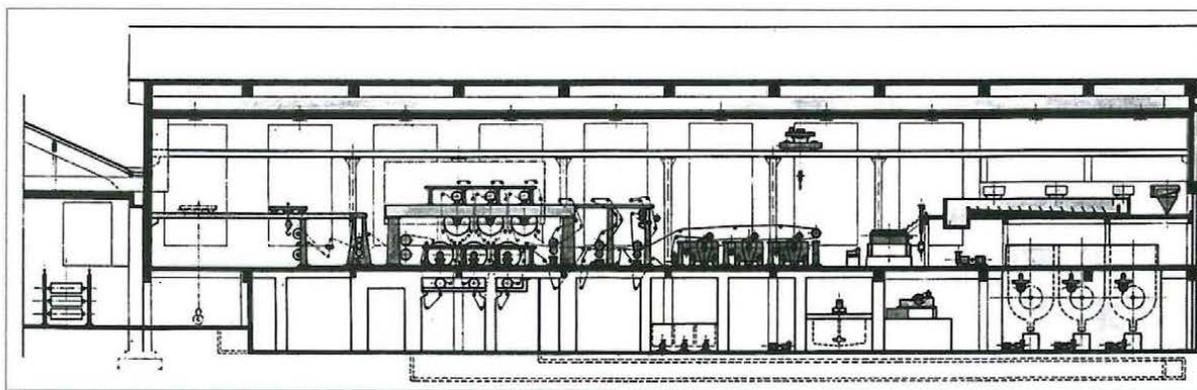
Se construyó, así, una pequeña planta papelera integrada, para fabricar tanto la pasta de trapo de algodón como el papel de seguridad en pliegos cortados y empaquetados. Con la relevante asesoría de las oficinas zuriquesas *Thiel* y *Rathgeb*, y con maquinaria europea (suiza, británica, sueca, alemana y española), se levantó la Fábrica de papel de seguridad de Burgos.

El proceso industrial de la Fábrica de Papel se formó con sus correspondientes cuatro etapas de producción: la preparación de las materias primas, la preparación de la pasta, la fabricación del papel y el acabado del papel.

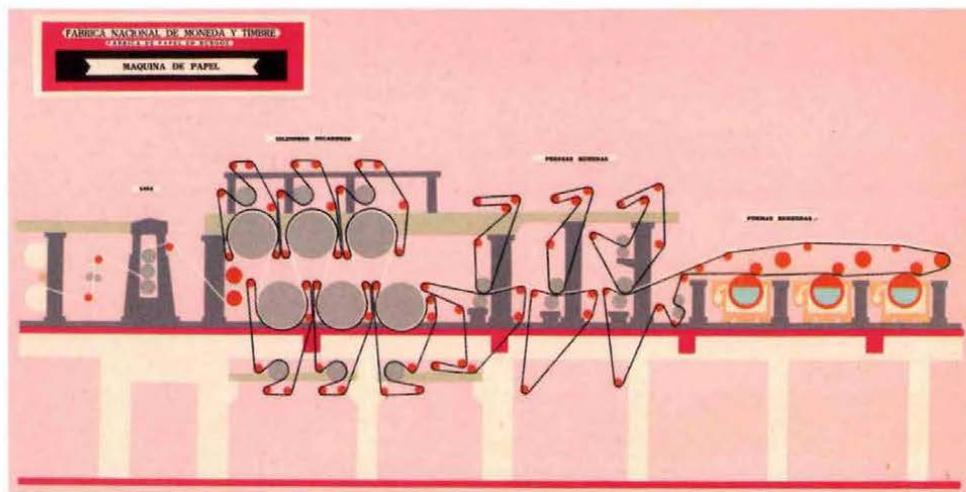


Esquema de fabricación de la pasta y del papel para billetes de banco en la Fábrica de Papel de Seguridad de Burgos, 1953

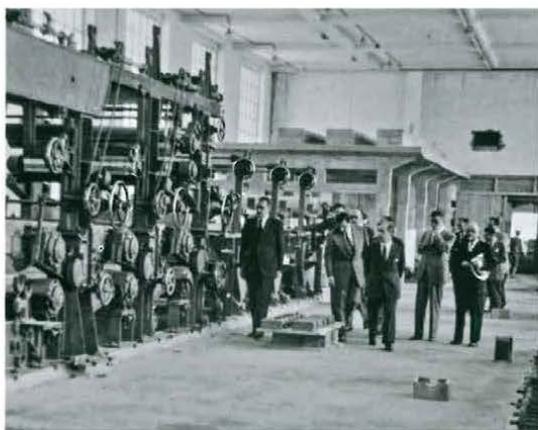
Pues bien, en la nave de fabricación o sala de máquinas donde se producía el papel estaba la máquina de papel de tres formas redondas -de las cuales una podía tener telas con marcas de agua- de la casa suiza *Theodor Bell* (de Kriens, Lucerna), desde 1936 una competente fábrica filial de la casa zuriquesa *Escher Wyss*.



Detalle de la máquina de papel de forma redonda según el proyecto original, 1944



*Sección esquemática de la Máquina de Papel de tres formas redondas de la Fábrica de Papel de Burgos, 1953*



1950 (montaje)



1951 (pruebas)



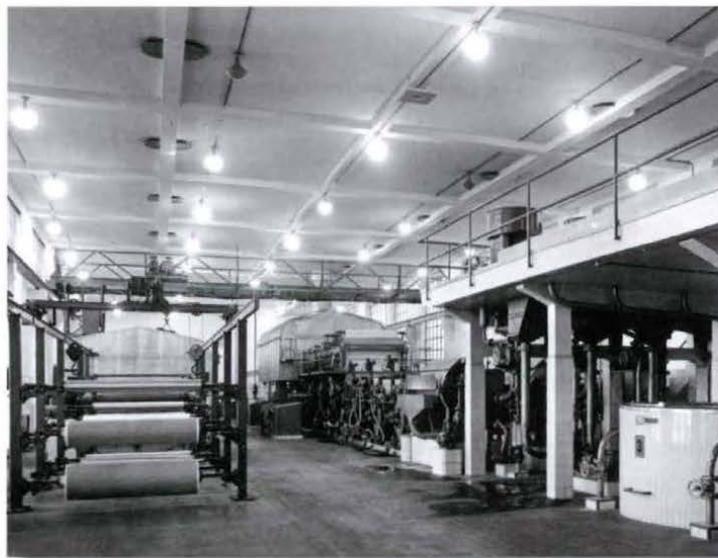
1952 (funcionamiento)

*Fotografías de la primera máquina de papel de forma redonda de la Fábrica de Papel, antes de su inauguración*

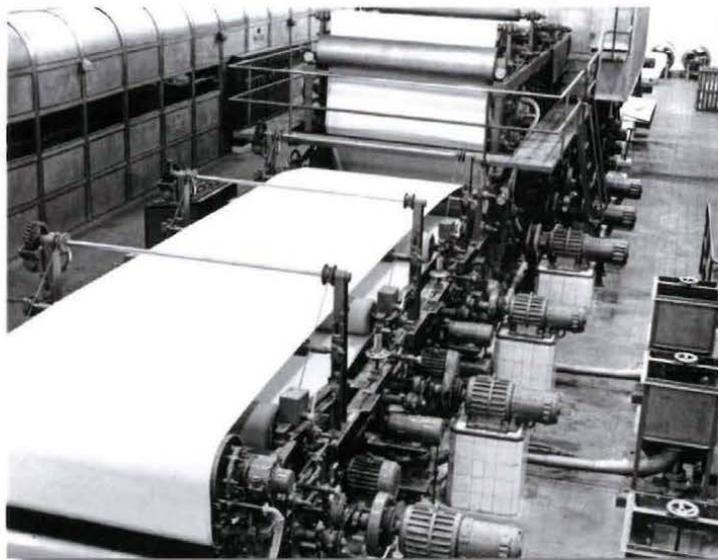
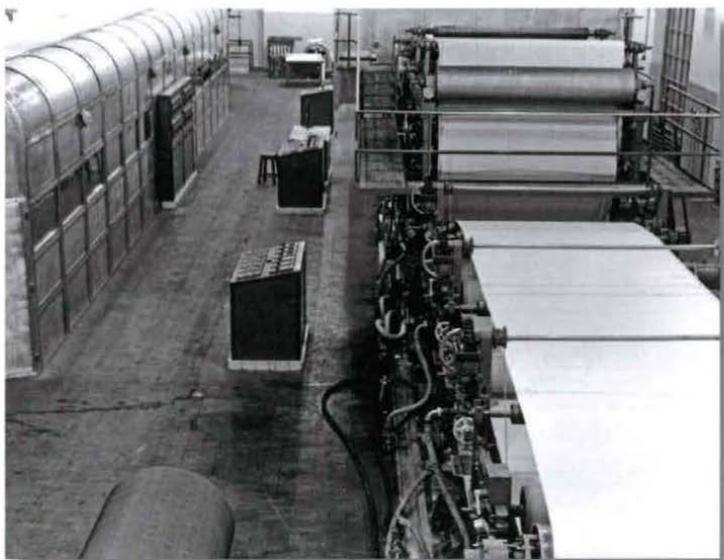
Con esta máquina suiza se produjo el papel de los billetes con marca de agua desde 1953, cuando un 14 de octubre fue acabado el primer papel para billetes con marca de agua sombreada y localizada (con el motivo de una cabeza de mujer de un lienzo de Julio Romero de Torres) para el billete de 100 pesetas.



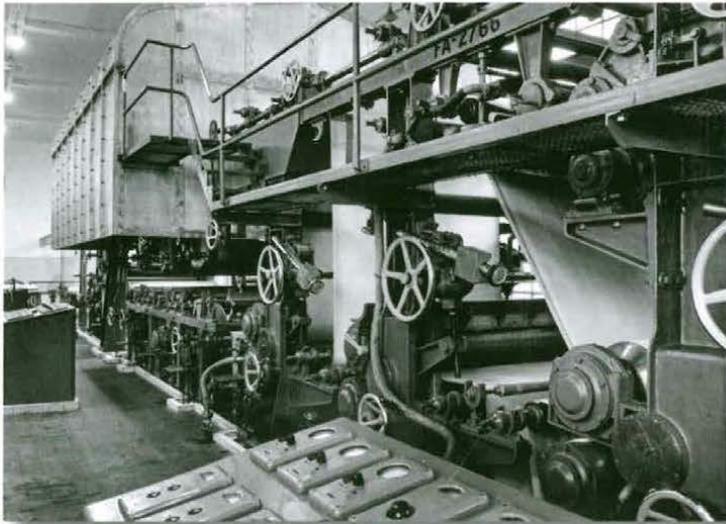
1954 (visita consejo de administración)



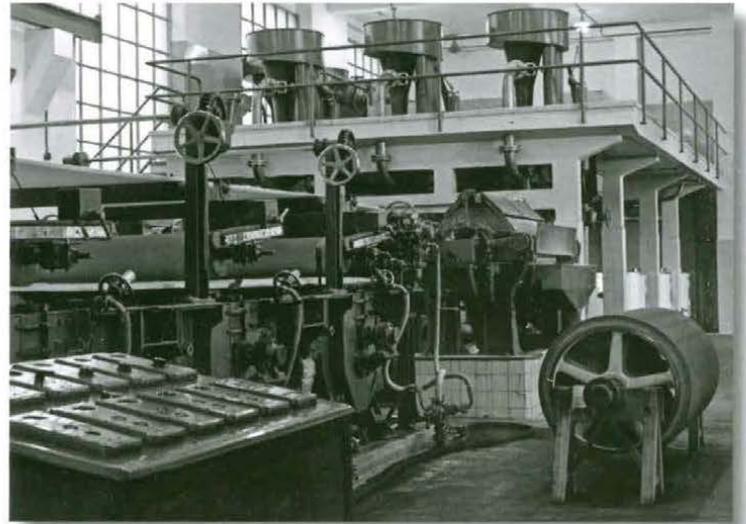
1956, Nave de Fabricación



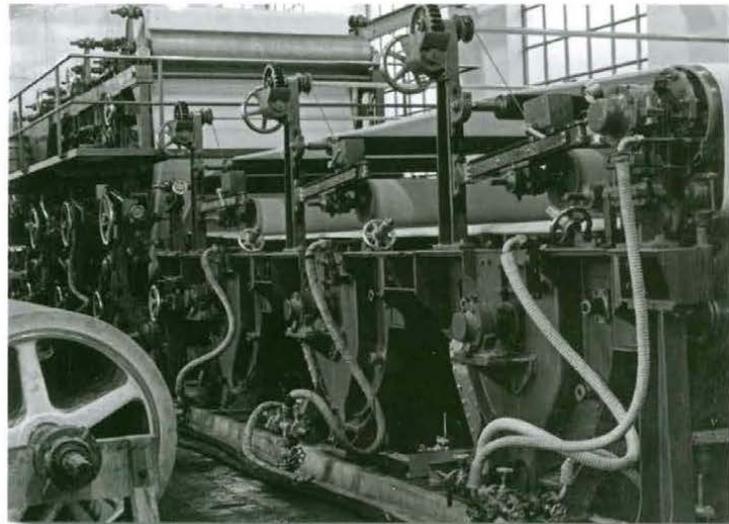
Máquina de Papel a dcha y Encoladora a izda, 1956



Máquina de Papel con la Secadora al fondo

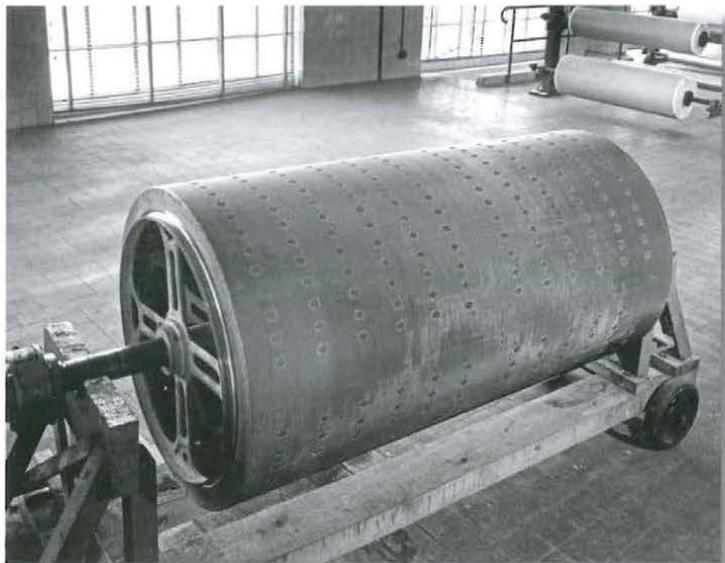


Preparación final de Pastas y Formas Redondas



Las Tres Formas Redondas de la Máquina de Papel

*Fotografías de la primera máquina de papel de forma redonda de la Fábrica de Papel en pleno funcionamiento, 1953*



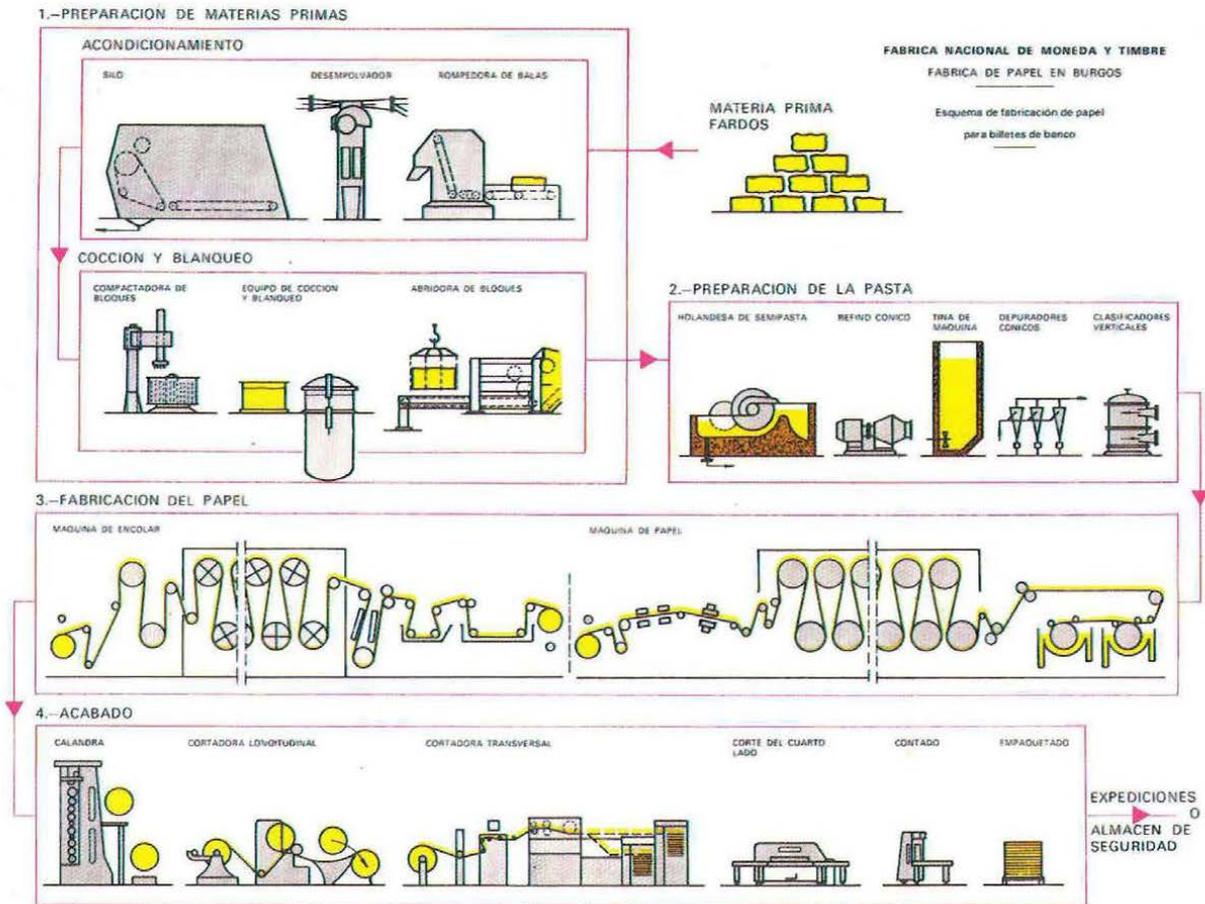
*Fotografías los bombos de las formas redondas de la primera máquina de papel de Burgos, años sesenta*

La máquina de papel de *Bell* estuvo en funcionamiento durante más de dos décadas, hasta que los procesos de modernización de los años 1970 requirieron su cambio por otra generación tecnológica.

Y entonces fue incorporada la máquina de dos formas redondas de *O. Dörries*, que además ya incorporaba técnicas electrónicas. Se trataba de una máquina fabricada por esta casa alemana en la renana ciudad de Düren, en asociación con la asesoría zuriquesa *Security Printing*, perteneciente al grupo bávaro de *Giesecke und Devrient*.

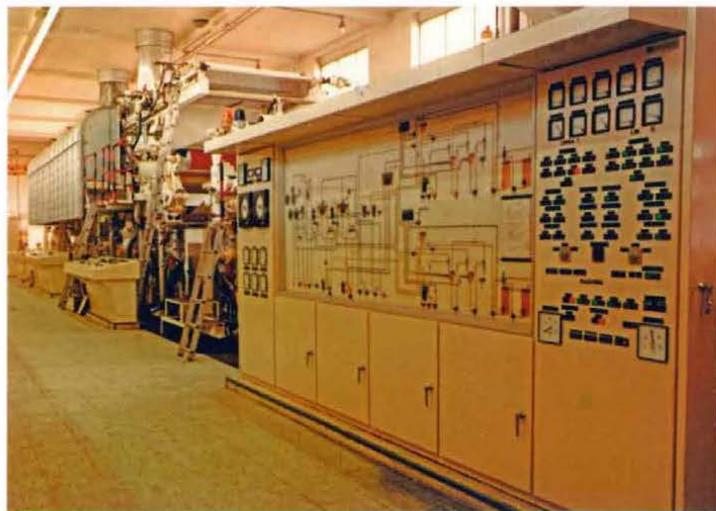
Fueron sustituidos los circuitos depuradores y las tres cubas por dos formadores de hojas con distribuidores especiales, moldes extensibles, etc., fue ampliado el secadero y se instaló un equipo eléctrico para medición de la banda de papel. De este modo, se amplió la horquilla de producción, según las calidades fabricadas, desde los 2.800-4.300 Kg de papel en 24 horas hasta una capacidad productiva nominal de 4.500 kg para papel de mayor calidad y de 6.300 Kg para el resto.

Esta segunda máquina de papel fabricó papel de billetes, al igual que hasta entonces, con pasta de papel producida en la misma factoría, pero no ya con trapos de algodón como primera materia y con refinados en pilas holandesas, sino con combers de algodón y con refinados cónicos, además de una renovación integral de la maquinaria.



Esquema de fabricación de papel para billetes de banco en la Fábrica de Papel de Seguridad de Burgos, años setenta

La máquina *Dörries* estuvo en servicio desde su ejecución en 1975, en el curso del Plan de Reorganización de la Fábrica de Papel, hasta su sustitución dos décadas más tarde. La tercera generación llegaría entrados los años noventa, con una máquina de papel española, a cargo de *Enertec - Técnicas Energéticas y Papeleras* (de Valladolid), bajo licencia de la casa norteamericana *Beloit*.



*Fotografías de la segunda y tercera máquinas de papel de forma redonda de la Fábrica de Papel de Seguridad de Burgos, 1989 y 2015*

Eso sí, se ha tratado siempre de máquinas de forma redonda que podían incorporar bombos con telas preparadas para producir papel con las mejores marcas de agua sombreadas y localizadas, cada una en su momento histórico.

#### 4. LAS PRIMERAS MARCAS DE AGUA DE LOS BILLETES ESPAÑOLES

Las marcas de agua requerían de unas telas para sus formas redondas, con sus correspondientes troquelados y sus refinados cosidos. Para ello, la Fábrica de Papel de Seguridad de Burgos contó con la asistencia de una casa europea, hasta los años setenta del pasado siglo, cuando se hizo cargo la dependencia burgalesa de todo el proceso.

De 1940 a 1953, la FNMT adquirió el papel con marca de agua a casas europeas, y de 1953 a 1975, durante los primeros dos decenios de la FNMT como fabricante papelerero, la preparación de estas telas matizadas fue contratada con la sociedad francesa *Rai-Tillières*.

Antes del montaje y puesta en servicio de la Fábrica de Papel de Burgos, la FNMT tuvo en 1950 la intención de contar con las técnicas y los medios precisos para hacerse cargo del proceso completo de formación de las marcas de agua. Por ello la FNMT contrató con la casa milanese *Settimio Settini* la necesaria asistencia técnica y la formación del personal desde la preparación del modelo de marca de agua sombreada hasta el cosido final de la tela, con el fin de que la Fábrica de Papel pudiese hacerse cargo de la ejecución de las ceras para marca de agua, de las subsiguientes matrices, de la preparación de las telas, de la estampación de la matriz y de la colocación de la tela sobre el cilindro de la máquina de papel. De esta manera, entre 1951 y 1952, el artista modelador Manuel Marín Jimeno fue instruido en la formación de ceras, la cosedora María Manchado García aprendió a realizar el cosido de acabado de las telas metálicas y su encamisado, y el ajustador Restituto Ortega Badas se formó en la manipulación mecánica y térmica de las telas. Sin embargo, al menos para el caso de los documentos de valor de primer orden, la FNMT no puso en funcionamiento completo el previsto taller de marcas de agua y telas, sino que adquirió las telas troqueladas a *Rai-Tillières*.

*Les Toiles Métalliques de Rai-Tillières* era una de las compañías sucesoras de la sociedad *Usines Métallurgiques de Rai-Tillières*, fabricante de alambres y de mallas de alambre que en 1898 fue adquirida por el grupo industrial de la *Compagnie Générale d'Électricité*. Y al menos desde 1925, *Rai-Tillières* ha venido disponiendo, en la villa normanda de Rai, de una fábrica especializada en la producción de telas metálicas sin fin y de cilindros o bombos para marcas de agua. Así, *Rai-Tillières* fue la proveedora de los troqueles y las telas correspondientes hasta que la propia Fábrica de Papel de Seguridad de Burgos, en el marco de su Plan de Reorganización de 1971, pudo contar con sus propias instalaciones hacia 1976, a imagen de las que disponía la prestigiosa casa bávara *Giesecke und Devrient*.

El proceso de formación de las telas productoras de marcas de agua sombreadas suponía, a mediados de siglo, siete pasos fundamentales. En primer lugar, el diseño de la marca de agua y el dibujo de líneas del motivo de la marca de agua, por regla general un retrato. En segundo lugar, la transferencia del dibujo a una plancha de

cera sobre cristal y el grabado artesano de un relieve. En tercer lugar, la obtención de una forma de silicona y de su reversa. En cuarto lugar, la obtención de unos galvanos. En quinto lugar, la elaboración de unos troqueles (molde y contramolde). En sexto lugar, el troquelado, prensado o hincado de la tela en los lugares adecuados. En séptimo lugar, el cosido y montado de la tela troquelada junto con otras telas metálicas en el bombo.

*Rai-Tillières* fabricaba los troqueles y los hincaba en las correspondientes telas o mallas de hilos de bronce, mientras que la Fábrica de Papel de Burgos las montaba en los bombos junto con las telas accesorias.

De este modo, la fabricación en Burgos del papel de billetes con marca de agua desde 1953 hasta 1975 se sirvió de telas preparadas en Francia. Como excepción, tal vez se pudieron preparar en la Fábrica de Papel los troqueles y telas para el papel de los billetes de piastras egipcias o para papel de Lotería y del Timbre.



*Marcas de agua de los billetes de cien pesetas de 1953 y de 1965, y del billete de mil pesetas de 1957*



*Marcas de agua de los billetes de Lotería Nacional y del papel timbrado de mayor clase*

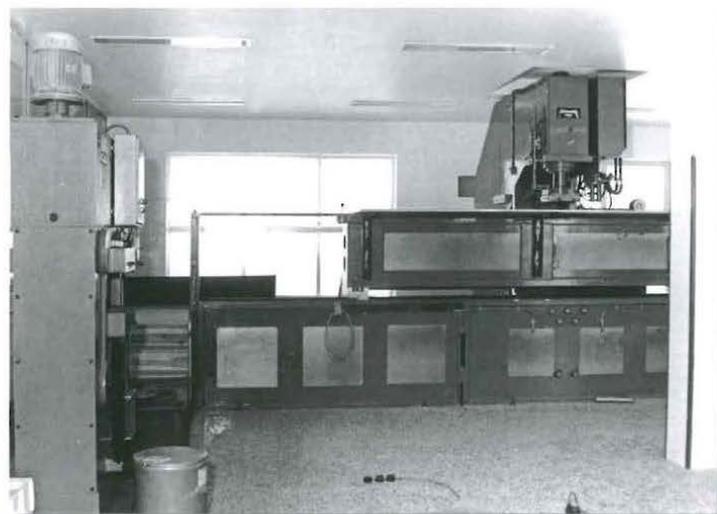
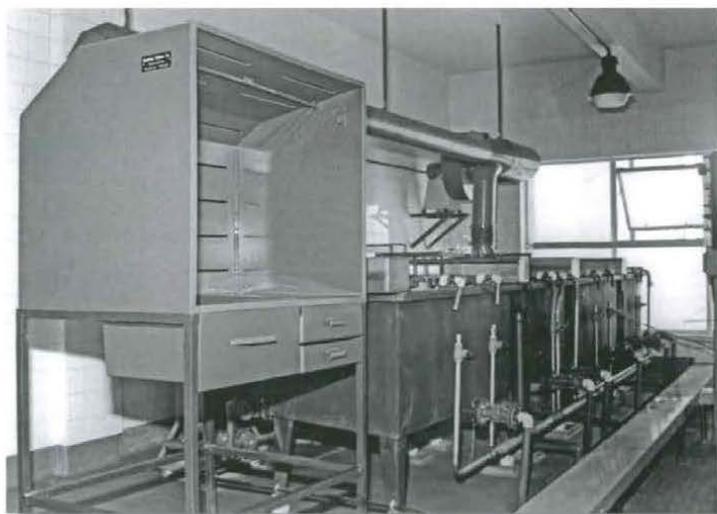


*Tela con filigrana para papel de los libros del Registro Civil: detalle de la filigrana e imágenes del cosido de las telas, 1966*

Hubo de esperarse, pues, al Plan de Reorganización de 1971 de la planta burgalesa para conformar un "Taller de Telas y Marcas de agua", el cual fue instalado entre 1973 y 1976 con la asistencia técnica de la sociedad *Security Printing*. Fue entonces denominado "Nuevo Taller de Telas para la preparación de originales, matrices y telas estampadas", el cual debía poder confeccionar hasta seis telas (de tres o cuatro capas) al año.

Las instalaciones se organizaron en cuatro partes: preparación de originales (grabado de las ceras), formación de matrices (instalación de galvanoplastia y baños), mecanización de troqueles, y estampación de las telas y soldadura.

El taller de galvanoplastia fue diseñado y montado por *Blasberg Ibérica*, sociedad con matriz alemana. Se trataba de galvanizar los plásticos obtenidos de las formas de silicona mediante un primer baño de níquel y un segundo baño de cobre, a partir de cuyo resultado se podían conformar los troqueles de hincado para ser luego alzados con plomo. Y el taller de troqueles, diseñado directamente por *Security Printing*, disponía de una potente prensa hidráulica Man para estampar las planchas de los troqueles.



*Instalación de galvanoplastia y Prensa-telas, años setenta*

A partir de entonces, la Fábrica de Papel de Burgos pudo hacerse cargo de todo el proceso de producción de las marcas de agua: ceras, matrices, troqueles y telas.

## 5. LA FABRICACIÓN DE LAS TELAS CON MARCA DE AGUA PARA FORMA REDONDA

El fabricante de papel de billetes ha de estar preparado para lanzar una nueva marca de agua en un plazo razonablemente corto y debe conocer de antemano la aceptable durabilidad prevista de las telas de sus formas redondas. Además, la dinámica de aumento de la velocidad en las máquinas de formas redondas y la disposición de un rodillo desgotor que coadyuve en la formación de la hoja e iguale las dos caras del papel, hacen que las telas de estas formas se agoten con relativa frecuencia.

Si el fabricante construye sus propias telas, como en el caso de la Fábrica de Papel de Burgos desde mediados de la década de los setenta, debe realizar el diseño, debe proveerse de telas lisas, debe fabricar los troqueles y debe proceder a los hincados de las marcas en las posiciones adecuadas, teniendo en cuenta la dilatación y contracción de su máquina, hasta la obtención de la tela sinfín que cubre el molde. Nos servimos como fuente confiable del breve informe de junio de 1988 firmado por Vicente Morales Fernández como material para una conferencia, quien expuso claramente los factores clave y cómo debía procederse a este respecto. He aquí un compendio, por lo tanto, del procedimiento antiguo, previo a la computarización, siguiendo las consideraciones y explicaciones de quien fuera durante varias décadas el jefe de producción en Burgos.

El primer paso era el diseño o boceto de la marca de agua. De forma preliminar ha estado siempre el propio diseño general del billete y la definición del motivo de la marca de agua y de su ubicación, así como las medidas y características de los pliegos de papel a producir y del diseño de las telas.



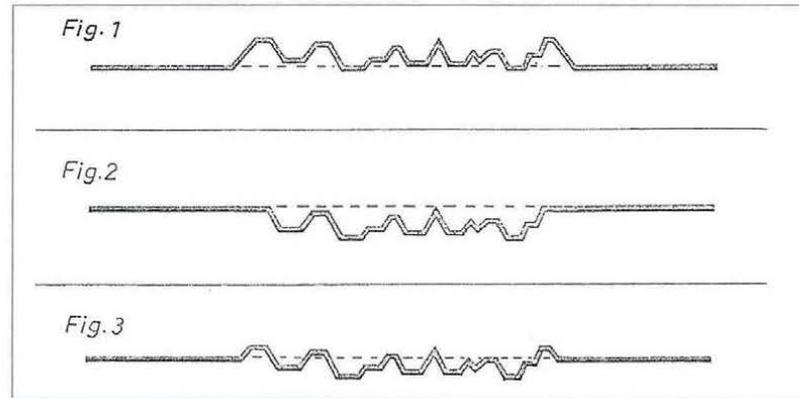
Sobre la base de una muestra del cliente (fotografía, pintura, dibujo sombreado), se formaba un dibujo a tamaño ampliado de la marca de agua, a base de líneas, de manera que el artista expresase los claroscuros que debía incorporar la marca de agua. Posteriormente se hacía una reducción al tamaño real ubicándola en la posición adecuada del proyecto de billete. Finalmente, se formalizaba, a escala uno es a uno, un plano del pliego a fabricar, indicando en el mismo las posiciones de la marca de agua y demás elementos de seguridad que llevase el papel a fabricar. Aprobado por el cliente el diseño del pliego, debían hacerse los cálculos precisos de dilatación y contracción de la propia máquina de papel para determinar las posiciones de las marcas de agua en la tela, donde existían dos acotaciones diferenciadas: una de medidas reales de papel terminado y otra de localización de las marcas en la tela. En este plano se aprovechaba para colocar los distintos elementos o señalizaciones necesarias para el guiado de la banda, el corte del papel, la señalización de los pliegos, etc.

El segundo asunto a resolver en la fabricación de la tela era la construcción del troquel. El grabado en cera de la marca a ejecutar (de cuyo procedimiento técnico damos cuenta en el siguiente apartado) debía estar ejecutado no sólo con mano artística sino que además debía seguir una técnica que facilitase una mayor duración de la tela. Teniendo en cuenta la sección de una cera se presentaban tres casos diferentes:

1º.- Que la totalidad del grabado se moviera por encima de la zona plana de la cera (Fig.1), en cuyo caso, los claros eran enérgicos y los oscuros, que en teoría debían ser iguales al papel, se apreciaban en modo de contraste pronunciado. Este primer caso era el más desfavorable desde el punto de vista de la duración de la tela, pues el relieve hacia afuera suponía un gran desgaste.

2º.- Que la totalidad del grabado se moviera por debajo de la zona plana de la cera (Fig.2), en cuyo caso, los oscuros eran fuertemente pronunciados mientras que los claros eran de la misma tonalidad del papel. Este segundo caso suponía una duración considerable de la tela al no existir salientes y era recomendable para fabricaciones largas, pero la calidad de la marca de agua era menor.

3º.- Que el grabado se moviera por encima y por debajo de la zona plana de la cera (Fig.3), de modo que los salientes y los entrantes procurasen una calidad superior y resultando una tela de durabilidad media. La Fábrica de Papel de Burgos consiguió en los años ochenta unas marcas de agua más que aceptables de este modo, con un relieve de ocho décimas de milímetro y una profundidad de siete décimas, y consiguiendo un rendimiento de más del doble que con telas fabricadas según el primer caso.



*Secciones esquemáticas de los diversos modos de troquelado de la tela*

Concluido el grabado en bajorrelieve sobre una capa de dos milímetros de cera coloreada y alisada en un cristal, debía conseguirse un fiel negativo en relieve con un material elástico. Esta reproducción (de silicona u otro material) se sometía a una deformación en sentido opuesto a la dilatación y contracción que se producía en la máquina de papel con el fin de contrarrestarlas. Posteriormente se obtenían un negativo y un positivo de plástico y se convertían en matrices metálicas mediante unos baños galvánicos. Estas matrices eran realizadas con una aleación de plomo, estaño y antimonio, y luego trabajadas mecánicamente para darle las medidas precisas.



*Troqueles para marca de agua de billetes españoles con el motivo del busto de Goya*

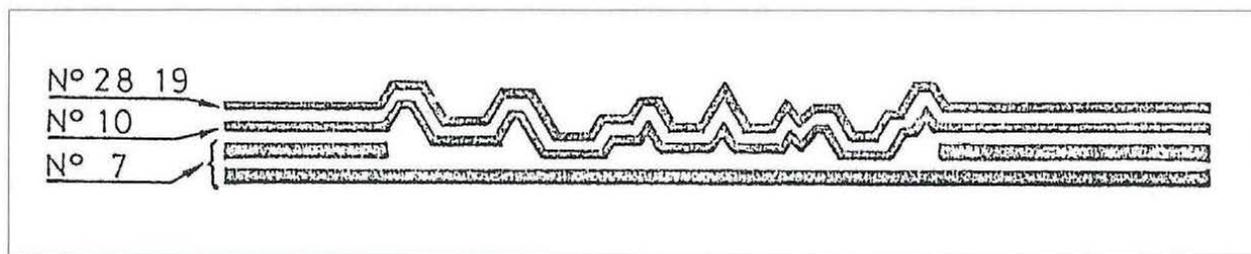
El siguiente paso era la propia fabricación de las telas del bombo. Por entonces se trataba ya de cuatro telas de bronce fosforoso unidas entre sí mediante soldadura eléctrica por puntos, que tenían las siguientes características técnicas:

1ª tela: tejido sinfín del tipo 28/19 en bronce fosforoso, simple, de cinco décimas de grosor, con tejido angular y plano, desvío angular máximo de 31 milímetro en el ancho de la banda.

2ª tela: tejido tipo 10 simple, con las mismas características que la 1ª tela pero con un grosor de siete décimas.

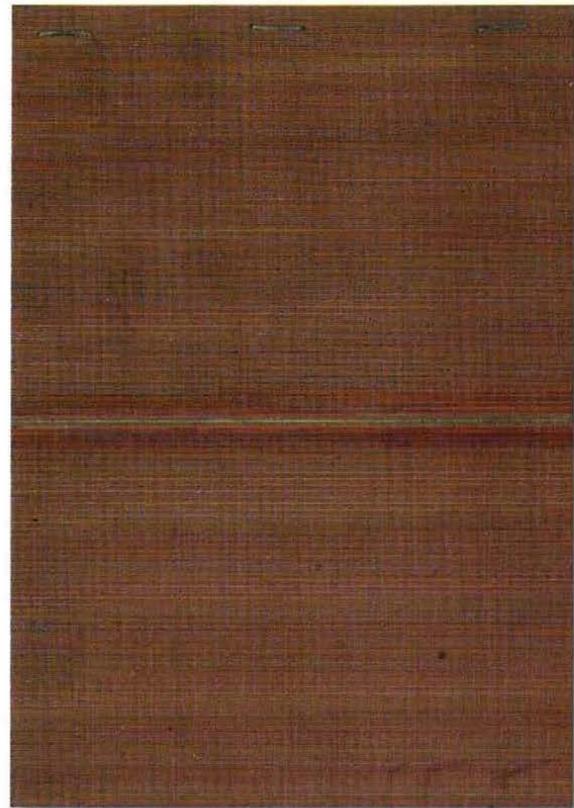
3ª y 4ª telas: tejido tipo 7 simple, con las mismas características que las otras telas pero con un grosor de un milímetro.

Era primordial el perfecto hincado de la primera tela. Dividida en bandas y señaladas las posiciones de las marcas, se procedía a los recocidos puntuales de la tela antes de hacer los estampados con los correspondientes troqueles mediante una prensa hidráulica. Se hacía el mismo tratamiento con la segunda tela. A la tercera tela se le recortaban las siluetas de las marcas a modo de ventanas. Y a la cuarta tela no se la sometía a ningún tratamiento, pues servía de soporte del resto.



*Sección esquemática de la disposición de las cuatro telas o capas en la tela con marcas de agua*

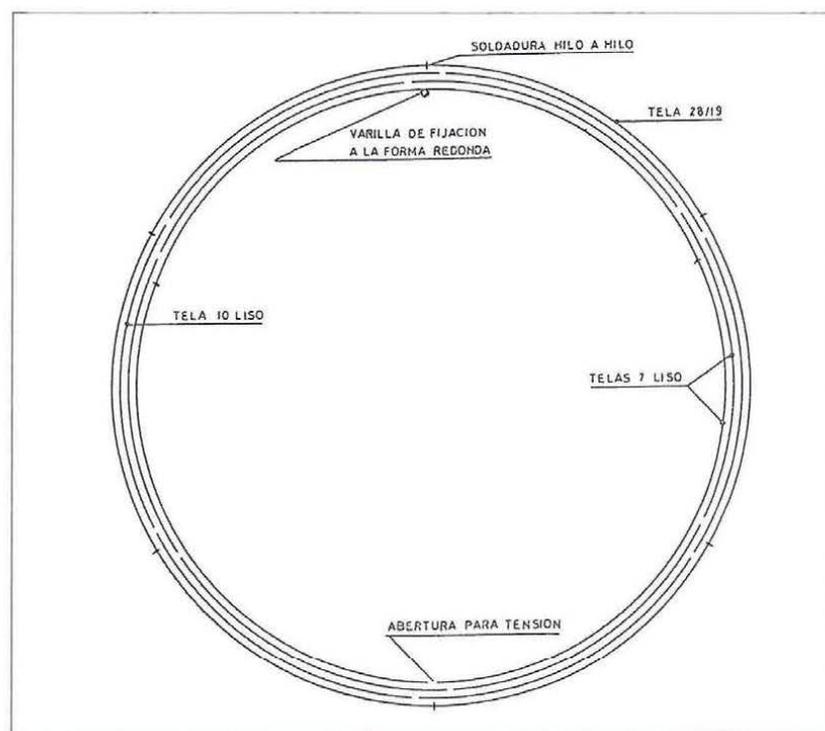
El "cosido" de las capas o telas de la tela del bombo, que tradicionalmente se hacía con fino alambre de cobre y una experta minuciosidad, se realizaba desde la segunda mitad de los años setenta con soldadura eléctrica, cuya instalación estaba montada en la prensa. De este modo, las telas quedaban perfectamente soldadas hilo a hilo con aportación de plata, consiguiendo que en el papel acabado no hubiera marca visible alguna.



*Muestra de los tres tipos de telas para el cilindro formador y muestra de una soldadura eléctrica hilo a hilo*

Pues bien, estampadas y soldadas las telas, se montaban sobre el cilindro formador con la ayuda de un carro especial. Se tensaba la tela y se ultimaba el cilindro colocando las marcas de corte, el guiado, la numeración de formatos, etc. Apréciase el montaje de las telas sinfín en el gráfico del informe de Vicente Morales.

Veamos ahora los detalles de la formación del grabado en cera, que además de requerir el trabajo técnico experto de las labores ya explicadas, precisaba de la paciente y versada mano artesana y el gusto artístico del grabador de ceras.



*Sección esquemática de las cuatro telas a montar en el bombo*

## 6. EL PROCEDIMIENTO TÉCNICO DE REALIZACIÓN DE LAS CERAS

La técnica de formación de las marcas de agua sombreadas conllevaba el dominio de la cerografía y de la galvanoplastia para llegar a obtener los troqueles. Eran técnicas que provenían de mediados del siglo XIX pero que exigían un manejo depurado.

La realización de las ceras ha sido siempre un asunto de exquisita finura. Era exigible que el grabador de ceras tuviera no sólo conocimientos de dibujo y grabado sino que además ejecutara con toda la escurpulosidad y el gusto artístico el grabado en la cera.

Para los billetes fabricados por la FNMT desde 1940, las ceras de las marcas de agua o bien fueron hechas por las casas fabricantes del papel de billetes -*Portals, Papeteries de Rives*- o bien, cuando ya estuvo en funcionamiento la Fábrica de Papel de Burgos, probablemente por *Rai-Tillières*.

Pues bien, con el Plan de Reorganización de 1971 de la Fábrica de Papel, el maestro orfebre burgalés Rafael Calvo Zumel se convirtió en el primer grabador de ceras oficial de la FNMT. Ya hubo colaborado con la Fábrica de Papel desde los años sesenta en asuntos puntuales, realizando una fundición de zinc para los troqueles de las marcas de agua de billetes egipcios (con las pirámides de Guiza) y algunas ceras para marcas de agua a incorporar en algunos papeles de seguridad españoles. En 1973 fue contratado y acudió a Múnich a depurar la técnica artística y normalizar el procedimiento. Estuvo un mes en el Taller de Grabado de *Giesecke und Devrient*, que estaba dirigido por el veterano grabador serbio Tanasije Krnjaji, quien antes había desarrollado con éxito su carrera como grabador de billetes de banco y de sellos de correos en Yugoslavia desde finales de los años cuarenta hasta los años sesenta.

Detallemos paso a paso y en todos sus pormenores el procedimiento y las condiciones técnicas que la Fábrica de Burgos aplicó desde mediados de los años setenta, tras el periodo de instrucción del artesano burgalés Rafael Calvo Zumel en el taller de grabado de *Giesecke und Devrient* en Múnich, según su propio informe realizado en 1973 (conservado en el Archivo de la Fábrica de Papel) y ratificado y explicado en 2013 a quien suscribe:

1º. El Taller de Preparación de Originales: "El taller conviene que esté orientado al norte y precisa de una mesa que disponga de un cristal opaco abatible, con iluminación artificial en el fondo y campana para centrar la luz. El mismo grabador se tiene que hacer su herramienta, consistiendo en un juego de buriles de distintos ángulos de corte. Tiene que disponer también de calibre, juego de galgas para profundidades de 0,2 a 2,5 mm, cartabón, escuadra, etc."

2º. La confección de la plancha cerúlea: "La composición de la placa de grabado es la siguiente: cera blanca 1.000 grs., carnauba 130-150 grs., colorante (Metilviolet) 1-2 grs. También se puede colorear la cera con una mina de lapicero Fawer disuelta en 100 cc. de alcohol de quemar; de este compuesto se agrega a la cera una cucharada de cadete. De todas maneras estas proporciones se pueden alterar según pida el trabajo a realizar. Calentaremos la cera y carnauba en un cazo de porcelana teniendo la precaución de no dejarla hervir, una vez bien disuelta agregamos el colorante. Calentaremos con una llama de gas o alcohol el cristal que servirá de soporte para la cera y a continuación se agregará la cera líquida sobre él hasta alcanzar el grueso deseado, que cambia según el tamaño de la marca que necesitamos hacer, de 2 a 2,5 mm. La medida de los cristales

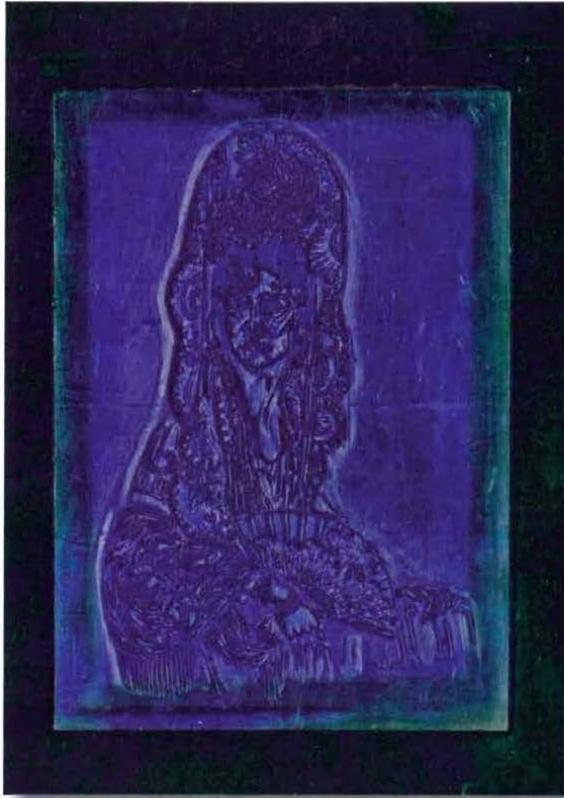
soporte suele ser de 180 x 130 x 3 mm. Una vez que tenemos la cera en el cristal, hay que ir repasándola, para que quede de un grueso perfectamente uniforme en toda su superficie realizándolo con raspadores.”

3º. El estudio y la definición del dibujo: “Esta técnica requiere un dibujo o retrato adecuado con contrastes de sombras y luces, es importante una fotografía al tamaño del grabado de anverso y reverso y una ampliación para conocimiento de los detalles. De la fotografía que disponemos a tamaño natural, se calca en un celuloide muy fino y por medio de un punzón bien afilado, la silueta, sombras, luces y todos los rasgos característicos que tenga dicho dibujo, el punzón deja sobre el celuloide unos trazos grabados muy finos, se agrega sobre ellos grafito en polvo limpiándolo después muy bien con un trapo de tal manera que sólo quede con grafito la parte grabada con el punzón. De este dibujo en celuloide, se hace otra reproducción empleando el mismo sistema, pero con el fin de que quede invertida la figura, de aquí se pasa a la cera.”

4º. El grabado artístico de la cera: “Una vez que está la cera al grueso deseado y totalmente plana, se coloca encima el segundo dibujo que hemos realizado en celuloide con el rayado debidamente grafitado hacia abajo y con una herramienta propia para este fin, se presiona sobre el celuloide, de esta forma el grafito que hay en las rayas queda en la cera. El grueso de la cera varía según el tamaño de la marca, podemos considerar que para un diámetro de 35 mm el grueso será de 2,2 o 2,3 mm y la altura máxima para conseguir sombras de 0,7 mm sobre el cero y de 1,4 a 1,5 mm bajo el cero para las luces. Aquí ya interviene la mano del artista hasta conseguir el grabado apetecido.”

5º. La elaboración de moldes de silicona y Araldit: “De la cera ya terminada hacemos un molde de silicona para lo cual pegamos con cinta engomada el cristal que contiene la cera a una plancha metálica perfectamente nivelada pondremos unos topes alrededor de la cera, para que sirvan de contención, una vez preparado batiremos la silicona ya que normalmente se decanta sobre el fondo del envase, agregaremos la cantidad deseada en una jarra de cristal graduada donde pondremos también el endurecedor batiéndolo de nuevo para que quede una mezcla uniforme, la proporción de endurecedor es del 5%. De la jarra así preparada se vierte un poco sobre la cera extendiéndolo muy bien sobre la misma con el dedo, procurando que penetre bien en todos los huecos del grabado, se le da a continuación aire a presión para que no se formen burbujas y por último se vierte la totalidad por un extremo para que tape la totalidad de la superficie de la cera, tardará en endurecer de 3 a 5 h. Para deformar la silicona se habrá trazado antes en la cera unas rayas muy finas que delimitan el grabado y que tengan la forma de rectángulo, de este rectángulo se calcula la deformación en ambos sentidos y se hace un dibujo en papel transparente, se coloca la silicona en el aparato de deformación y se tira de los laterales hasta conseguir que el rectángulo del dibujo y el de la silicona queden de las mismas

medidas, colocaremos unos topes metálicos de 15 mm de alto para la contención del Araldit y agregamos el producto empleando el mismo sistema que para la silicona, es necesario antes darle con un pulverizador de Trenmitel Q-Z- 11-B para que el Araldit no se pegue a los hierros de los extremos. Existen dos tipos de Araldit de acción rápida y lenta, tardando de 3 a 24 horas según se emplee uno u otro, es conveniente emplear el de acción lenta pues queda con menos poros."



*Cera grabada por Rafael Calvo y hoja de papel de exhibición con el mismo motivo, años ochenta*

Rafael Calvo Zumel hizo todas las ceras para las marcas de agua del papel de seguridad desde 1973 hasta 1990, año en que se jubiló. Continuó su labor Carlos García Cuadrado desde entonces hasta la actualidad, y con Carlos Sáez Sáez en el período de 1992 a 1995.

Carlos García Cuadrado, por otro lado, ha protagonizado con todo éxito el giro copernicano que han supuesto las aplicaciones informáticas en el diseño de las marcas de agua sombreadas para ser materializadas mediante las técnicas de conformación de los troqueles con máquinas-herramienta de control numérico.

De esta forma, Rafael Calvo y Carlos García han sido los grabadores de ceras de la Fábrica de Papel de los últimos cuatro decenios, representando ambos "un antes y un después", al pasar del grabado en cera al realizado por medios computerizados a partir de un diseño en 3D.

---

Luis SANTOS Y GANGES

Licenciado en Geografía y Doctor en Urbanismo por la Universidad de Valladolid,

Profesor de Urbanística en la Escuela de Arquitectura de Valladolid

Doctor en Historia por la Universidad de Burgos



**Real Casa de la Moneda**  
Fábrica Nacional  
de Moneda y Timbre



**MUSEO**  
CASA DE LA MONEDA